

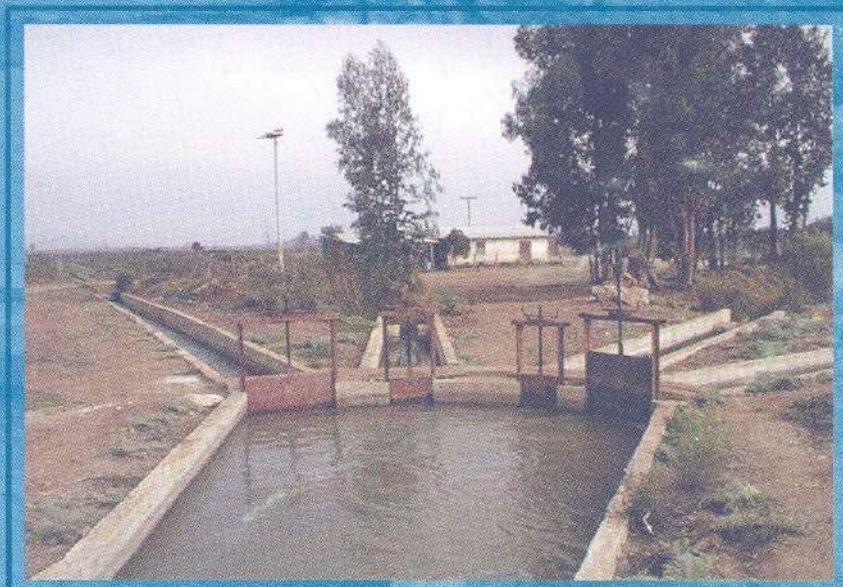


GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA INTIHUASI

BOLETÍN INIA N° 44

ISSN 0717-4829

“ESTUDIO ECONOMICO DE DISTINTOS TIPOS DE CONDUCCIONES DE AGUAS”

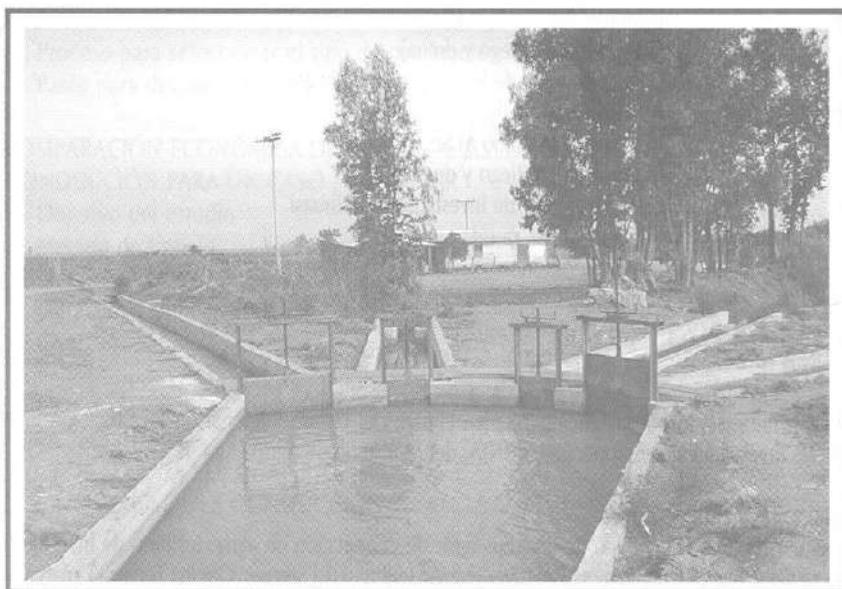


INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS OFICINA TECNICA LIMARI
SEPTIEMBRE 2000



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA

“ESTUDIO ECONÓMICO DE DISTINTOS TIPOS DE CONDUCCIÓN DE AGUA”



Autor: Yasunori Nakamura
Ingeniero Civil M.Sc.
Oficina Técnica Limarí

Editor Técnico: Alfonso Osorio Ulloa
Ingeniero Agrónomo M.Sc.
Especialista en Riego y drenaje
Centro Regional de Investigación Intihuasi

Director Responsable: Alfonso Osorio Ulloa
Ingeniero Agrónomo M.Sc.
Especialista en Riego y drenaje
Centro Regional de Investigación Intihuasi

Editor Divulgativo: Roberto Salinas Yasuda
Ingeniero Agrónomo
Unidad de Comunicaciones

Boletín INIA N° 44

Este boletín fue editado por la Oficina Técnica Limarí, del Centro Regional de Investigación Intihuasi, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, del Ministerio de Agricultura de Chile.

Cita bibliográfica correcta:

Nakamura, Y. Estudio económico de distintos tipos de conducción de agua. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). Centro Regional de Investigación Intihuasi (La Serena), Oficina Técnica Limarí (Ovalle). Boletín INIA N°X, 649.

Diseño y diagramación: Binden Art
Impresión: Grafic Suisse
Cantidad: 500

Ovalle, Chile, año 2000

CONTENIDO

	Página
1.- INTRODUCCIÓN	4
2.- SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA Y CRITERIOS DE SELECCIÓN	
2.1. Generalidades	5
2.2. Tuberías	7
2.2.1. Tuberías de Polietileno	7
2.2.2. Tuberías de P.V.C.	8
2.2.3. Tuberías de Concreto	8
2.3. Canal abierto revestido	8
2.3.1. Mampostería	8
2.3.2. Revestimientos prefabricadas	9
2.3.3. Hormigonado emplazado	9
2.4. Canal abierto sin revestimiento	10
3.- PROCESO DE ELECCIÓN	
3.1. Proceso para seleccionar el tipo de conducción	12
3.2. Pasos para decidir tamaño de sección de la conducción	15
4.- COMPARACIÓN ECONÓMICA DE DISTINTOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN PARA UN CASO PARTICULAR	
4.1. Objetivo del estudio	22
4.2. Método de trabajo	22
4.3. Estudio de costos	25
4.4. Duración y mantención	28
4.5. Conclusiones	29
5.- BIBLIOGRAFÍA	31
6.- AGRADECIMIENTOS	31
ANEXO 1 RESULTADO DEL CALCULO HIDRAÚLICO	33
ANEXO 2 DISEÑO DE LA CONDUCCIÓN Y CÁLCULO DEL COSTO	35

1. INTRODUCCIÓN

En zonas áridas, como es el caso del norte de Chile, el agua es un recurso escaso y su uso eficiente es una preocupación permanente de los agricultores y el estado.

En la práctica, uno de los problemas más frecuentes que presentan los sistemas de riego de nuestro país son las grandes pérdidas que se producen en la conducción y distribución del agua. En su gran mayoría, la conducción se realiza mediante canales excavados en tierra, sin ningún tipo de revestimiento y con escasa mantención de la estructura.

El mercado, en la actualidad, ofrece una gran diversidad de materiales y productos que permiten impermeabilizar estos canales; también existe la alternativa de utilizar una conducción de tipo cerrada mediante el uso de tuberías. Sin embargo, la toma de decisiones no es fácil, dado que implica la utilización de conocimientos técnicos y de ingeniería que ayuden a definir adecuadamente el tipo y tamaño de la estructura de conducción junto con los materiales a utilizar, de tal forma que el proyecto sea técnica y económicamente factible.

Tomando como base lo anterior, este Boletín Técnico pretende entregar antecedentes concernientes a las diferentes alternativas de conducción de agua de riego a nivel de agricultor, con énfasis en conducciones inferiores a 100 litros por segundo, señalándose los criterios de selección de cada alternativa y los costos involucrados.

Como en guía didáctica, se seleccionó un ejemplo de cálculo donde se indican los criterios para seleccionar una u otra alternativa y se presentan sus costos asociados.

Debe tenerse presente que la definición de la metodología de construcción de la obra y la definición de su costo es una tarea bastante difícil, debido a que cada situación particular es diferente y los datos que se señalan solamente deben tomarse como una referencia.

Lo importante es plantear una metodología de análisis técnico que facilite la toma de decisiones basada en el cálculo hidráulico y los costos que cada tipo de conducción implica.

Los tipos de conducción y los materiales que se han seleccionado corresponden a aquellos de uso común en Chile, pudiendo existir otros con mayores ventajas. El cálculo de los costos de construcción se realizó sobre la base de cotizaciones a algunas empresas a nivel local y nacional, por lo tanto reflejan su existencia en el mercado.

En resumen, aunque lo expresado en este Boletín Técnico puede no corresponder a la realidad específica de un caso particular, este documento se elabora en el entendido que permite servir de referente en cuanto a :

- La metodología de selección de una u otra alternativa de conducción.
- Los costos estimativos de materiales, de ejecución y mantenimiento de la obra.

2.-SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

2.1.- Generalidades

La conducción de agua se realizan generalmente por medio de “Tuberías” y “Canales abiertos”. En **Figura 1** se muestran diversas modalidades y alternativas de conducción.

Las tuberías se prefieren cuando la aducción pasa cercana a sectores poblacionales y se desea evitar contaminación del agua con residuos orgánicos y basuras, también cuando se desea evitar un canal abierto en medio de un potrero, parrón u otra unidad productiva. Normalmente van instaladas bajo tierra y para lograr el caudal de trabajo se requiere una diferencia de altura entre la entrada y salida de agua.

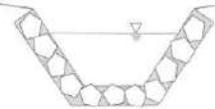
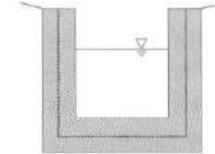
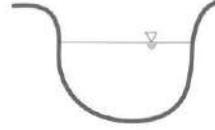
Las características técnicas de cada tipo de conducción (ventajas, desventajas, costos y durabilidad), son elementos importantes para decidir cuál es la más apropiada para las condiciones específicas del proyecto. Asimismo, se debe considerar las características del terreno como pendiente, accesibilidad y naturaleza del suelo para una elección adecuada. En el capítulo 3.1. presenta una pauta para seleccionar el tipo de conducción.

Otro aspecto importante es la velocidad del agua. En conducciones abiertas o en tuberías sin presión, la velocidad queda determinada por la pendiente longitudinal de la aducción, la forma y la rugosidad del material. También influyen aspectos de manejo, como estado de conservación de la estructura, presencia de basuras y piedras, algas y malezas.

La velocidad de flujo influye directamente en el costo final de la obra; a mayor velocidad, menor sección del canal. Como la velocidad es función de la pendiente, el profesional a cargo del diseño debe considerar estos dos aspectos para minimizar el costo final. El capítulo 3.2. presenta información acerca de este tópico.

La secuencia lógica de diseño es determinar la sección de la aducción de acuerdo a la pendiente natural del terreno y luego calcular el costo de la obra. En proyectos a desarrollar en laderas de cerro, la pendiente de diseño debe ser tal que permita reducir la sección en el canal para disminuir costos, sin afectar la seguridad de la obra, y asegurar una cota adecuada en la entrega de agua.

Figura 1 DIVERSOS TIPOS DE CONDUCCIÓN, SE INCLUYE MATERIAL, SECCIÓN TIPO Y FOTOGRAFÍA.

