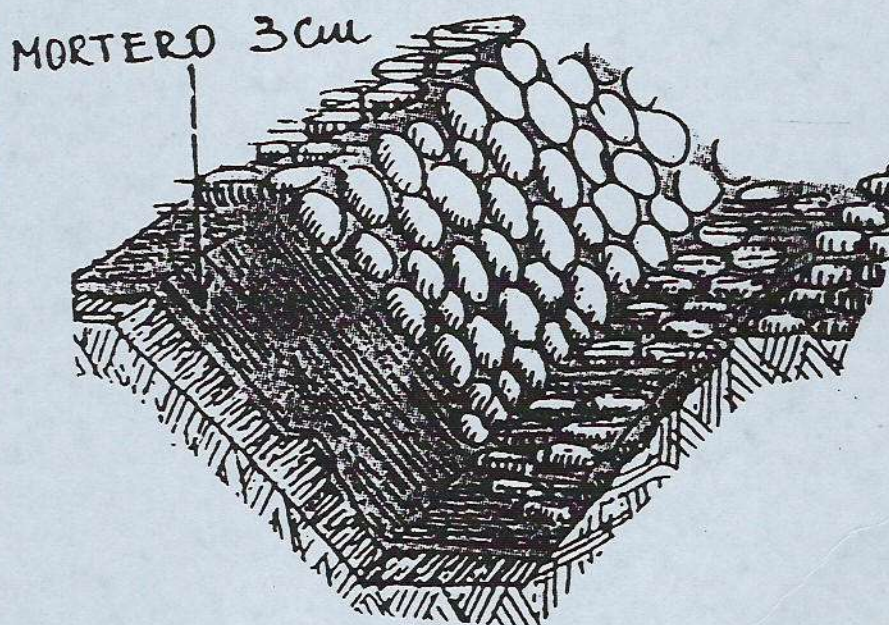




**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
DIRECCION DE EXTENSION**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
CAMPUS CHILLAN**

**REVESTIMIENTO
DE CANALES DE RIEGO**



**Autor : Jose Luis Arumí Ribera
Ingeniero Civil**

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Boletín de Extensión N°9

**Abril 1993
Chillán**

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

REVESTIMIENTO DE CANALES DE RIEGO

Autor : José Luis Arumí
Ing. Civil

Chillán, abril 1993.

INDICE DE MATERIAS

<u>CAPITULO</u>		<u>PAGINA</u>
I	INTRODUCCION.....	1
II	VENTAJAS DEL REVESTIMIENTO.....	2
	1. Conservacion del agua.....	2
	2. Prevención de daños a las tierras adya- centes.....	2
	3. Reducción de las demensiones de los ca- nales.....	2
	4. Menores costos de mantenimiento y explo- tación.....	3
	5. La seguridad estructural y otras venta- jas.....	3
III	MATERIALES QUE SE USAN PARA EL REVESTIMIEN- TO DE CANALES.....	4
	1. Hormigón.....	4
	1.1. Hormigón simple.....	4
	1.2. Hormigón armado.....	4
	1.3. Hormigón proyectado.....	5
	1.4. Elementos prefabricados de hormigón	5
	2. Mampostería.....	5
	2.1. Revestimiento de mampostería de piedra.....	5
	2.2. Mampostería de ladrillos.....	5
	3. Suelo más aglomerante.....	6
	3.1. Suelo-cemento.....	6
	3.2. Arcilla.....	6

CAPITULO**PAGINA**

4.	Revestimiento de hormigón asfáltico.....	6
5.	Membranas impermeables.....	6
5.1.	Membrana al descubierto.....	6
5.2.	Revestimiento de membrana enterrada.....	6
6.	Revestimiento de tierra.....	7
7.	Tapaporos del suelo.....	8
IV	FACTORES QUE AFECTAN LOS REVESTIMIENTOS....	8
1.	Factores naturales.....	8
1.1.	Suelo.....	9
1.2.	Agua.....	9
1.3.	El Clima.....	9
1.4.	La vegetación.....	9
1.5.	El Tiempo.....	10
2.	Factores Condicionales.....	10
2.1.	Condiciones Hidráulicas.....	10
2.2.	Los Animales.....	10
2.3.	El Hombre.....	10
2.4.	Calidad de la Construcción.....	11
2.5.	La Cavitación.....	11
V	RECTIFICACION DEL CANAL.....	11
1.	Aspecto de diseño de canales.....	14
VI	RECOMENDACIONES TECNICAS.....	16
1.	Restificado del canal.....	16
1.1.	Preparación de la sección del canal.....	16
1.2.	Compactación.....	16

2.	Canales revestidos con hormigón.....	16
2.1.	Hormigón sin armar.....	16
a)	Dosificación del hormigón.....	16
b)	Hormigonado del fondo del canal.	17
c)	Hormigonado de las paredes.....	17
d)	Curado del hormigón.....	18
e)	Juntas de dilatación.....	18
2.2.	Hormigón proyectado.....	19
a)	Material.....	19
b)	Armadura.....	19
c)	Colocación.....	19
d)	Terminación.....	19
2.3.	Elementos prefabricados del hormi- gón.....	19
a)	Transporte.....	19
b)	Preparación del terreno.....	20
c)	Sellado de juntas.....	20
3.	Mampostería.....	20
3.1.	Revestimiento de mampostería de piedra.....	20
a)	Piedras.....	20
b)	Mortero.....	20
c)	Colocación.....	20
3.2.	Revestimiento de ladrillos.....	21
4.	Suelo más aglomerante.....	21
4.1.	Suelo-cemento.....	21
a)	Materiales.....	21
b)	Colocación.....	21
c)	Afinado.....	22
d)	Curado.....	22
4.2.	Arcilla.....	22
a)	Material.....	22
b)	Colocación.....	22
5.	Membranas impermeables.....	23
5.1.	Membrana al descubierto.....	23
a)	Materiales.....	23
b)	Instalación.....	24
5.2.	Revestimiento de membrana enterra- da.....	23
a)	Terreno de fundación.....	23

CAPITULO

PAGINA

b) Cubierta protectora.....	24
c) Colocación de la cubierta protectora.....	25
d) Cubierta de pedraplen.....	25
6. Revestimiento de tierra compactada.....	25
VII BIBLIOGRAFIA.....	26
VIII ANEXO.....	27

I. INTRODUCCION.

La conducción y distribución de agua es parte integrante de todo sistema de riego. El agua tomada de corrientes naturales y embalses tiene que llevarse en muchos casos por canales de 100 kilómetros o más de longitud; tardando, en algunos sistemas de riego, varios días en llegar desde los puntos de derivación a los lugares en que se utiliza.