GRUPO DE CONDUCCIÓN	TIPO DE CONDUCCIÓN	MATERIALES PRINCIPALES	SECCIÓN TIPO	FOTOGRAFÍA EJEMPLO
TUBERÍA	TUBO	POLIETILENO, P.V.C., CONCRETO.		
CANAL REVESTIDO	REVESTIDO MAMPOSTERÍA	PIEDRAS, PIEDRAS CON CEMENTO.		
	REVESTIDO CON TABLA O CANALETA	TABLA, LOSETA (CON FIERRO), (SIN FIERRO), PLACA, CANALETA.		
	REVESTIDO CON HORMIGÓN EMPLAZADO	HORMIGÓN, HORMIGÓN ARMADO, HORMIGÓN PROYECTADO		
CANAL EXCAVACIÓN SIN REVESTIMIENTO	EXCAVACIÓN EN TIERRA	TIERRA		

2.2. Tuberías

En tuberías, el agua escurre por un espacio cerrado, existiendo dos formas de escurrimiento: con presión y sin presión. **En este boletín se abordará el caso del flujo sin presión.**

La principal ventaja de la conducción en tuberías es mantener libre de contaminación el agua de riego (tierra y basura). Adicionalmente, no hay pérdidas de agua por evaporación, por filtraciones y por vegetación circundante.

Los materiales de construcción más utilizados son cuatro: P.E.(polietileno), P.V.C.(cloruro de polivinilo), concreto y fierro. Cada tipo de material posee varias especificaciones dependiendo de la resistencia. Un ejemplo lo constituyen las tuberías de P.V.C., que se comercializan en diferentes clases que representan la presión máxima de trabajo. Clase 2,5 significa que puede resistir una presión interior máxima de $2,5\text{kg/cm}^2$ (25 m.c.a.).

Generalmente, las tuberías se instalan bajo tierra para protegerlas de golpes, daño climático y evitar que la conducción sea un obstáculo para las actividades agrícolas.

La instalación de los tubos debe procurar una perfecta alineación, por esa razón, es necesario considerar una estructura de cama que proporcione estabilidad a los tubos. Las especificaciones de la cama y el relleno dependen del tipo de material, para ello, es necesario consultar los manuales técnicos que proporciona cada proveedor de acuerdo al material a utilizar.

2.2.1. Tuberías de polietileno (P.E.)

Los tubos de polietileno, utilizados en conducciones sin presión son generalmente de gran diámetro (8 pulgadas o mas). Este tipo de material no está disponible en cualquier negocio y solamente las empresas especializadas disponen de tuberías en los diámetros necesarios para conducciones de caudales medianos a grandes.

El polietileno se caracteriza por cierto grado de elasticidad (permite pequeñas curvaturas) y resistencia química. Su densidad es baja ($0,9$ a $1,0\text{ g/cm}^3$). Su costo de instalación es elevado porque requiere una faena especial para unir los tubos. Por proceso denominado (termo sellado). Otra ventaja radica en que se puede utilizar para conducciones de grandes caudales porque se fabrica en diámetros de hasta 3 m.

2.2.2. Tuberías de P.V.C.

Normalmente, las tuberías de P.V.C. se venden en tramos de 6 m de largo. Los tubos de este tipo de material se encuentran fácilmente en el mercado y se fabrican en diámetros de hasta 500 mm. Por sobre este diámetro, su disponibilidad se reduce considerablemente ya que debe ser fabricado especialmente para el proyecto. Tiene una densidad aproximada entre 1,3 a 1,4 g/cm³, una siendo ventaja importante la facilidad de instalación, efectuándose la mayoría bajo tierra, dado que tienen menor resistencia a la radiación solar y a los golpes que el polietileno.

2.2.3 Tuberías de concreto

Los tubos de concreto se pueden dividir en dos grupos o tipos, según su forma y diámetro: tubulares y anillos. Los primeros se fabrican en diámetros de hasta 500 mm y con longitudes de 1 metro. Los catalogados como anillos, tienen diámetros superiores a 500mm y longitudes menores a un 1m para hacerlos más livianos.

Los tubos de concreto tienen alta resistencia para soportar la fuerza exterior, pero su instalación es fastidiosa porque son elementos bastante pesados. Además, el costo se eleva por uso de maquinaria. En ese caso, hay que prever las facilidades para que la maquinaria ingrese a la obra. El relleno es menor que en el caso de polietileno y de P.V.C., porque los tubos de concreto tienen una mayor resistencia.

Es muy importante que la cama o estabilizado sea de buena calidad para que los tubos no pierdan su alineación.

La labor de unir los tubos de concreto es muy complicada, por lo cual se requiere experiencia. Este aspecto es una desventaja, si se quiere utilizar para conducciones de grandes caudales.

2.3. Canal abierto revestido

2.3.1. Mampostería

Este tipo de revestimiento consiste en el uso de distintos materiales, especialmente piedras que se encuentren cercanas a la obra, cuya obtención es de bajo costo. Sin embargo, el costo de la mano de obra es elevado y de poco rendimiento. Aparte hay dos formas de mampostería, una que consiste en colocar las piedras sin relleno y la otra con relleno. Esta última es la más utilizada en la Provincia del Limarí (**Figura 1**).

La mampostería no es la más apropiada para ser utilizada en secciones en terraplén y con cimentaciones débiles porque no tiene resistencia en su estructura.

2.3.2. Revestimientos prefabricados

En este caso el muro del canal es armado con diferentes tipos de materiales planos o en forma de canaletas, utilizándose piedras, maderas, cerámicas, placas de concreto y otros. Este tipo de revestimiento puede ser utilizado con dos objetivos: proteger el muro de la erosión y para reducir filtraciones. Al igual que el revestimiento anterior, tampoco es recomendable utilizarlo en aquellas secciones en terraplén y con cimentación débil, porque no tiene alta resistencia (**Fotografía 1**).

La técnica de construcción de losetas se ha difundido bastante en la provincia de Limarí siendo relativamente fácil su fabricación. Ellas se pueden solicitar a empresas especializadas especificando tamaños, espesores, armaduras u otros.



Fotografía 1: La loseta es muy frágil en la sección del terraplén y será fácilmente un punto de salida de agua.

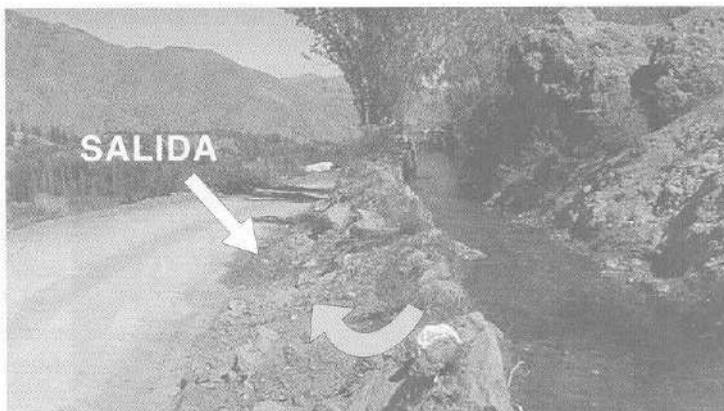
2.3.3. Hormigonado emplazado

Este caso se trata de un tipo de canal en el cual se emplaza el hormigón en el campo. En muchos casos se refuerza con una armadura de hierro. Este tipo de revestimiento puede instalarse con cimentación débil y poco estable, presentando alta resistencia a los temblores. En general es un revestimiento de mayor costo porque la construcción es relativamente compleja y de gran envergadura, debiendo utilizarse una alta cantidad de mano de obra. En su gran mayoría, el canal adopta una sección cuadrada, por facilidad en la obra.

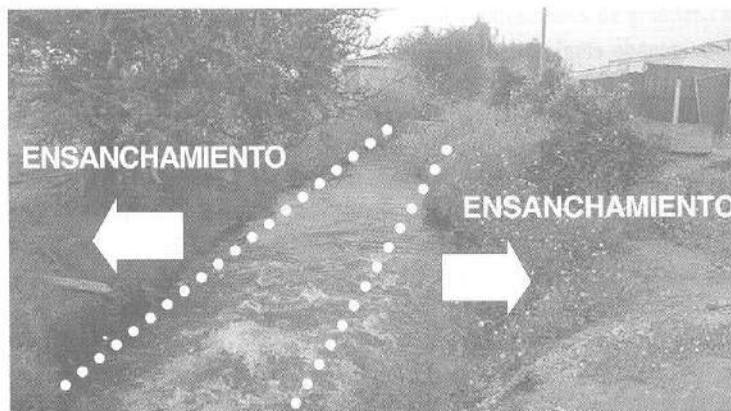
Recientemente, se ha introducido la técnica del **“Hormigón proyectado”** como una forma nueva de construcción, el cual, a través del aire comprimido se produce el disparo del material a gran presión. Esta tecnología todavía no se utiliza mucho para la construcción de canales pequeños y medianos, dado que requiere maquinaria especial.

2.4. Canal excavado sin revestimiento

Este tipo de canal solamente se excava en la tierra sin revestimiento. Aunque el costo de construcción es bastante bajo, requiere mucha mantención y reparación, acarreado, una serie de problemas, por ejemplo: filtración de agua (**Fotografía 2**), excavación del fondo de canal, aumento del ancho de canal por erosión (**Fotografía 3**), consumo de agua por vegetación en los bordes (**Fotografía 4**), proliferación de algas que interrumpen el flujo de agua (**Fotografía 5**). Todo ello por no disponer de revestimiento.



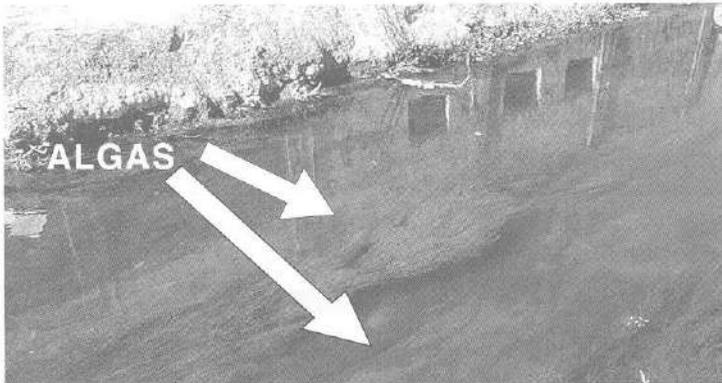
Fotografía 2: Filtraciones en un canal por no existir revestimiento.



Fotografía 3: El ancho inicial del canal se ha ensanchado por la erosión.



Fotografía 4: La vegetación que se desarrolla al lado del canal consume un volumen importante de agua.



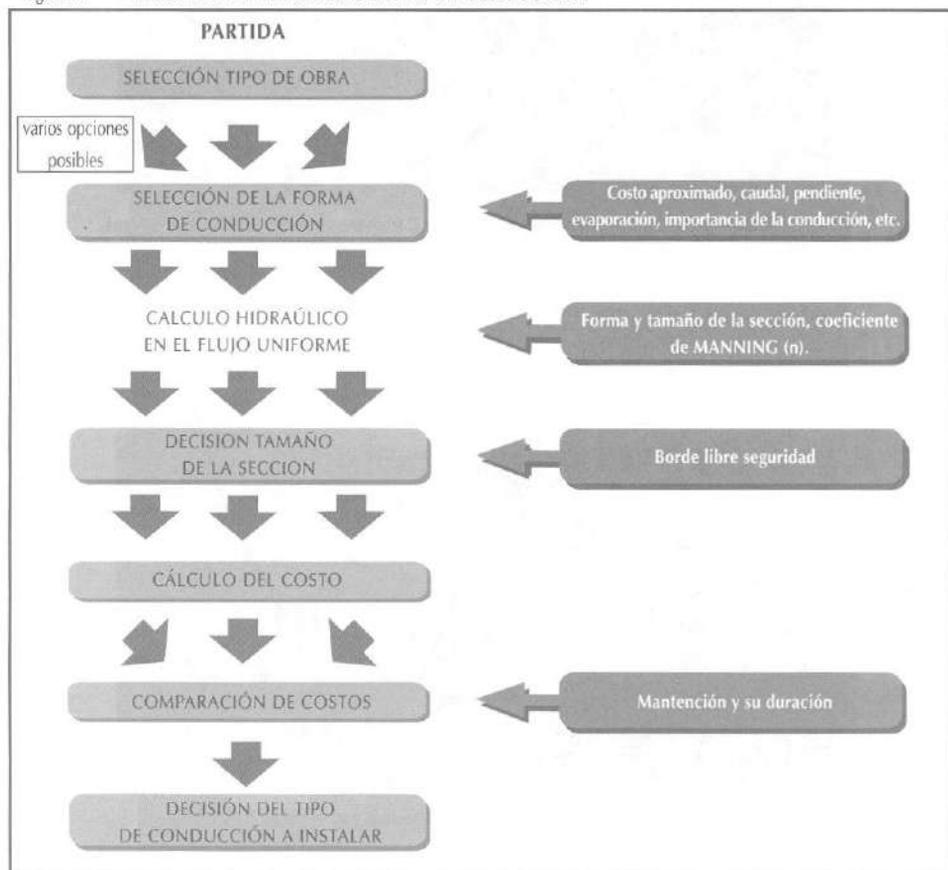
Fotografía 5: Interrumpen el flujo proyectado para el canal.

3. PROCESO DE ELECCIÓN

3.1.- Proceso para seleccionar el tipo de conducción

Como se ha expuesto anteriormente, existen varios tipos de conducción de agua. A continuación se indica el procedimiento para seleccionar el tipo más apropiado de acuerdo a las condiciones particulares que se poseen, lo que se esquematiza en la **Figura 2**.

Figura 2 PASOS PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE CONDUCCIÓN



Nota :
-Los pasos que se indican son para la construcción de una nueva obra, en obras de mejoramiento hay que considerar lo existente, tanto desde el punto de vista de derecho de aprovechamiento, como de trabajar previos que puedan ser utilizados.
-Existe la posibilidad de construcción combinada de algunos tipos de obra según condición en el campo.

Es necesario considerar la factibilidad de adoptar distintos tipos de conducción en función de las condiciones iniciales de diseño y las características del terreno (caudal, pendiente, accesibilidad de maquinaria, etc.). También influye la disponibilidad de los materiales, porque la obtención de algunos de ellos no es fácil o bien son de alto costo, especialmente cuando se desea conducir un gran caudal. Por ejemplo, el tipo de conducción revestida en mampostería de piedras o en losetas no es apropiada para utilizarlas en terraplén. Por otra parte, los tubos de P.V.C. de gran diámetro no se venden comúnmente en el comercio y ellos deben ser ordenados especialmente para el proyecto.

También son muy importantes las propiedades físicas del suelo donde se quiere instalar la obra de conducción. No se puede esperar un buen apoyo de la estructura cuando esta se emplaza en suelos con altos porcentajes de arena, o bien en suelos demasiado arcillosos donde se pueden producir contracciones por deshidratación. En estos tipos de suelo hay que considerar el uso de conducciones revestidas con hormigón armado, que tiene bastante resistencia, de lo contrario, se requerirá mejorar la calidad del suelo lo que puede ser de alto costo. En el caso de existir distintos tipos de suelo, se puede utilizar y combinar distintos tipos de revestimientos según sus propiedades; por ejemplo, estabilidad y permeabilidad.

El **Cuadro 1** presenta un procedimiento para seleccionar los tipos de conducción disponibles.

El segundo paso después de seleccionar el tipo de conducción es efectuar el cálculo hidráulico y el cálculo de costos de construcción del tipo de conducción que se ha elegido, o bien hacer las comparaciones de acuerdo a las condiciones de suelo presentes en el lugar. El cálculo hidráulico se realiza como se señala en la sección 3.2.

El tercer paso es realizar el cálculo del costo de la construcción, pero que no es fácil porque depende mucho del tipo de proyecto y de las condiciones donde se desarrollará. El cálculo de costos se indica en la **Figura 3**.

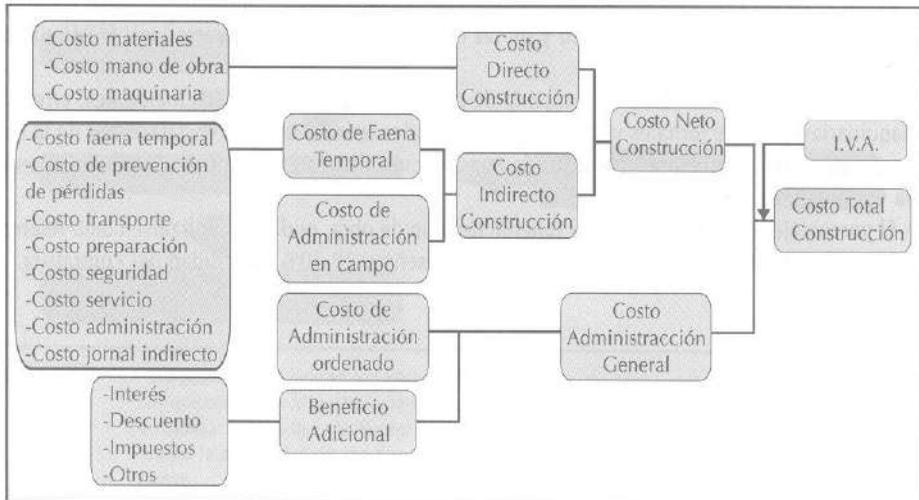
Generalmente el valor total se compone de costos directos (adquirir los materiales, arrendar maquinarias, pago de jornales y otros), costos generales (administración, instalaciones de la faena, desgaste de herramientas, permisos de construcción y otros), y costos de diseño de ingeniería y utilidad del contratista.

El porcentaje de costos directos es función del tipo de obra, pudiendo utilizarse como referencia un valor de 10% gastos generales, 5-10% en diseño y 20-30% en utilidad del contratista.

Cuadro 1 CONDICIONES DE CAMPO Y DE ALTERNATIVAS QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE CONDUCCIÓN

CONDICIONES EN EL CAMPO	ADECUADA	ADECUADA CONDICIONADA	NO ADECUADA
ACERCAMIENTO DE LA MAQUINARIA PESADA EN EL CAMPO ES DIFÍCIL.	-TUBO DE P.V.C. -PIEDRAS CON CEMENTO -EXCAVADO EN TIERRA	-TUBO DE POLIETILENO -LOSETA	-HORMIGÓN ARMADO -TUBO DE CONCRETO
EL SUELO ES DEBIL. LA TIERRA ES ARCILLOSA Y PRESENTA MUCHA ALTERNACIÓN EN SU VOLUMEN.	-HORMIGÓN ARMADO	-TUBO DE POLIETILENO -TUBO DE P.V.C. -TUBO DE CONCRETO -LOSETA	-PIEDRAS CON CEMENTO -EXCAVADO EN TIERRA SIN REVESTIMIENTO
LA SECCIÓN ES TERRAPLEN.	-HORMIGÓN ARMADO	-TUBO DE CONCRETO -LOSETA	-TUBO DE POLIETILENO -TUBO DE P.V.C. -PIEDRAS CON CEMENTO -EXCAVADO EN TIERRA SIN REVESTIMIENTO
NECESITA PONER O CAMBIAR LA TOMA DE AGUA AL MEDIO DE LA CONDUCCIÓN PARA DIVIDIR EN LOS AÑOS FUTUROS.	-LOSETA -PIEDRAS CON CEMENTO	-HORMIGÓN ARMADO -EXCAVADO EN TIERRA SIN REVESTIMIENTO	-TUBO DE POLIETILENO -TUBO DE P.V.C. -TUBO DE CONCRETO
HAY MUCHA EVAPORACIÓN. HAY POSIBILIDAD DE ENTRADA DE OBSTACULOS DESDE PARTE ABIERTA.	-TUBO DE POLIETILENO -TUBO DE P.V.C. -TUBO DE CONCRETO	-HORMIGÓN ARMADO -LOSETA -PIEDRAS CON CEMENTO	-EXCAVADO EN TIERRA SIN REVESTIMIENTO
EL CAUDAL DE LA CONDUCCIÓN ES GRANDE.	-TUBO DE POLIETILENO -HORMIGÓN ARMADO	-TUBO DE CONCRETO -LOSETA -EXCAVADO EN TIERRA SIN REVESTIMIENTO	-TUBO DE P.V.C. -PIEDRAS CON CEMENTO
NO SE PUEDE HACER MUCHA MANTENCIÓN.	-TUBO DE POLIETILENO -TUBO DE P.V.C. -TUBO DE CONCRETO -HORMIGÓN ARMADO	-LOSETA -PIEDRAS CON CEMENTO	-EXCAVADO EN TIERRA SIN REVESTIMIENTO

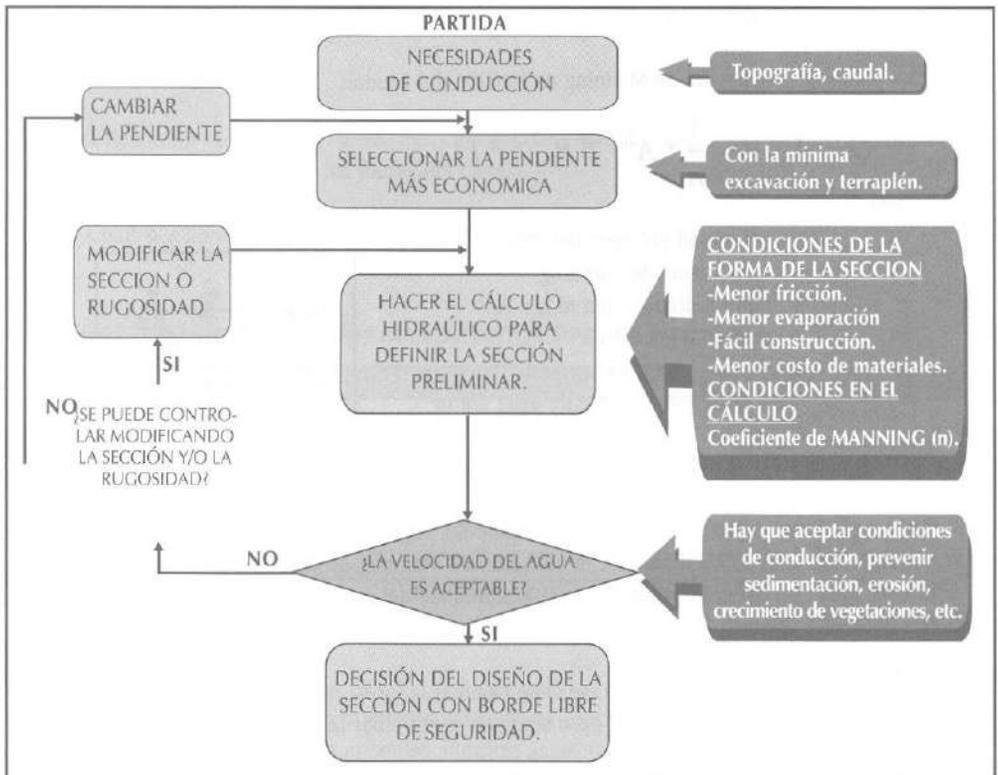
Figura 3 DETERMINACIÓN DEL COSTO DE CONSTRUCCIÓN



3.2. Pasos para decidir el tamaño de sección de la conducción

En este punto se explica el proceso que se debe seguir para decidir el tamaño de la sección de conducción, el cual se esquematiza en la **Figura 4**, donde se indican los cálculos que deben realizarse.