La eficiencia del sistema de conducción y distribución, implica minimizar el costo del transporte del agua y las pérdidas de ésta. Las principales decisiones que han de adoptarse a este respecto son las relativas a si conviene revestir los canales o no y al modo de hacerlo. Sea cual fuere la envergadura del proyecto, las decisiones han de adoptarse previamente atendiendo a dichas cuestiones, si bien los criterios que se sigan pueden ser o no idénticos.

Como ningún tipo concreto de revestimiento resulta de aplicación preferible en todos los casos por ser el más económico o el más satisfactorio; la decisión de usar uno u otro dependerá del análisis de la disponibilidad de mano de obra, equipos y materiales de construcción.

El objeto de este boletín, es el entregar información básica a los profesionales y técnicos que trabajan en al área de riego sobre las técnicas existentes para el revestimiento de canales menores.

II. VENTAJAS DEL REVESTIMIENTO.

Los beneficios de revestir los canales provienen de ventajas como la conservación del agua; la disminución del anegamiento para reducir así las obras de drenaje; la baja de los costos de excavación, servidumbre de paso, explotación y mantenimiento, y la seguridad de las estructuras.

1. Conservación del agua.

La conservación del suministro de agua preocupa cada vez más en todas partes del mundo, ya que la demanda de este producto vital continúa aumentando rápidamente y son día en día más escasas las nuevas fuentes de abastecimiento a que cabe recurrir. Está cercano el momento en que, para disponer de mayores cantidades de agua, no habrá otra solución que economizarla evitando las pérdidas actuales. Una de las principales maneras de lograr el pleno aprovechamiento de las fuentes naturales de abastecimiento de agua para fines agrícolas es la reducción de las pérdidas por infiltración que se producen durante el transporte de este elemento.

2. Prevención de daños a las tierras adyacentes.

Las filtraciones que se producen en los canales, pueden crear problemas de drenaje en los predios ubicados aguas abajo de ellos. Estos problemas son difíciles de solucionar, porque es necesario cuantificar las filtraciones y el área de la zona afectada, lo que se complica porque el agua puede desaparecer en una capa permeable del subsuelo y reaparecer en una zona más baja, situada a alguna distancia del canal.

3. Reducción de las dimensiones de los canales.

En los canales revestidos de materiales de superficie dura al descubierto, como el hormigón, la mampostería, el ladrillo y otros tipos de revestimiento, son admisibles mayores velocidades y poseen una menor rugosidad que en los

canales de tierra. Por lo anterior, para una misma capacidad de conducción, puede reducirse el área de la sección del canal.

Si se utilizan revestimientos resistentes a la erosión (como el hormigón), se puede aumentar los taludes de la sección y la pendiente del canal. De este modo se disminuye la anchura de la parte superior, y por consiguiente, la faja de tierra ocupada por el canal; produciendo grandes economías de costo de las servidumbres de paso.

Con mayores velocidades del agua transportada se reducen los costos de mantenimiento si la sedimentación constituye un problema. Los sedimentos quedan en suspensión y no obstruyen el canal, sino que se depositan en las tierras regadas.

4. Menores costo de mantenimiento y explotación.

Entre las ventajas que, desde el punto de vista de los gastos de mantenimiento, se obtienen recubriendo el lecho de los canales, están los beneficios que se derivan de la reducción de los costos de la lucha contra las malezas, de un menor peligro de que los roedores formen madrigueras, y de tener que eliminar menor cantidad de sedimentos.

5. La seguridad estructural y otras ventajas.

La estabilidad de los lados y el fondo de los canales sin revestimiento constituye un problema importante en las zonas de suelo arenoso y limoso, sobre todo si las prácticas de riego requieren que el canal se explote en forma intermitente. En tales circunstancias, con el uso de revestimiento se aminora el peligro de roturas del canal a consecuencias de la erosión, la formación de madrigueras por los roedores o el desgaste.

III. MATERIALES QUE SE USAN PARA EL REVESTIMIENTO DE CANALES.

Se pueden utilizar diferentes técnicas para el revestimiento de canales. El uso de uno u otro dependerá de las características del canal y del costo del material necesario.

1. Hormigón.

1.1. Hormigón simple.

Es el material más utilizado para el revestimiento de canales, pues, un revestimiento de hormigón bien construido puede prestar servicio durante mucho tiempo con un gasto mínimo en reparaciones y conservación; pues este material es muy resistente a daños mecánicos y a la erosión.

El uso de hormigón presenta limitaciones en suelos que sufran dilataciones y en los que no se pueda lograr un buen drenaje del suelo.

1.2. Hormigón armado.

El uso de hormigón armado se justifica en aquellos casos en que el canal, esta sometido a las siguientes limitaciones:

- * Problemas de derrumbe de terreno en que este construido el canal.
- * Paredes muy esbeltas, esto significa que su altura es muy superior a su ancho.
- * Cruce de camino por el fondo del canal.
- * Cualquier otro problema que afecte la resistencia estructural del canal.

El refuerzo de acero debe ser determinado por un cálculo estructural.

1.3. Hormigón proyectado.

Consiste en una mezcla de hormigón que se impulsa, en forma similar al estuco, sobre una superficie en la cual se ha colocado anteriormente una malla de alambre.

1.4. Elementos prefabricados de hormigón.

Se denominan prefabricados de hormigón a elementos, generalmente de tamaño reducido, que se fabrican con anticipación y en un sitio diferente del que ocuparán definitivamente en obra.

Estos elementos se fabrican en serie y existe una gran variedad de ellos. Para el revestimiento de canales se utilizan principalmente dos tipos: Losetas prefabricadas y Canaletas prefabricadas.

2. Mampostería.

2.1. Revestimiento de mampostería de piedra.

El revestimiento de mampostería de piedra es una buena alternativa cuando el canal este ubicado cerca del lecho de un río donde abunde este material. Por esta razón es una de las técnicas más utilizadas en los canales de riego de la zona central.

2.2. Mampostería de ladrillos.

Los revestimientos de ladrillo presentan muchas de las ventajas e inconvenientes propios de los construidos con losas de hormigón premoldeado. En cambio, el ladrillo puede ser preferible en las zonas donde haya abundancia de mano de obra o se encuentren cerca del canal una fábrica de ladrillo.

3. Suelo más aglomerante.

3.1. Suelo-cemento.

Consiste en ocupar para el revestimiento una mezcla de suelo a la que se le ha agregado cemento para que actúe como aglomerante.

3.2. Arcilla.

Este tipo de revestimiento consiste en incorporar al suelo material arcilloso que actúa como aglomerante de las partículas de suelo.

Se han utilizado otro tipo de aglomerantes como cal y asfalto.

4. Revestimiento de hormigón asfáltico.

El asfalto es un subproducto del petróleo que, mezclado con arena y grava, se utiliza como revestimiento de un modo muy parecido al hormigón hecho con cemento.

Entre las ventajas que este material ofrece sobre el hormigón figuran la posibilidad de colocarlo durante la época de heladas y su mejor adaptación a los cambios del terreno de fundación.

5. Membranas impermeables.

5.1. Membrana al descubierto.

El material de las membranas delgadas que no se recubren es nylon asfalto, plástico y caucho sintético. Aunque las membranas difieren algo unas de otras, todas ellas se diferencian de los revestimientos rígidos en que no proporcionan resistencia estructural, sino sólo impermeabilidad.

Los materiales plásticos utilizados como membranas al descubierto se deterioran por el sol, el clima y la erosión al cabo de dos a cuatro años. Los pinchazos producidos por la maleza, la quema de ésta, el pisoteo por el ganado, el roce de las máquinas y herramientas de conservación, los roedores y el vandalismo, son otras causas frecuentes de deterioro. Se ha dado el caso de que incluso el robo plantear un problema en algunos sectores.

5.2. Revestimiento de membrana enterrada.

No obstante lo explicado en el punto anterior, las membranas combaten eficazmente la infiltración durante largo tiempo si se les pone una cubierta.

La aplicación de una membrana enterrada para restaurar los canales en explotación supone una clara ventaja sobre los demás tipos de revestimiento, porque puede ponerse cuando el tiempo es frío o lluvioso, lo que ocurre a menudo fuera de la época de riego.

6. Revestimiento de tierra.

Entre los revestimientos de tierra se incluyen los de tierra compactada, tierra suelta, mezclas de arcilla y tierras revueltas con ciertos aditivos estabilizadores, como resinas sustancias químicas, asfaltos y productos derivados del petróleo.

Los revestimientos de tierra tiene que ser protegidos contra la erosión. Los construidos con materiales limosos y arenosos y poca grava gruesa están expuestos a desmoronarse. Si hubiera de recurrirse a estos materiales, el costo de reducir la velocidad aumentando la sección transversal deberá evaluarse en comparación con el costo de mantener una sección transversal más pequeña con la correspondiente mayor velocidad de la corriente y de proteger el revestimiento con una cubierta de grava.

7. Tapaporos del suelo.

Se llama tapaporos del suelo a materiales naturales o elaborados artificialmente que pueden echarse en el agua corriente o embalsada, pulverizarse sobre el terreno o inyectarse en el subsuelo para reducir las pérdidas por infiltración en los canales y embalses.

Los canales en explotación tienen un tapaporos natural si el agua que circula por ellos lleva abundantes sedimentos de igual tamaño que el limo o la arcilla. Los sedimentos que penetran en los huecos del terreno de fundación lo van obturando poco a poco y así reducen la permeabilidad del mismo.

Se pueden añadir tapaporos artificiales de diversas clases al agua corriente o embalsada; empleando para ello los siguientes materiales: limos y arcillas naturales, bentonita, polímeros resinosos, emulsiones a base de petróleo, emulsiones de asfalto catiónico, cloruro sódico, carbonato sódico y otras sustancias.

La parte del revestimiento mejorada por las sustancias tapaporos suele ser una capa relativamente fina, pero que puede reducir radicalmente las pérdidas por infiltración, Sin embargo, esta capa es muy sensible a la erosión, la perforación, las alternativas de humedad y estiaje y los efectos destructivos que ejercen las faenas de limpieza.

IV. FACTORES QUE AFECTAN LOS REVESTIMIENTO.

Los factores que afectan los revestimientos de canales se pueden agrupar en dos conjuntos:

1. Factores Naturales.

Entre estos están: El suelo, el agua, el clima, la vegetación y el tiempo.

1.1. El suelo.

Factor muy importante por que limita la pendiente del trazado y presenta características particulares de porosidad y capilaridad.

El suelo tiene dos acciones: una acción mecánica y otra acción química. La acción mecánica, se refiere a la estabilidad de los taludes como base o defensa de revestimiento, mientras que su acción química es el efecto de reacción de sus componentes.

1.2. El agua.

Factor para el que interesa conocer: su nivel o posición, porque si la napa es alta, se puede tener necesidades de revestimientos en el que pueda penetrar con mayor o menor facilidad según su viscosidad, así como, sus acciones físicas y químicas sobre los revestimientos.

Efectos físicos, la acción del agua produce principalmente cuatro efectos, como son: su acción de mojar y secar el revestimiento, de socabar las bases de estos revestimiento en el caso de aniegos, el efecto abrasivo por los materiales de acarreo y finalmente los efectos positivos como es el "Sellado del Canal", por la sedimentación de elementos finos de transporte y la regulación de la temperatura del concreto.

1.3. El clima.

Cuyos agentes principales son los cambios de temperatura, que producen contracciones y dilataciones en los revestimiento, presentándose en el caso de elementos rígidos, rajaduras por donde se aumentan sus pérdidas.