Figura 4 PASOS A SEGUIR EN LA ELECCIÓN DE LA SECCIÓN DE UN CANAL



Inicialmente, se necesita diseñar o definir la pendiente de conducción entre la fuente de agua y el destino final. Si el terreno es plano u homogéneo, la pendiente puede definirse casi automáticamente según su topografía. La pendiente define la velocidad del agua, la que no debe superar una velocidad máxima que erosione la estructura.

Si el terreno es desuniforme (pendiente compleja), se necesita un trabajo topográfico para determinar la pendiente con la vista de menor movimiento de tierra (faena de excavación y/o terraplén). Dependiendo del tipo de conducción, la sección en terraplén debe disminuirse lo más posible.

Para condiciones de flujo uniforme se utiliza la Ecuación de Manning para calcular la velocidad del agua en la sección de escurrimiento. Los parámetros necesarios para calcular la velocidad del flujo y altura del agua utilizando la ecuación de Manning son: pendiente, rugosidad de la pared, geometría del canal y caudal.

La ecuación de Manning es la siguiente:

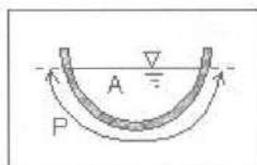
$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * I^{1/2}$$

Para expresar la ecuación de Manning en función del caudal:

$$Q = A * V = \frac{1}{n} * A^{5/3} * P^{-2/3} * I^{1/2}$$

Donde ;

- V : velocidad del agua (en m/s)
- n : coeficiente de Manning
- R : radio hidráulica (en m), $R = A/P$
- I : pendiente (en m/m)
- Q : caudal (en m³/s)
- A : área de cubrimiento de agua (en m²)
- P : perímetro mojado (en m)



Para condiciones específicas de caudal, pendiente, rugosidad y geometría (canal de sección trapezoidal, rectangular o cilíndrica), la ecuación de Manning proporcionará información de la altura del agua. La altura del agua no es la profundidad del canal ya que se debe considerar un borde libre para seguridad en la operación del mismo.

Si la velocidad de flujo es excesiva, se debe cambiar la forma de la sección o su rugosidad. Si no se obtienen buenos resultados, el paso siguiente es cambiar la pendiente, lo que aumenta el costo de la obra.

La forma de la sección de conducción se puede determinar en función del tipo de revestimiento y del costo; por ejemplo, en el caso del Hormigón armado, se puede construir fácilmente la forma de cuadrado, mientras que la forma de trapecio es más adecuada para Loseta y Mampostería, cuyas paredes laterales no pueden ser verticales porque hay posibilidad de quebrar el muro por la poca resistencia de su estructura.

En relación a la sección óptima de conducción, corresponde a aquella que presenta la menor pérdida hidráulica, que en el caso de canales trapezoidales está dada por la relación:

$$b = 2 * h * \tan \frac{\theta}{2}$$

y en canales de sección cuadrada o rectangular por:

$$b = 2 * h$$

En este caso **b** es la base del fondo de la conducción, **h** es la profundidad o tirante del agua en el canal y θ es el ángulo de los muros del canal.

El **Cuadro 2** presenta los valores de talud recomendados según el tipo de suelo.

Cuadro 2 TALUDES APROPIADOS PARA DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES

MATERIAL	TALUD (H:V)
Roca	Prácticamente Vertical
Suelos de turba y de tritos	1/4:1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	1/2:1 hasta 1:1
Tierra con recubrimiento de piedra o tierra en grandes canales	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1,5:1
Tierra arenosa suelta	2:1
Greda arenosa o arcilla porosa	3:1

Fuente : Julián Aguirre PE, 1974

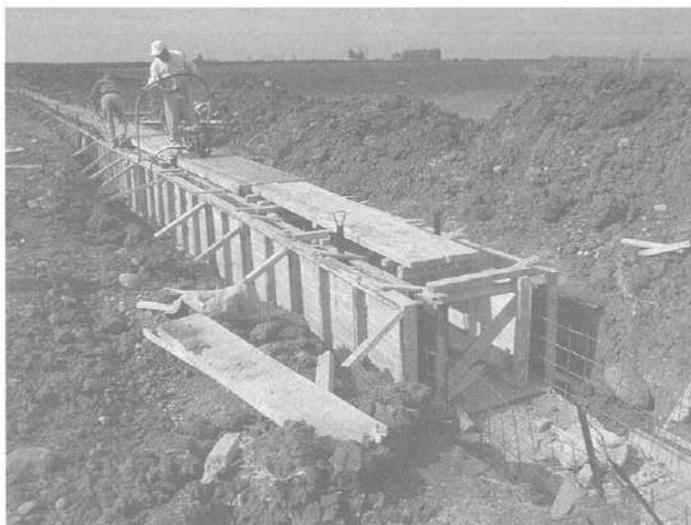
La sección óptima (la que proporciona las mejores condiciones de escurrimiento en relación al costo), puede ser modificada al considerar otros aspectos, tales como disminuir el área ocupada, prevenir la entrada de piedras y basuras, o minimizar la evaporación de agua.

Se debe considerar un borde libre como espacio de seguridad. De este modo, en canales pequeños (menos de 200 l/s), el borde libre debe ser aproximadamente 1/4 de la altura del canal, mientras que, en canales de mayor capacidad de conducción, el borde libre se encuentra en el rango de 1/5 a 1/8 de la altura del canal. El resultado final es una sección de conducción más grande que el tamaño de diseño.

La "rugosidad" se expresa con la letra "n", e indica el grado de roce entre el agua en movimiento y las paredes de la aducción. Los materiales presentan diversos grados de rugosidad dependiendo del tipo de material y el estado de mantenimiento. A mayor valor de «n», mayor es la rugosidad del material. El polietileno es un material relativamente liso y produce poco roce. El valor de «n» para el polietileno es 0,009, para un canal revestido en concreto, «n» es 0,016. Para iguales condiciones de diseño (pendiente y sección), un canal revestido en polietileno conduce más agua que uno en concreto debido a la rugosidad. Un canal con un determinado caudal de diseño y bajo valor de «n» es de menor sección que uno construido con un material más rugoso (mayor valor de «n»). El **Cuadro 3** presenta valores de «n» para un amplio rango de materiales y condiciones de escurrimiento.

La velocidad de flujo no debe ser muy baja, con el fin de evitar la sedimentación de las partículas en suspensión que transporta el agua y el desarrollo de algas. La velocidad tampoco puede ser elevada debido a el riesgo de erosión de la estructura. En el **Cuadro 4** se presentan las velocidades máximas y mínimas para distintos tipos de materiales.

El proceso de cálculo hidráulico es algo complejo debido a la necesidad de considerar simultáneamente muchos factores. El **Cuadro 5** proporciona información de tamaño de sección para diferentes tipos de conducción.



Cuadro 3 COEFICIENTE DE MANNING (n) PARA VARIAS CONDICIONES DE CONDUCCIÓN

CONDICIONES Y MATERIALES DE CONDUCCIÓN	Coeficiente de Manning (n)			
	ÓPTIMO	BUENO	ACEPTABLE	MALO
Tubos de hierro sin revestimiento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de hierro revestido	0,011	0,012	0,013	-
Tubos comerciales de hierro forjado negro	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos comerciales galvanizados	0,013	0,014	0,015	0,017
Tubos de acero en espiral remachados	0,013	0,015	0,017	-
Canales corrientes de barro, semicirculares, para drenaje	0,011	0,012	0,014	0,017
Superficies enlucidas en cemento	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubos de hormigón	0,012	0,013	0,015	0,016
Canales de madera cepillada	0,010	0,012	0,013	0,014
Canales de madera sin cepillar	0,011	0,013	0,014	0,015
Canales recubiertos de hormigón	0,012	0,014	0,016	0,018
Superficies de mampostería hormigonada	0,017	0,020	0,025	0,030
Superficie de mampostería en seco	0,025	0,030	0,033	0,035
Superficie de cantos	0,013	0,014	0,015	0,017
Acequias semicirculares metálicas, pulimentadas	0,011	0,012	0,013	0,015
Acequias semicirculares metálicas, rugosas	0,0225	0,025	0,0275	0,030
Canales de tierra, rectos y uniformes	0,017	0,020	0,0225	0,025
Canales de piedra labrada, lisa, uniforme	0,025	0,030	0,033	0,035
Canales de piedra labrada con mellas e irregularidades	0,035	0,040	0,045	-
Canales lentos y tortuosos	0,0225	0,025	0,0275	0,030
Canales de tierra dragados	0,025	0,0275	0,030	0,033
Canales con fondo de tierra, irregulares y con hierbas en las paredes	0,025	0,030	0,035	0,040
Canales con taludes limpios y rectos sin grietas ni hoyos profundos	0,025	0,0275	0,030	0,033
Igual que el anterior con algunas hierbas y piedras	0,030	0,033	0,035	0,040
Con revueltas, algunos hoyos y bajos, limpios de hierbas	0,033	0,035	0,040	0,045
Igual al anterior, escalones más bajos y sectores con menos pendiente	0,040	0,045	0,050	0,055
Tramos rectos de curso lento, con bastantes hierbas y hoyos	0,050	0,060	0,070	0,080
Tramos rectos muy poblados de hierbas	0,075	0,100	0,125	0,150

Fuente : Israelsen y Hansen, 1965

Cuadro 4 REFERENCIAS DE VELOCIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA DEW CONDUCCIÓN DE AGUA EN DISTINTOS MATERIALES

Velocidad mínima (promedio seccional)	
Para prevenir sedimentación.	0,45-0,9 m/s o superior
Para prevenir crecimiento de las algas grandes.	0,7 m/s o superior
Velocidad máxima (promedio seccional)	(m/s)
Canal revestido	
Concreto grueso (aprox.18cm de espesor)	3,00
Concreto delgado (aprox.10cm de espesor)	1,50
Asfalto	1,00
Mampostería sin enboquillado	1,5-2,0
Mampostería enboquillado	2,50
Tubo de concreto	2,50
Tubo de acero	5,00
Canal sin revestimiento	
Arenoso	0,45
Franco arenoso	0,60
Franco	0,70
Franco arcilloso	0,90
Arcilloso	1,00
Arcillo con arena	1,20
Roca branda	2,00
Roca media blanda	2,50
Roca stable	3,00

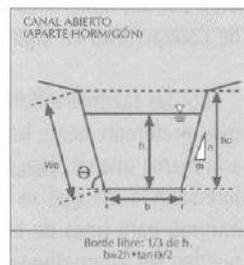
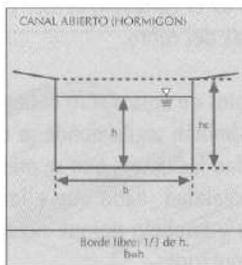
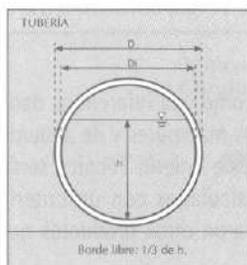
Fuente:Departamento de mejoramiento estructuras del ministerio agricultura y pesca del Japón. 1986. "Guía técnica para diseño de la conducción."