1.4. La vegetación.

En los terrenos por donde pasan los canales crecen generalmente hierbas. Estas plantas llevan a cabo un efecto destructivo, introduciéndose y desarrollándose en las rajaduras, fallas de construcción o porosidad de los revestimientos, trayendo como consecuencia el aumento de las pérdidas de agua, por filtraciones, por el consumo de esas

hierbas, así como, el aumento de la rugosidad de las paredes, cambiando las condiciones de escurrimiento.

1.5. El tiempo.

Es el gran medio a través del cual se suceden los efectos de los diversos agentes, lo que, a mayor edad el canal sufrirá más acciones destructivas.

2. Factores condicionales.

Entre estos están las condiciones hidráulicas los hombres y la calidad de la construcción.

2.1. Condiciones Hidráulicas.

Como la altura de agua, el perímetro mojado y la velocidad de flujo del agua que escurre en el canal.

Los dos primeros, influyen principalmente en la infiltración, pues a mayor altura y perímetro mojado se alcanzan mayores valores de las pérdidas de agua, mientras que la velocidad de flujo del agua influye en la condición física de las paredes del canal por los efectos erosivos de los elementos sólidos que transporta, así como, por la sedimentación de los sólidos finos.

2.2. Los animales.

Es una hacienda entre los animales más comunes, se pueden mencionar a los chivos, burros y vacas que por efecto de sus pesos, destruyen los canales revestidos con asfalto, o con superficie externa de tierra (membranas asfálticas y mantas plásticas enterradas).

2.3. El hombre.

Los trabajadores acostumbran una vez terminadas sus tareas diarias, bañarse con las aguas de los canales lo que significa un peligro para la estabilidad del canal, sobre todo, en aquellos revestidos con asfalto o con membranas

enterradas, en cuyo caso, primero se destruirá la cobertura y después la membrana.

2.4. Calidad de la construcción.

Es importante remarcar la gran influencia que tiene en el revestimiento el proceso de construcción. Si no se logra un espesor uniforme y si se tienen fallas en sellado de las juntas, se presenta como consecuencia, rajaduras, que el agua y la vegetación las irán agrandando y que serán por lo tanto centros de destrucción, acortando el tiempo de servicios de estos canales.

2.5. La cavitación.

Que pueden producirse detrás de los revestimientos, principalmente en la zona de las juntas. Cuando el agua cesa de correr por el canal, el agua filtrada tiende a regresar al canal y se producen presiones peligrosas principalmente concentradas en las juntas de dilatación.

V. RECTIFICACION DEL CANAL.

El rectificado de un canal que va a ser revestido, involucra una modificación de la sección de escurrimiento y en algunos casos corregir la pendiente. Esto significa que en la práctica se deberá rediseñar el canal.

Para el diseño de un canal, se debe relacionar el caudal que pueden transportar, con la geometría de la sección de escurrimiento del canal, su pendiente y la rugosidad de las paredes. La expresión más utilizada para el cálculo de estas relaciones es la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1.49}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde :

Q = Caudal que se transporta m³/s

i = Pendiente del canal

(0,5% se expresa como 0,005)

A = Area de la sección de escurrimiento

R = Radio hidráulico de la sección de escurrimiento (m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

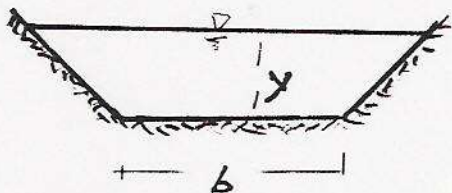
El coeficiente de rugosidad de Manning depende del material con el que están construidas las paredes del canal, del estado en que éste se encuentre, y de lo sinuoso de su trazado. Para su dimensionamiento se pueden utilizar los que se indican en la tabla siguiente:

TABLA 2. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.

CANAL	Coef. Manning N
Sin revestir :	
Revestido en hormigón	0,013
Excavado en tierra	0,030
En roca lisa	0,033
Lecho pedregoso	0,035
Roca con salientes	0,040
Revestidos :	
Revestido en hormigón	0,013 - 0,015
Suelo-cemento	0,015 - 0,016
Hormigón proyectado	0,015 - 0,018
Hormigón prefabricado	0,015 - 0,017
Ladrillos	0,014 - 0,016
Mampostería piedras	0,018 - 0,020
Tierra compactada	0,025
Membrana descubierta	0,015
Membrana cubierta	0,025
Asfalto	0,014

Las propiedades geométricas de una sección son el área y el radio hidráulico y están definidos de la forma como se describe en el ejemplo que sigue:

Supongamos un canal de sección trapezoidal:



$$\begin{aligned} z &: \text{talud de los lados} \\ b &: \text{ancho basal (m)} \\ y &: \text{altura (m)} \\ \text{Area} &: b \times y + \frac{2y^2z}{2} \\ X &= b + 2y\sqrt{1 + z^2} \end{aligned}$$

Se define al perímetro mojado (X) como la longitud de la línea de contacto agua-canal y el radio hidráulico se define como la relación entre el área y el perímetro mojado.

La altura de agua para la que es válida esta relación se denomina altura normal. En gráfico anexo se presentan ábacos para determinar esta altura en un canal que transporta un caudal dado con una pendiente y un coeficiente de rugosidad conocido.

Ejemplo: En un canal rectangular de ancho basal 0,5 m y pendiente 0,5% excavado en tierra, se debe determinar la altura normal para un caudal de 200 l/s.

Usando el gráfico correspondiente se debe entrar al eje horizontal con el valor:

$$\text{eje x : } Q \cdot n \cdot \left(\frac{1}{i} + \frac{8}{3} B \right)$$

Donde:

$$\begin{aligned} Q &= \text{Caudal} = 200 \text{ l/s} &= 0,2 \text{ m}^3/\text{s} \\ i &= \text{Pendiente } 0,5\% &= 0,005 \\ B &= \text{Ancho} &= 0,5 \text{ m} \\ n &= \text{Coeficiente rugosidad} &= 0,025 \end{aligned}$$

$$\text{Luego } Q \cdot n \cdot \left(\frac{1}{0,005} + \frac{8}{3} \cdot 0,5 \right) = 0,445$$

Desde el punto 0,445 en la escala horizontal se proyecta una línea vertical hasta interceptar la curva correspondiente al talud que se está utilizando (en este caso $z = 0$ para un canal rectangular). Se corta la curva en un punto y se lee el valor del eje vertical para ese punto se tiene :

$$y/B = 1$$

Luego la altura de escurrimiento es :

$$y = B \times 1 = 0,5 \text{ metros}$$

La velocidad media del agua en el canal se obtiene dividiendo el caudal por el área :

$$N = Q/A = \frac{Q}{b \times y \sqrt{y^2 \times z}} = \frac{0,2}{0,5 \times 0,5} = 0,85 \text{ m/s}$$

Esta velocidad debe ser menor a la máxima permitida para el canal

1. Aspectos de diseño de canales.

El diseño de un canal está determinado por factores como :

- * El caudal que se debe transportar
- * La topografía y el tipo del terreno por donde pasará el canal
- * El costo de la obra

Si el caudal que se debe transportar es superior a 1 m³/s se trata de una obra mayor, lo que implica que en el proyecto de diseño y la construcción deberá ponerse mayor énfasis a los detalles. La topografía del terreno determina la pendiente de diseño del canal que es uno de los parámetros de diseño más importantes.

La velocidad máxima permitida para el agua, el talud de las paredes del canal y la cantidad que de ésta se infiltre dependerán del tipo de terreno por donde pasa el canal.

Según las especificaciones técnicas para proyectos de canales de la Dirección de Riego, se deben tener en cuenta los siguientes valores para el diseño:

Velocidades Máximas Recomendables		
Roca sana	4,5	m/s
Toscas	2,5	m/s
Conglomerados con ripio	2,0	m/s
Arcillas	1,0	m/s
Trumaos	0,7	m/s
Arenas	0,5	m/s
Canales revestidos		
Hormigón	4,0	m/s
Suelo-cemento	3,0	m/s
Membrana enterrada	0,5	m/s
Suelo compactado	0,5	m/s
Mampostería	4,0	m/s
Membrana enterrada con pedraplen	0,9	m/s

Si el agua presenta arrastre de sólidos la velocidad mínima deberá ser un 60% de la indicada en la tabla anterior. En lo que respecta a los taludes de las paredes se recomiendan los siguientes valores:

Taludes de las paredes del canal	
Roca	rectangular
Toscas	3 : 4
Arcillas	1 : 1
Trumaos	1,5 : 1
Arenas	2 : 1

Una vez determinada la altura de escurrimiento se debe considerar un borde libre del canal del orden de 20 a 50 centímetros.

VI. RECOMENDACIONES TECNICAS.

El objetivo de este capítulo es presentar recomendaciones técnicas que sirvan tanto para el diseño como para la construcción de revestimientos de canales, considerando aquellos materiales que tienen una mayor aplicación en nuestro país.

1. Rectificado del canal.

1.1. Preparación de la sección del canal.

Se excava el terreno hasta obtener el perfil rectificado del canal. Todas las rocas puntiagudas, piedras, raíces y otros objetos punzantes que puedan afectar el revestimiento han de quitarse, a no ser que se cubran con arena o tierra.

1.2. Compactación.

Se compacta enérgicamente un fondo de la excavación con un pisón de madera. En el caso de formas trapezoidales, también deben compactarse las paredes.

2. Canales revestidos con hormigón.

2.1. Hormigón sin armar.

a) Dosificación del hormigón.

Para el revestimiento se recomienda utilizar un hormigón preparado en base a una dosificación de 6 sacos por

metros cúbicos, usando las proporciones que se indican en la tabla siguiente :

DOSIFICACION HORMIGON.

Cemento	1	saco
Arena	90	litros
Grava < 1,5"	110	litros

b) Hormigonado del fondo del canal.

El espesor del hormigón puede variar entre 3,0 y 8,0 centímetros dependiendo de las dimensiones del canal, del clima, la velocidad que vaya a alcanzar el agua, el posible paso de animales y cualquier otra condición de diseño que prevea el proyectista.

El fondo del canal se debe hormigonar compactando enérgicamente la mezcla con un pisón.

La superficie debe ser afinada con un platacho para que el revestimiento presente la menor rugosidad posible.

Se deben dejar juntas de dilatación cada tres metros, que se materializarán de la forma que se indica mas adelante.

c) Hormigonado de las paredes.

Cinco días después de el hormigonado del fondo del canal, se debe proceder a picar la zona de unión entre el fondo y las paredes, eliminando el mortero y la lechada superficial. Finalmente se limpia la junta.

En los canales rectangulares o trapezoidales con un talud de pendiente muy pronunciada, se debe colocar moldaje para hormigonar las paredes. Para esto se coloca el hormigón en capas de hasta 20 centímetros de altura, compactando enérgicamente cada capa.

En el caso de que el talud de las paredes permita el hormigonado sin moldaje, este se hace en forma similar al fondo.

En ambas situaciones el espesor de la pared debe ser el mismo que el del fondo.

Los moldajes deben permanecer un mínimo de 7 días.

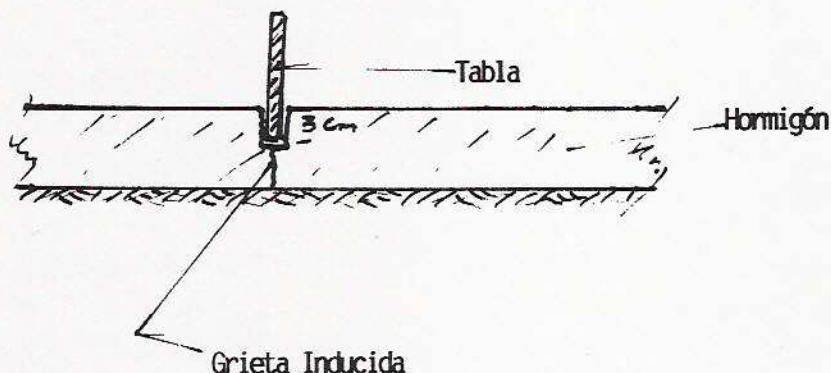
d) Curado del hormigón.

El curado del hormigón debe ser realizado durante un período de 7 días mojando constantemente el hormigón y los moldajes.

e) Juntas de dilatación.

Las juntas de dilatación tienen como función controlar el efecto de las tensiones producidas por la dilatación o contracción que sufre el hormigón provocado por cambios de temperatura.