Cuadro 5 TAMAÑOS DE SECCIÓN PARA DISTINTOS TIPOS DE CONDUCCIÓN

GRUPO	TUBERIA			CANAL REVESTIDO								CANAL EXCAVACION SIN REVESTIMIENTO			
	MATERIAL	ROBLENO	P.V.C	PIEDRAS CON CEMENTO				LOSETA		HORMIGON ARMADO		EXCAVADO EN TIERRA			
				(mín = 1:1)				(mín = 1:2)		(θ = 90°)		(mín = 1,5:1)			
Pendiente del muro	0,009	0,010	0,015	0,025				0,016		0,016		0,035			
COEF. MANNING (n)	0,009	0,010	0,015	0,025				0,016		0,016		0,035			
Pendiente Caudal ^m	D(m)	D(m)	D(m)	hc(m)	b(m)	Wc(m)	hc(m)	b(m)	Wc(m)	hc(m)	b(m)	hc(m)	b(m)	Wc(m)	
1/1000	10	0,18	0,18	0,21	0,19	0,16	0,27	0,23	0,09	0,26	0,24	0,18	0,18	0,25	0,32
	50	0,31	0,33	0,39	0,35	0,29	0,50	0,43	0,16	0,48	0,44	0,33	0,32	0,45	0,58
	100	0,42	0,42	0,51	0,46	0,37	0,64	0,56	0,21	0,62	0,57	0,43	0,42	0,58	0,75
	500	0,77	0,77	0,93	0,83	0,68	1,18	1,02	0,39	1,14	1,05	0,79	0,76	1,07	1,38
	1000	1,00	1,00	1,21	1,08	0,89	1,53	1,32	0,51	1,48	1,36	1,02	0,99	1,39	1,79
2/1000	10	0,16	0,16	0,19	0,17	0,14	0,24	0,21	0,08	0,23	0,21	0,16	0,15	0,22	0,28
	50	0,29	0,30	0,35	0,31	0,25	0,44	0,38	0,14	0,42	0,39	0,29	0,28	0,39	0,51
	100	0,37	0,39	0,45	0,40	0,33	0,57	0,49	0,19	0,55	0,50	0,38	0,37	0,51	0,66
	500	0,68	0,70	0,82	0,73	0,60	1,04	0,89	0,34	1,00	0,92	0,69	0,67	0,94	1,21
	1000	0,88	0,91	1,06	0,95	0,78	1,34	1,16	0,44	1,30	1,19	0,90	0,87	1,22	1,57
3/1000	10	0,14	0,15	0,17	0,16	0,13	0,22	0,19	0,07	0,21	0,20	0,15	0,14	0,20	0,26
	50	0,26	0,27	0,32	0,29	0,23	0,40	0,35	0,13	0,39	0,36	0,27	0,26	0,37	0,47
	100	0,34	0,36	0,41	0,37	0,30	0,52	0,45	0,17	0,51	0,47	0,35	0,34	0,48	0,61
	500	0,63	0,65	0,76	0,68	0,56	0,96	0,83	0,32	0,93	0,85	0,64	0,62	0,87	1,12
	1000	0,81	0,85	0,99	0,88	0,72	1,24	1,07	0,41	1,20	1,11	0,83	0,81	1,13	1,45
4/1000	10	0,14	0,14	0,17	0,15	0,12	0,21	0,18	0,07	0,20	0,19	0,14	0,14	0,19	0,25
	50	0,25	0,26	0,30	0,27	0,22	0,38	0,33	0,13	0,37	0,34	0,26	0,25	0,35	0,45
	100	0,33	0,34	0,39	0,35	0,29	0,50	0,43	0,16	0,48	0,44	0,33	0,32	0,45	0,58
	500	0,59	0,62	0,72	0,64	0,53	0,91	0,78	0,30	0,88	0,81	0,61	0,59	0,82	1,06
	1000	0,77	0,80	0,93	0,83	0,68	1,18	1,02	0,39	1,14	1,05	0,79	0,76	1,07	1,38
5/1000	10	0,13	0,14	0,16	0,14	0,12	0,20	0,17	0,07	0,19	0,18	0,13	0,13	0,18	0,23
	50	0,24	0,25	0,29	0,26	0,21	0,37	0,32	0,12	0,35	0,33	0,25	0,24	0,33	0,43
	100	0,31	0,32	0,38	0,34	0,28	0,48	0,41	0,16	0,46	0,42	0,32	0,31	0,43	0,56
	500	0,57	0,59	0,69	0,62	0,51	0,87	0,75	0,29	0,84	0,77	0,58	0,57	0,79	1,02
	1000	0,74	0,77	0,90	0,80	0,66	1,13	0,98	0,37	1,09	1,00	0,75	0,73	1,02	1,32

Nota : Estos valores son de referencia; se indica el tamaño mínimo, por lo tanto, el material puede ser del mismo tamaño o más grande.



4.- COMPARACIÓN ECONÓMICA ENTRE VARIOS TIPOS DE CONDUCCIÓN PARA UN CASO PARTICULAR

4.1. Objetivo del estudio

El objetivo de este capítulo es indicar algunos ejemplos, que podrían plantearse como soluciones para conducir un determinado caudal de agua.

Para cada uno de ellos, se indica el procedimiento de cálculo de costos y se realiza una comparación. Además, se señala el proceso de selección de los materiales y el tipo de conducción.

4.2. Método de trabajo

El cálculo y la comparación de costos no es fácil porque existe gran diferencia entre los factores que se consideran en uno u otro caso y ellos son muy dependientes de cada situación particular, pero en este caso se ha efectuado dicha comparación sobre la base de algunos supuestos definidos, para cada situación.

Se ha adoptado la norma técnica de recomendar materiales de reconocida calidad para el diseño, para lo cual se ha recogido la experiencia de varios ingenieros de la provincia que se desempeñan en el rubro de la construcción de obras de riego en la actualidad. Además, se han utilizado los materiales que existen en el comercio actual y sus precios se han obtenido a través de cotizaciones en algunas empresas del rubro.

Por las razones anteriores, los datos de costos sólo deben tomarse como una referencia, dado que, preferentemente los precios, cambian según donde se compren los materiales y de acuerdo a la marca que se elija. Con seguridad los costos que se presentan en este Boletín Técnico serán inferiores a los que se den en la realidad, dado que ellos fueron calculados con un criterio mínimo para fines de comparación y también porque no se consideraron otros productos que pueden ser alternativos y complementarios.

Quizás el costo de mantención sea el más variable dada su dependencia de muchos factores que son difíciles de cuantificar y está sujeto al criterio de los usuarios. Sin embargo, se señalan algunas cifras que pueden ajustarse de acuerdo a la realidad de cada caso.

El proceso de comparación económica se indica en la **Figura 5**. En este proceso se han supuesto algunas condiciones ideales como las que se señalan en la **Figura 6**, para facilitar la comparación.

Figura 5 SECUENCIA A SEGUIR EN LA SELECCIÓN ECONÓMICA DEL TIPO DE CONDUCCIÓN

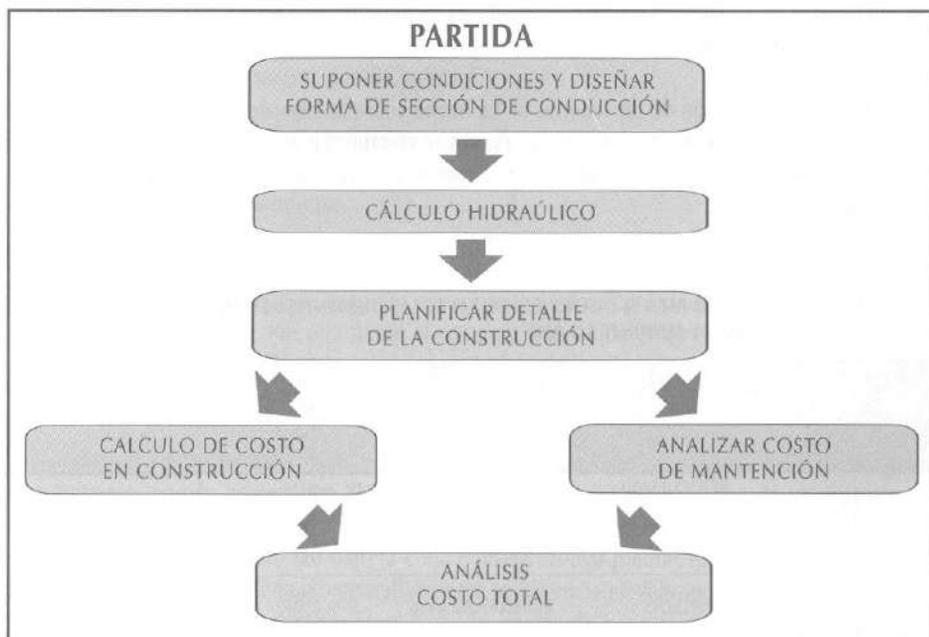
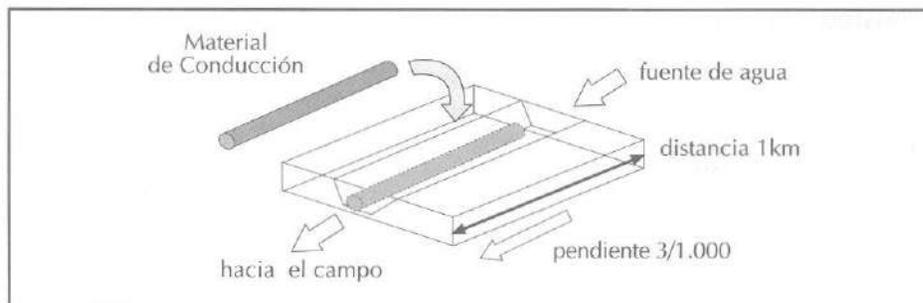


Figura 6 CONDICIONES DEFINIDAS PARA EL CASO DE ESTUDIO



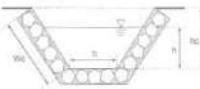
CONDICIONES DEL ESTUDIO	
CAUDAL	100 l/s
DISTANCIA	1Km
DIENTE	3/1.000
GRAFIA	PLANO
LO	SIN PROBLEMA
SIN OBSTÁCULO	

PEN-
TOPO-
SUE-
TIERRA

Un resumen con los resultados del cálculo hidráulico se indican en el **Cuadro 6** (más detalles se encuentran en el **Anexo 1**). Como producto de lo anterior, se han diseñado las secciones de cada tipo de conducción.