Como se indica en la figura siguiente la junta se puede materializar hundiendo una tabla, de una pulgada de espesor en la mezcla de hormigón fresco, hasta una profundidad de tres centímetros. Posteriormente, se retira la tabla y se rellena el hueco con mortero de proporción 1:2 (una parte de cemento por dos de arena) o con asfalto. Las juntas deben ir ubicadas, tanto en el fondo como en las paredes, a una distancia de tres metros.



2.2. Hormigón proyectado.

a) Material.

Consiste en una mezcla de cemento, áridos y agua, que es impulsada sobre una superficie.

El árido debe tener un tamaño máximo de 10 mm.

b) Armadura.

Se utiliza una malla de alambre tipo Acma, la que debe quedar firmemente anclada al terreno, siguiendo la forma de la sección del canal.

c) Colocación.

Se aplica el hormigón en forma similar a la faena de estucar. El espesor de la capa puede variar entre 3 y 5 cm, dependiendo de las dimensiones del canal. En todo caso el alambre debe quedar cubierto por el hormigón.

Se puede controlar el espesor del hormigón mediante clavos de largo adecuado colocados previamente.

d) Terminación.

Al igual que el hormigón, se debe realizar una terminación de afinado y posterior curado.

2.3. Elementos prefabricados de hormigón.

a) Transporte.

La faena de transporte desde la fábrica hasta la obra puede ser la principal causa de pérdida o encarecimiento de estos elementos. Por lo anterior se debe tener en cuenta su costo en el presupuesto de la construcción.

Las dimensiones del elemento están limitadas por el peso que este pueda tener. Como generalmente debe ser bajado de un camión y transportado hasta la obra por dos obreros, su peso no debe ser mayor a 70 kilogramos.

Por lo anterior, no se recomienda ocupar este tipo de revestimiento en sectores de canal con dificultades de acceso.

b) Preparación del terreno.

La superficie del canal a revestir debe estar perfectamente definida, eliminando toda irregularidad de la sección del canal.

Esta operación asegura un correcto anclaje de los elementos al terreno, y es de vital importancia en el éxito del revestimiento.

c) Sellado de juntas.

Según las especificaciones del fabricante se deben tener presente el sellar las juntas de elementos con mortero o asfalto.

3. Mampostería.

3.1. Revestimiento de mampostería de piedra.

a) Piedras.

Las piedras para revestir deben ser lo más planas posibles y deben tener un tamaño entre 10 y 20 cm (4 a 8 pulgadas).

En los canales que tienen una capacidad de conducción mayor a 1 metro cúbico por segundo, es frecuente que se utilicen bloques de piedra canteada.

b) Mortero.

El mortero que se utilice deberá tener una dosificación de 1:3 (una parte de cemento por 3 partes de arena).

c) Colocación.

Los bolones al momento de su colocación, deben estar mojados y en lo posible saturados.

Se coloca una capa de mortero de aproximadamente 3 cm de espesor y a continuación se distribuyen las piedras de manera de obtener una superficie lo más lisa posible, evitando dejar sectores sin piedras. Posteriormente se emboquillan los huecos.

3.2. Revestimiento de ladrillos.

El ladrillo de arcilla es generalmente un material muy poroso. De aquí que las capas de ladrillo apenas sirvan para evitar las pérdidas por infiltración. La estanqueidad de los revestimientos de ladrillo se debe exclusivamente a la intercalación de mortero en forma de estuco. Los ladrillos no son sino el soporte del mortero o un recubrimiento protector.

Normalmente, la capa de mortero tiene un espesor de 2,0 a 2,5 centímetros, según la carga de agua a que haya de estar sometida, y está hecha de una parte de hormigón por cada tres de arena.

4. Suelo más aglomerante.

4.1. Suelo-cemento.

a) Materiales.

La mezcla suelo-cemento, se puede realizar usando una proporción 8 a 1 (8 partes de suelo y una de cemento).

El suelo utilizado en la mezcla puede ser el extraído de la excavación del canal, pero su contenido de arena no debe ser inferior al 72 %. En otro caso deberá buscarse otro material o mezclarse con arena para lograr la proporción deseada.

b) Colocación.

La colocación del material se realiza siguiendo las mismas especificaciones que en el caso del revestimiento con hormigón.

Esto incluye el uso de juntas de dilatación cada 3 metros.

c) Afinado.

Una vez revestida la superficie, se debe aplicar una capa de afinado para lograr una terminación lisa e impermeable.

El afinado se realiza aplicando cemento puro, al cual se le rocía agua y finalmente se pule con un platocho de metal.

d) Curado.

Al igual que en el revestimiento con hormigón se debe realizar el curado de la mezcla, al menos por 7 días.

4.2. Arcilla.a) Material.

El material recomendable es una arcilla llamada bentonita que incrementa, con la humedad, su volumen original entre ocho a doce veces, por lo que sirve para impermeabilizar tanto canales de tierra, como canales antiguos de mampostería.

b) Colocación.

Para colocar el revestimiento de arcilla se pueden ocupar los métodos de dispersión o del estancado múltiple.

* Método de dispersión. Este método se puede utilizar en canales arenosos que tengan una pendiente apropiada para permitir el estancamiento del agua y con taludes y lecho que respondan a la acción del rastrillo de forma que se pueda hacer que la bentonita penetre en el terreno en lugar de formar una capa superficial.

La sección de la acequia debe ser represada, ya sea por una estructura ya existente o por medio de una presa temporal contruida con tierra. La arcilla utilizada deberá tener un contenido de pequeñas partículas de piedra o arena de menos de 7%, y será represada durante un espacio de tiempo de duración igual o superior a las 48 horas.

Una vez que se ha obtenido la profundidad máxima por el represado, los taludes y el lecho del canal serán removidos por medio de un rastrillo, disco o instrumento similar. Esta operación se repetirá, por lo menos dos veces al día, durante uno o dos días, de manera que se produzca el mínimo posible de embarrado.

Las zonas en las que las pérdidas sean máximas deberán ser taponadas antes del represado, con una mezcla de tierra y bentonita. También será añadidas cantidades suplementarias de arcilla si producen deficiencias imprevistas.

- * Método del estancado múltiple. El método se emplea cuando se trata de canales construidos sobre materiales de grava o pedregosos, que tengan una pendiente alta y cuyo lecho y taludes no permitan el empleo de rastrillos. La sección del canal será dividida en un número adecuado de taponos construidos por una mezcla de bentonita, de alta capacidad de hinchamiento (la misma calidad de bentonita que en el caso anterior), y algún otro material aglutinante tal como una bentonita de grado pequeño o aserrín mojado.

Se liberará el agua posteriormente desde aguas arriba de la corriente. Una vez que el primer embalse rebosa, para romper el dique y obtener una mezcla terrosa a la velocidad máxima, se utiliza un rastrillo o una azada. El proceso se repite para las otras presas.

En el caso de que los materiales sean rocosos y porosos, se debe extender cantidades adicionales de la mezcla a sedimentar o de aguas almacenadas en los taludes del canal.

5. Membranas impermeables.

5.1. Membrana al descubierto.

a) Materiales.

Para este tipo de revestimiento se pueden utilizar láminas asfálticas, plásticas, nylon o de caucho.

b) Instalación.

Todas las rocas puntiagudas, piedras, raíces y otros objetos punzantes que puedan perforar la membrana han de quitarse, a no ser que se cubran con arena o tierra.

Siguiendo el perímetro de la membrana se abre una zanja de unos 30 centímetros de profundidad por encima del nivel adonde llegue el agua, y en esta zanja se sujeta el borde superior de la membrana.

Para la colocación de la membrana se comienza desde aguas abajo del canal, dejando un traslape entre las diferentes piezas.

5.2. Revestimiento de membrana enterrada.

a) Terreno de fundación.

La excavación debe contener la sección del canal y, además, el material de revestimiento. Durante las obras de excavación o de corrección del cauce, conviene por lo general remover lo menos posible el terreno de fundación, que debe ser liso y firme.

Puede ser necesaria la esterilización para prevenir que la membrana sea perforada por la vegetación.

La compactación de los rellenos no es tan importante como en el caso de revestimiento rígidos.

b) Cubierta protectora.

La cubierta protectora se forma con tierra procedente de la excavación, ya que no suele haber ningún otro material más barato.

El espesor de la capa depende de la resistencia a la erosión del material y de las condiciones locales, entre ellas el tipo de equipo disponible para la limpieza, del número y clase de animales que hayan de pasar por el cauce y de la socavación que puede producir la corriente de agua en algunos lugares, sobre todo en las curvas y junto a las estructuras.

Para las gravas arcillosas y los materiales de análoga resistencia a la erosión, se recomienda un espesor mínimo 12 veces menor que la altura normal de agua, más 25 centímetros.

Si el material local es de grano fino y sin cohesión puede necesitarse un espesor total más grande.

c) Colocación de la cubierta protectora.

La colocación de la cubierta protectora debe iniciarse en cuanto se estime que las membranas están bien puestas.

El material de la cubierta puede extenderse cuidadosamente, preferiblemente comenzando por el pie de la pendiente lateral y avanzando hacia arriba. No es preciso apisonar con rodillos del material de la cubierta, pero generalmente hace falta enrasar para dejar bien acabado el perfil y lograr un espesor uniforme.

d) Cubierta de pedraplen

Dependiendo de la disponibilidad de material, sobre la cubierta protectora de tierra se podría colocar una capa de piedras o bolones, pustos a mano.

Esta capa aumenta la rugosidad del canal, pero asegura la estabilidad del revestimiento.

6. Revestimiento de tierra compactada.

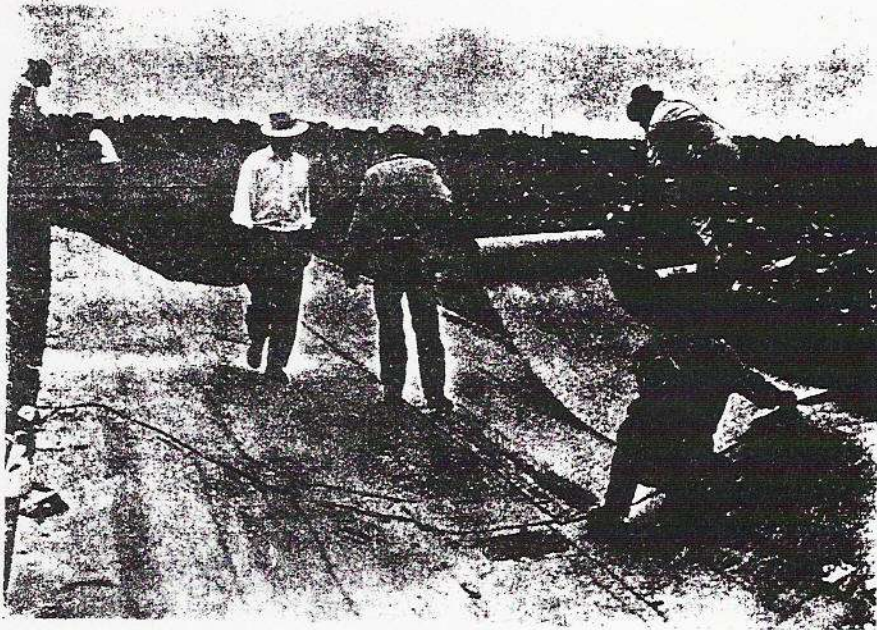
Esta faena se puede asimilar a la que se realiza, para la preparación de subbases camioneras. Por lo que se puede utilizar como referencia el "Manual de Carreteras" de La Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas

El método de compactación que se utilice dependerá de las características del terreno a compactar, pero se requiere un control riguroso de la densidad y de la humedad óptima. Normalmente se obtienen una estabilidad y una estanqueidad suficiente con una densidad de 95-98 por ciento del máximo establecido en el laboratorio por el método de consolidación de Proctor.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. DIAZ, ALFONSO; NARRAEZ, RAMIRO. "Revestimiento de canales de Riego con una mezcla de suelo-cemento". Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT; Cali Colombia, 1977.
2. INSTITUTO CHILENO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGON. "Construcciones de Hormigón en el Campo"; Santiago, 1984.
3. DRAATZ, D.B. "Revestimiento de Canales de Riego": Estudio sobre riego y avenamiento. Boletín N°2, FAO, Roma, 1972.
4. CORONADO DEL AGUILA, F. "Ensayo de revestimiento en canales" Universidad Agraria La Molina, 1968 Perú.