El diseño de la sección de las tuberías se ha hecho sobre la base de las recomendaciones del fabricante y en el caso de canal abierto su diseño se efectuó tomando en consideración algunas investigaciones de campo y las opiniones de expertos en construcción (más detalles se indican en el **Anexo 2**).

Cuadro 6 CONDICIONES PARA EL DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE CONDUCCIÓN (PARA 100L/S Y PENDIENTE 3/1.000)

TIPO DE CONDUCCIÓN	MATERIAL DE CONDUCCIÓN	CONDICIONES DE CÁLCULO	TAMAÑO DISEÑO CALCULADO* (m)	DIBUJO DE LA SECCIÓN
TUBERÍA	POLIETILENO P.V.C. CONCRETO	$n = 0,009$ $n = 0,010$ $n = 0,015$	$Di = 0,34$ $Di = 0,36$ $Di = 0,41$	
CANAL REVESTIDO	PIEDRAS CON CEMENTO	Inclinación del muro = 1 : 1 $n = 0,025$ $b = 2h \times \tan\theta/2$	$b = 0,30$ $hc = 0,37$ $Wc = 0,52$	
	LOSETA (CON FIERRO)	Inclinación del muro = 1 : 2 $n = 0,016$ $b = 2h \times \tan\theta/2$	$b = 0,17$ $hc = 0,45$ $Wc = 0,51$	
	HORMIGON ARMADO	Inclinación del muro = 90° $n = 0,016$ $b = h$	$b = 0,35$ $hc = 0,47$	
CANAL EXCAVACION SIN REVESTIMIENTO	TIERRA	Inclinación del muro = 1,5 : 1 $n = 0,035$ $b = 2h \times \tan\theta/2$	$b = 0,48$ $hc = 0,34$ $Wc = 0,61$	

Nota:

* : Se calculó con borde libre a 1/3 de profundidad en agua.

4.3. Estudio de costos

Los resultados de comparación de costos de cada tipo de conducción se indican en la **Figura 7**, detallándose los ítem en el **Cuadro 7**.

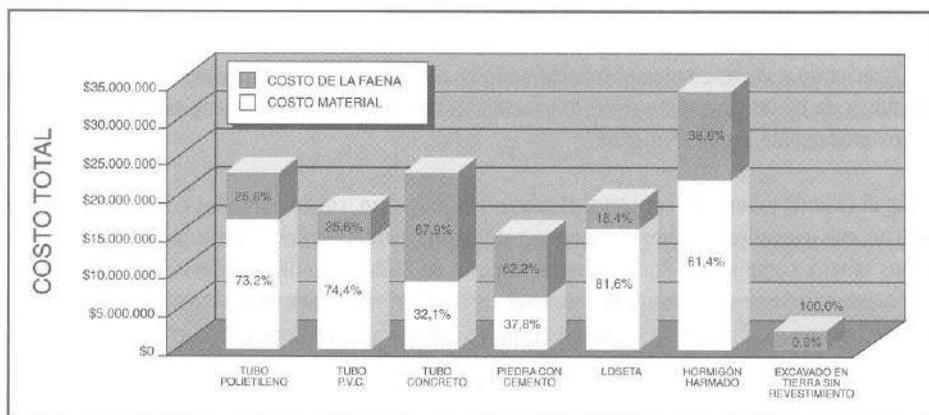
De acuerdo a los resultados, y considerando la alternativa de usar tuberías, el costo de la obra en tubos de polietileno y concreto son semejantes. El menor costo lo tiene tuberías de P.V.C., aproximadamente un 80% inferior.

En el caso de tubería de concreto, el tubo no es muy caro, sin embargo los costos de faena son mucho más elevados porque se requiere maquinaria para su colocación y la obra de unir los tubos es muy complicada. Por otra parte, el costo de instalación de este tubo se ha rebajado un poco porque no se requiere tanto material para su relleno, dado que estos tubos tienen una mayor resistencia. En la instalación, el costo más económico lo tiene la tubería P.V.C..

En relación a canales abiertos el más económico resulta ser el canal excavado en tierra sin revestimiento, porque no requiere estructura especiales y solamente se necesita un acabado de sus paredes y fondo. La conducción revestida con piedras y cemento (emboquillado) resulta económica dado que se valorizó bajo la condición de utilizar piedras naturales existentes en el sector; pero el costo de faena, comparativamente resulta más elevado por el alto requerimiento de mano de obra que se necesita. En el caso de losetas de concreto, el costo de la faena de construcción es excepcionalmente bajo, porque la eficiencia de instalación que se logra es alta.

Comparativamente, el mayor costo lo presenta las conducciones revestidas con hormigón armado, incidiendo en gran medida el costo de los materiales. Su gran ventaja radica en la resistencia de la estructura.

Figura 7 ANÁLISIS DE COSTO DE MATERIAL, COSTO DE LA FAENA Y TOTAL DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE CONDUCCIÓN (POR 1 KM DE LARGO)



TIPO	COSTO MATERIAL (con IVA)		COSTO EN LA FAENA (con IVA)		COSTO TOTAL (con IVA)
TUBO POLIETILENO	\$ 15.776.935	73,2%	\$ 5.774.607	26,8%	\$ 21.551.542
TUBO P.V.C.	\$ 12.540.379	74,4%	\$ 4.317.712	25,6%	\$ 16.858.091
TUBO CONCRETO	\$ 6.805.593	32,1%	\$ 14.395.729	67,9%	\$ 21.201.322
PIEDRA CON CEMENTO	\$ 4.760.304	37,8%	\$ 7.873.461	62,2%	\$ 12.653.765
LOSETA	\$ 15.206.337	81,6%	\$ 3.438.440	18,4%	\$ 18.644.776
HORMIGÓN ARMADO	\$ 19.868.380	61,4%	\$ 12.514.876	38,6%	\$ 32.383.255
EXCAVADO EN TIERRA SIN REVESTIMIENTO	\$ 0	0,0%	\$ 1.270.052	100,0%	\$ 1.270.052

Cuadro 7. ANÁLISIS DETALLANDO DEL COSTO TOTAL DE CADA TIPO DE CONDUCCIÓN PARA 1 KM DE LARGO

GRUPO	TIPO	SECCIÓN DEL COSTO	PARTE	COSTO CADA PARTE (sin IVA)	COSTO SUBTOTAL (con IVA)	COSTO TOTAL (con IVA)
TUBERIA	TUBO POLIETILENO	MATERIAL	TUBOS ₂	\$ 7.930.000	\$ 15.776.935	\$ 21.551.542
			OTROS	\$ 5.440.284		
		FAENA*1	BÁSICO EN EL SUELO ₃	\$ 2.808.750		
			EN COLOCACIÓN	\$ 1.659.985		
	TUBO P.V.C.	MATERIAL	TUBOS ₂	\$ 4.988.274	\$ 12.540.379	\$ 16.858.091
			OTROS	\$ 5.639.166		
		FAENA*1	BÁSICO EN EL SUELO ₃	\$ 2.885.000		
			EN COLOCACIÓN	\$ 349.078		
	TUBO CONCRETO	MATERIAL	TUBOS ₂	\$ 4.783.980	\$ 6.805.593	\$ 21.201.322
			OTROS	\$ 983.472		
		FAENA ₁	BÁSICO EN EL SUELO ₃	\$ 2.030.340		
			EN COLOCACIÓN	\$ 9.762.875		
CANAL REVESTIDO	PIEDRA CON CEMENTO	MATERIAL	REVESTIMIENTO	\$ 2.204.235	\$ 4.780.304	\$ 12.653.765
			OTROS	\$ 1.846.871		
		FAENA ₁	BÁSICO EN EL SUELO ₃	\$ 937.106		
			EN REVESTIMIENTO	\$ 5.735.319		
	LOSETA	MATERIAL	REVESTIMIENTO	\$ 11.214.453	\$ 15.206.337	\$ 18.644.777
			OTROS	\$ 1.672.274		
		FAENA ₁	BÁSICO EN EL SUELO ₃	\$ 688.673		
			EN REVESTIMIENTO	\$ 2.225.260		
	HORMIGON ARMADO	MATERIAL	REVESTIMIENTO	\$ 10.621.488	\$ 19.868.380	\$ 32.383.256
			OTROS	\$ 6.216.123		
		FAENA ₁	BÁSICO EN EL SUELO ₃	\$ 2.021.438		
			EN REVESTIMIENTO	\$ 8.405.500		
CANAL EXCAVADO SIN REVESTIMIENTO	MATERIAL	REVESTIMIENTO	\$ 0	\$ 0	\$ 1.270.052	
		OTROS	\$ 0			
	FAENA ₁	BÁSICO EN EL SUELO ₃	\$ 513.315			
		EN REVESTIMIENTO	\$ 0			
			TERMINACIÓN ₄	\$ 563.000		

Nota:

*1 : Mano de obra y maquinaria.

*2 : Incluido las necesidades para la instalación.

*3 : Indica las faenas antes de instalar tubos o revestimientos (excavación, encamado y compactación).

*4 : Indica las faenas después de instalar tubos o revestimientos (relleno y compactación).

4.4.- Duración y mantención

En el **Cuadro 8** se presentan, en forma comparativa, los principales problemas de mantención y duración para cada tipo de canal.

El canal construido en hormigón armado emplazado resulta ser el mejor entre todos en cuanto a mantención y duración se refiere. Por el contrario, el peor es el canal excavado sin cimbrado, porque se requiere bastante mano de obra para eliminar vegetaciones o sedimentación y necesita reparación frecuente por problemas de erosión.

El canal revestido con losetas o con piedras y concreto, tiene menor costo de reparación que el canal excavado en tierra sin cimbrado, pero cuando se le compara con la conducción en tuberías u hormigón armado emplazado, los costos son mayores. Sin embargo, la duración de las losetas y del canal de piedras y concreto va a variar mucho según sea la calidad de la obra y de la condición del suelo donde se construya.

El canal revestido en hormigón armado emplazado tiene la ventaja de no sufrir daños por temblores, pero es muy difícil de cambiarlo o adicionarle otro revestimiento.

En el caso de tuberías se tiene la preocupación de roturas por temblores, especialmente las tuberías de concreto, lo cual es muy difícil que diagnosticar, dado que su instalación es bajo tierra.