VIII. ANEXOS

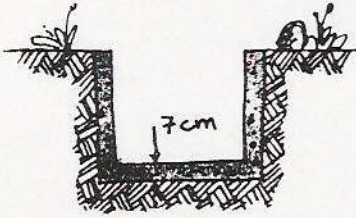


Colocación de Membrana Impermeable

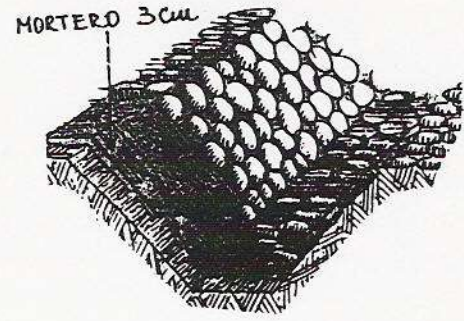
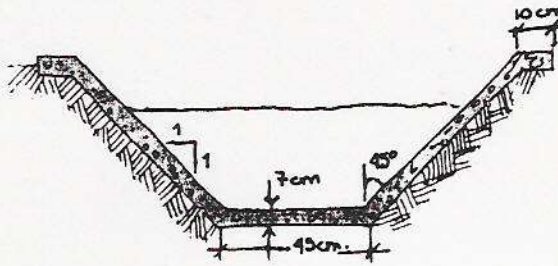


La fotografía muestra la labor de alisado e impermeabilización de la capa de revestimiento de las paredes del canal.

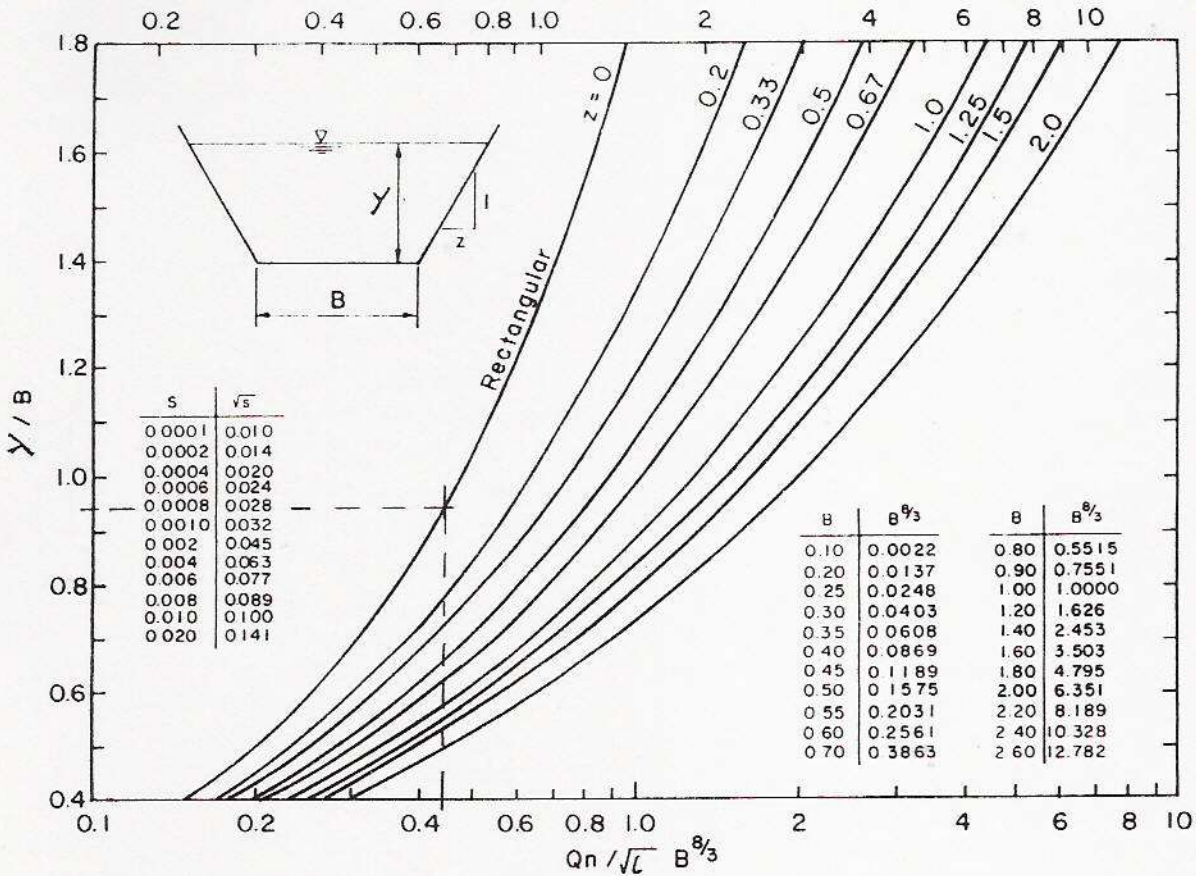
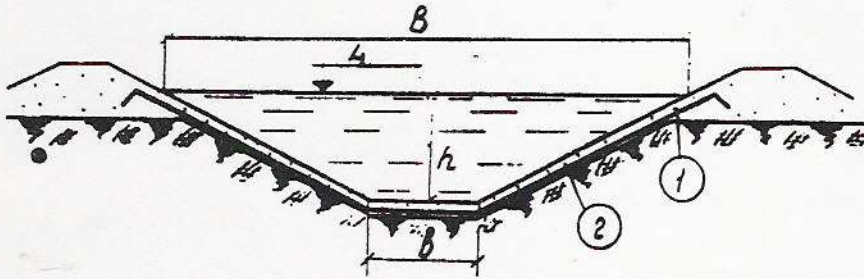
Forma rectangular



Forma trapezoidal



Revestimientos de canales con hormigón, mampostería de piedra y membrana impermeable.



Solución gráfica de la ecuación de Manning.