Generalmente, el tipo de canal en hormigón armado emplazado tiene una duración mayor de 60 años; el tipo de canal emboquillado, aproximadamente 8 años y las tuberías 50 años.

Cuadro 8 MANTENCIÓN Y DURACIÓN DE CADA TIPO DE CONDUCCIÓN

GRUPO	MATERIAL	MANTENCIÓN GENERAL	REPARACIÓN NECESARIA	DURACIÓN O RESISTENCIA	PROBLEMAS TÉCNICOS PRINCIPALES
TUBERIA	POLIETILENO	A	B	B	Quiebre de tubo o rotura por terremoto.
	P.V.C.	A	B	B	Quiebre de tubo o rotura por terremoto.
	CONCRETO	A	B	A	Fuga agua en unión.
CANAL REVESTIDO	PIEDRAS CON CEMENTO	C	C	C	Reducción paulatina del revestimiento y posterior fuga de agua.
	LOSETA	B	B	B	Fuga de agua desde la unión o fondo.
	HORMIGÓN ARMADO	B	A	A	Suplemento o cambio es muy difícil.
CANAL EXCAVACION REVESTIMIENTO	EXCAVADO	D	D	D	Frondosidad de vegetación. Consumo de agua por vegetaciones. Ensanche de la orilla y excavación del fondo del canal por erosión.

Nota :

[Mantención general] A = Casi no necesita, B = Se necesita poca, C = Se necesita alguna, D = Se necesita bastante.

[Necesidad de Reparación] A = Muy fácil, B = Fácil, C = No muy fácil, D = Difícil.

[Duración, Resistencia] A = Alta, B = Buena, C = No muy alta, D = Poca.

4.5. Conclusiones

Como conclusión de este análisis económico comparativo entre distintas alternativas de conducción de agua se presenta la **Figura 8**, en la cual se comparan en forma simple los costos de construcción v/s los costos de mantenimiento + duración.

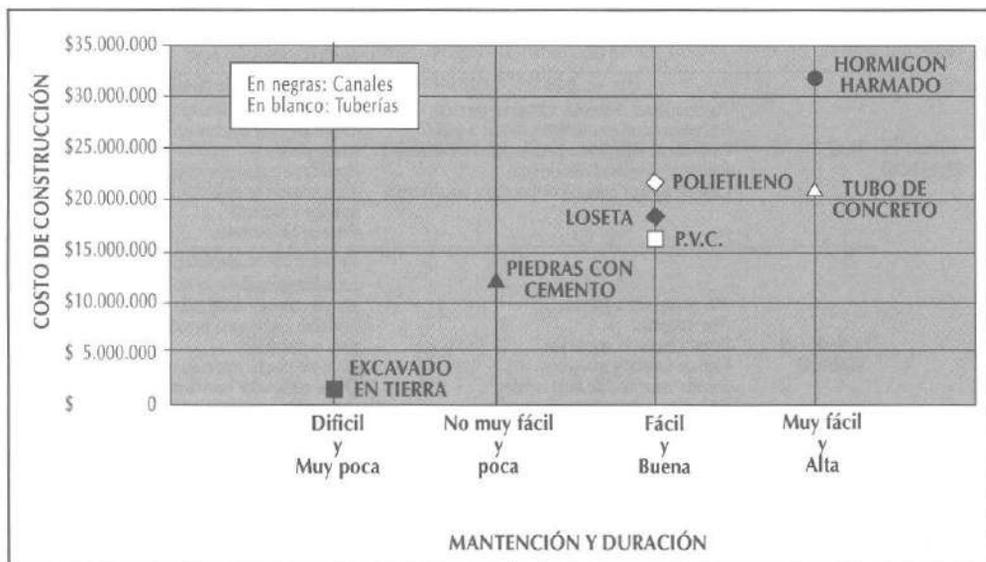
De esta figura se desprende que la conducción utilizando tuberías de P.V.C. es más económica, para las condiciones de este estudio en particular, dado que la relación entre costo de construcción y mantenimiento + duración es proporcionalmente más equilibrada que las conducciones tipo canales abiertos. Igualmente, la relación es mejor si se compara con las otras conducciones en tuberías, por el menor costo que tiene la construcción en P.V.C..

En resumen, como se trata de elegir entre varios tipos de conducciones y tal como se señaló anteriormente, hay que tomar en cuenta las condiciones locales de construcción. En el **Cuadro 9** se señala algunos puntos de ventaja y desventaja para la selección del tipo de conducción y los tipos de conducciones que se puede elegir en cada situación.

En el caso de canal abierto se elegirá uno u otro tipo de canal de acuerdo a la situación

económica, porque la relación entre costo de construcción v/s mantenimiento + duración es directamente proporcional. En el caso de tuberías, el tipo de conducción de P.V.C. es el más económico entre los tres tipos de tuberías estudiadas, para las condiciones de este estudio en particular.

Figura 8 RELACIÓN ENTRE COSTO DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENCIÓN - DURACION PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CONDUCCIÓN (COSTO PARA 1KM)



Cuadro 9 TIPOS DE CONDUCCIÓN Y COSTOS

GRUPO	MATERIAL	PRINCIPALES VENTAJAS TÉCNICAS	PRINCIPALES DESVENTAJAS TÉCNICAS	PRECIO UNITARIO
	POLIETILENO	<ul style="list-style-type: none"> -Material de poco peso (liviano). -No hay pérdida de agua en la conducción. -No hay posibilidad de entrada de piedras y basuras. -No hay desarrollo ni crecimiento algas. -Se puede trabajar en diámetros hasta 3m. -No hay obstáculos para labores superficiales cuando se instalan bajo el suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Se requiere soldadura especial. -Se requiere ordenes de materiales a Santiago. 	\$21.552 / m
TUBERIA	P.V.C.	<ul style="list-style-type: none"> -Disponible en proveedores locales. -Materiales muy livianos y fácil instalación. -No hay pérdida de agua en la conducción. -No hay posibilidad de entrada de piedras y basuras. -No hay desarrollo ni crecimiento algas. -No hay obstáculos para labores superficiales cuando se instalan bajo el suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponible hasta 500mm de diámetro. -No tiene resistencia para golpes externos. -Se debe protegerlo de rayos del sol. -La instalación debe ser cuidadosa. 	\$16.858 / m
	CONCRETO	<ul style="list-style-type: none"> -Alta resistencia a golpes y cargas externas. -Alta resistencia climática. -Casi no hay pérdidas de agua por conducción. -No hay posibilidad de entrada de piedras y basuras. -No hay desarrollo ni crecimiento algas. -No hay obstáculos para labores superficiales cuando se instalan bajo el suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Se necesita maquinaria pesada, para su inatallación -El trabajo de unión es complicada. -Se requiere cama bien estabilizada. 	\$21.201 / m
	PIEDRAS CON CEMENTO	<ul style="list-style-type: none"> -Se puede utilizar materiales naturales disponible localmente (costo bajo). -Fácil de agregar nuevas compuertas y bocatomas. -Puede conducir grandes caudals. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere fuerte apoyo en cimiento para mantener su estructura. -Requiere mucha mano de obras y poco rendimiento. -No es fácil controlar la calidad de la obra. -No soporta alta velocidad de flujo. -Sensible al daño por temblores. -Pérdidas de agua por evaporación. -Fácil entrada de obstáculos (piedras y basuras). 	\$12.654 / m
CANAL REVESTIDO	LOSETA	<ul style="list-style-type: none"> -Puede adoptar diferentes formas de sección. -Se comercializa en diferentes formas a pedido. -No nesecita maquinaria pesada para su instalación. -Resiste altas velocidades de flujo. -Fácil de agregar nuevas compuertas y bocatomas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere ferte apoyo en cimiento para mantener su estructura. -Difícil prevenir quiebre entre loseta y base. -Pérdida de auga por evaporación. -Fácil entrada de obstáculos (piedras y basuras). -Posibles filtraciones. 	\$18.645 / m
	HORMIGON ARMADO	<ul style="list-style-type: none"> -Alta resistencia a golpes. -Alta duración. -Riberas libres de vegetación. -Fácil de limpiar y mantener. -Soporta velocidad de flujo rapidas. -Resistente al daño de emblores. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere diseño apropiado. -La mantención debe se realizada por personal especializada. -Requiere maquinaria pesada para la instalación. -Requiere mucha mano de obra. -Difícil adicionar nuevas bocatomas y compta. -Pérdidas de agua por evaporación. -Fácil entrada de obstáculos (piedras y basuras). 	\$32.383 / m
CANAL EXCAVACION SIN REVESTIMIENTO	EXCAVADO EN TIERRA	<ul style="list-style-type: none"> -Bajo costo. -Fácil de construir. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere mucha mantención. -Exceso de vegetación en las riberas. -Consumo de agua por vegetación. -Pérdida de sección regular por erosión. -Fácil entrada de obstáculos (piedras y basuras). 	\$1.270 / m

5. BIBLIOGRAFIA

1. Vinilit. Catálogos comerciales.
2. TEHMCO. Catálogos comerciales.
3. Makro Grau. Catálogos comerciales.
4. HASBUN. Catálogos comerciales.
5. Julian Aguirre PE. 1974. Hidráulica de canales.
6. Israelsen, O. Hansen, V. 1965, Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverté. Barcelona, España. 396 p.
7. Departamento de mejoramiento estructuras del ministerio agricultura, forestal y pesca del Japón. 1986. Guía técnica para diseño de la conducción.
8. Romero, Jorge. 1999. Comunicación personal, Proyectos presentados a ley 18.450.
9. Aguilar, Francisco. 1999. Comunicación personal, Proyectos presentados a ley 18.450.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las Empresas TEHMCO S.A., HASBUN S.A., MAKRO GRAU S.A., SIKA S.A., DURATEC-VINILIT S.A. y BLOQUES ROMERAL S.A. por su gentileza en el envío de cotizaciones de materiales.

Al Sr. Francisco Aguilar Galleguillos, Ingeniero Civil Mecánico, de Construcciones y Riego Ltda., al Sr. Jorge Romero Navea, Ingeniero Agrónomo, de Ribera Sur del Limarí Ltda., Sra. Mirtha Meléndez Rojas, Ingeniero Constructor, Directora Regional de Obras Hidráulicas Región de Coquimbo, al Sr. Kazuhiko YAGI, Ph.D. y Sr. Michihiko SAKAKI, Instructores de Centro Entrenamiento Tsukuba de JICA, por el asesoramiento prestado.

Mis más sinceros agradecimientos a todos ellos por su apoyo y colaboración en la elaboración de este documento.

El Autor.

ANEXO 1
RESULTADO DEL CÁLCULO HIDRAÚLICO

RESULTADO DEL CÁLCULO HIDRÁULICO (PARA CAUDAL DE 100L/S PENDIENTE 3/1000)

TUBERÍAS									
TIPO	CONDICIONES	h (m)	Aa (m ²)	S (m)	R =Aa/S	V (m/s)	Q (m ³ /s)	Di (m)	Tamaño de material
TUBERÍA DE POLIETILENO	Di : h = 1 : 0,75 n = 0,009	0,267	0,0801	0,746	0,1074	1,238	0,0991	0,343	0,355 * (en De) PECC PN-2,5
TUBERÍA DE P.V.C.	Di : h = 1 : 0,75 n = 0,010	0,257	0,0742	0,718	0,1034	1,341	0,0995	0,356	0,400 (en De) Clase 2,5
TUBERÍA DE CONCRETO	Di : h = 1 : 0,75 n = 0,016	0,311	0,1086	0,869	0,1251	0,913	0,0992	0,415	0,450 (en Di)
CANAL ABIERTO									
TIPO	CONDICIONES	h (m)	b (m)	A (m ²)	S (m)	R = A/S	V (m/s)	Q (m ³ /s)	hc (m)
PIEDRAS CON CEMENTO	b = h + tanθ/2 θ = 45° n = 0,025	0,278	0,304	0,1617	1,090	0,1484	0,614	0,0993	0,37
LOSETA	b = h + tanθ/2 θ = aprox. 63,4° n = 0,016	0,339	0,173	0,1161	0,931	0,1247	0,855	0,0993	0,45
HORMICÓN ARMADO	b = h θ = 90° n = 0,016	0,749	0,349	0,1218	1,047	0,1163	0,816	0,0994	0,47
EXCAVADO EN TIERRA	b = h + tanθ/2 θ = aprox. 33,7° n = 0,035	0,255	0,475	0,2187	1,395	0,1568	0,455	0,0995	0,34

Nota:

h : Profundidad o altura del agua.

Aa : Área seccional del agua en tuberías.

S : Longitud del perímetro mojado.

R : Radio hidráulico.

V : Velocidad del agua.

Q : Cantidad del agua.

Di : Diámetro interior de tuberías.

b : Longitud del fondo de canal.

A : Área seccional del agua en canal abierto.

hc : Profundidad de canal (incluido borde libre).

De : Diámetro exterior de tuberías.

θ : Angulo del muro.

n : Coeficiente de Manning.

*. Se consideran borde libre de tubería de plietileno un poco menos de 25% de su diámetro de tubería.

ANEXO 2

DISEÑO DE LA CONDUCCIÓN Y CÁLCULO DEL COSTO

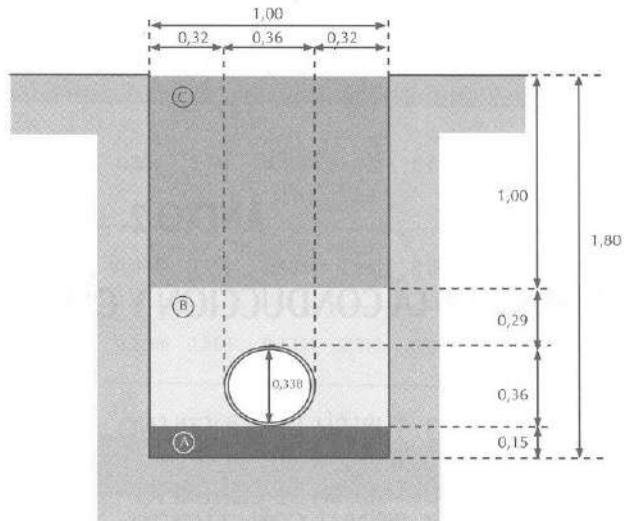
1. TUBERÍA DE POLIETILENO
2. TUBERÍA DE P.V.C.
3. TUBERÍA DE CONCRETO
4. PIEDRAS CON CEMENTO
5. LOSETA
6. HORMIGÓN ARMADO
7. EXCAVADO EN TIERRA SIN REVESTIMIENTO

NOTA

El objetivo de este estudio es comparar los costos entre varios tipos de conducción. Los costos reales son superiores, porque se necesita incluir estudios de prefactibilidad, diseño, costos generales, topografía, habilitación del terreno, administración general, etc.,. Aquí, sólo se considera costos directos.

TUBERÍA DE POLIETILENO

DISEÑO



Nota : Valores indican medidas de metros.

[ÁREA DE EXCAVACION]
 $A+B+C: 1,80 \times 1,00 = 1,80 \text{ M}^2$

[ÁREA DE ENCAMADO]
 $A: 0,15 \times 1,00 = 0,150 \text{ M}^2$

[ÁREA DE ESTABILIZADO]
 $B: (0,36+0,29) \times 1,00 - 0,36^2 \times \pi / 4 = 0,65 - 0,1018 = 0,5482 \text{ M}^2$

[ÁREA DE RELLENO]
 $C: 1,00 \times 1,00 = 1,00 \text{ M}^2$

TUBERÍA DE POLIETILENO

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACIÓN				
RETROEXCAVADORA	H	0,150	\$10.000	\$ 1.500
JORNAL	H/D	0,005	\$5.000	\$ 25
				\$ 1.525 /M3
ENCAMADO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$5.000	\$ 225
ARENA ₁	M3	1,250	\$6.000	\$ 7.500
AGUA	M3	0,080	\$1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$5.000	\$ 200
				\$ 8.045 / M3
COLOCACIÓN DE TUBOS				
TUBOS PECC (D=0.355MTS,PN=2.5) ₂	M	1,000	\$7.930	\$ 7.930
SERVICIO SOLDADURA ₃	M	1,000	\$1.375	\$ 1.375
JORNAL (Ayudante)	H/D	0,010	\$5.000	\$ 52
				\$ 9.357 / M
ESTABILIZADO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$5.000	\$ 225
ARENA ₁	M3	1,250	\$6.000	\$ 7.500
AGUA ₁	M3	0,080	\$1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$5.000	\$ 200
				\$ 8.045 / M3
RELLENO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$5.000	\$ 225
AGUA	M3	0,080	\$1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$5.000	\$ 200
				\$ 545 / M3

Nota:

*1 : Supone 25% de compactación de aridos en la faena.

*2 : Incluido flete desde Santiago hasta Ovalle.

*3 : Se soldan 8 uniones de tubería de 12m por día, por lo tanto, se puede colocar una tubería 96m por día.

TUBERÍA DE POLIETILENO

COSTO DIRECTO TOTAL (En 1000 metros lineales de construcción)				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	1800,0	\$ 2.745.000
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	150,0	\$ 1.206.750
COLOCACIÓN TUBOS	M	\$ 9.357	1000,0	\$ 9.357.000
ESTABILIZADO	M3	\$ 8.045	548,2	\$ 4.410.269
RELLENO	M3	\$ 545	1000,0	\$ 545.000
SUB TOTAL				\$ 18.264.019
IVA	%		18	\$ 3.287.523
COSTO DIRECTO (POR 1000 metros)				\$ 21.551.542
COSTO DIRECTO METRO LINEAL				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	1,80	\$ 2.745
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	0,15	\$ 1.207
COLOCACIÓN TUBOS	M	\$ 9.357	1,00	\$ 9.357
ESTABILIZADO	M3	\$ 8.045	0,5482	\$ 4.410
RELLENO	M3	\$ 545	1,00	\$ 545
SUB TOTAL				\$ 18.264
IVA	%		18	\$ 3.288
COSTO DIRECTO METRO LINEAL				\$ 21.552

Nota :

Pueden incluirse otros costos en el costo directo, según corresponda, ellos son: costo para diseño (aprox. 5-10%), gastos generales e imprevistos (aprox. 10%), utilidad del contratista (aprox. 20-30%).

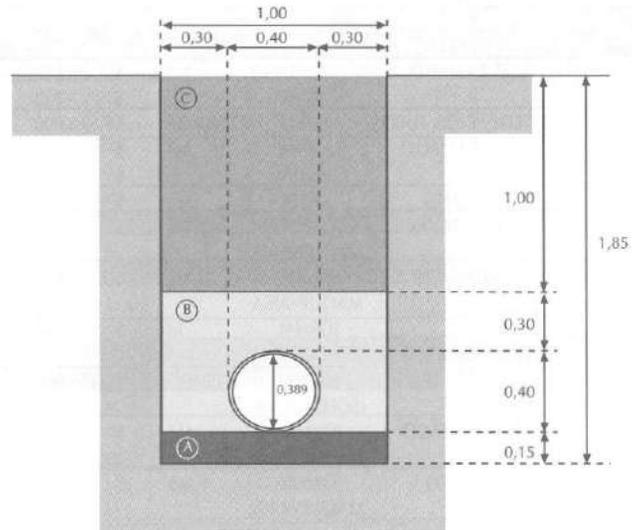
TUBERÍA DE POLIETILENO

ANÁLISIS COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						
SECCION DEL COSTO	PARTE	ITEM	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
MATERIAL	ENCAMADO	ARENA	M3	\$ 7.500	150	\$1.125.000
		AGUA		\$ 120		\$ 18.000
	COLOCACIÓN TUBOS ESTABILIZADO	TUBO	1000MTS	\$7.930.000	1	\$7.930.000
		ARENA	M3	\$ 7.500	548,2	\$4.111.500
		AGUA		\$ 120		\$ 65.784
		RELLENO	AGUA	M3	\$ 120	1000
FAENA	EXCAVACIÓN	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 1.525	1800	\$2.745.000
	ENCAMADO	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 425	150	\$ 63.750
	COLOCACIÓN TUBOS (COLOCACIÓN)	JORNAL	M	\$ 52	1000	\$ 52.000
		JORNAL (SOLDADURA)	1000MTS	\$1.375.000	1	\$1.375.000
	ESTABILIZADO	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 425	548,2	\$ 232.985
	RELLENO	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 425	1000	\$ 425.000
						SUB TOTAL
					IVA (18%)	\$ 3.287.523
					COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)	\$21.551.542

PARTE	NETO	IVA	SUB TOTAL	%
COSTO MATERIAL	\$ 13.370.284	\$ 2.406.651	\$ 15.776.935	73,2%
COSTO FAENA	\$ 4.893.735	\$ 880.872	\$ 5.774.607	26,8%
TOTAL			\$ 21.551.542	

TUBERÍA DE P.V.C.

DISEÑO



Nota : Los valores indican medidas en metros.

[ÁREA DE EXCAVACIÓN]

$$A+B+C: 1,85 \times 1,00 = \underline{1,85 \text{ M}^2}$$

[ÁREA DE ENCAMADO]

$$A: 0,15 \times 1,00 = \underline{0,150 \text{ M}^2}$$

[ÁREA DE ESTABILIZADO]

$$B: (0,40+0,30) \times 1,00 - 0,40^2 \times \pi / 4 = 0,70 - 0,1257 = \underline{0,5743 \text{ M}^2}$$

[ÁREA DE RELLENO]

$$C: 1,00 \times 1,00 = \underline{1,00 \text{ M}^2}$$

TUBERÍA DE P.V.C.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACIÓN				
RETROEXCAVADORA	H	0,150	\$ 10.000	\$ 1.500
JORNAL	H/D	0,005	\$ 5.000	\$ 25
				\$ 1.525 / M3
ENCAMADO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$ 5.000	\$ 225
ARENA ₁	M3	1,250	\$ 6.000	\$ 7.500
AGUA	M3	0,080	\$ 1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$ 5.000	\$ 200
				\$ 8.045 / M3
COLOCACIÓN TUBOS				
TUBOS (D=0.40MTS,CLASE2.5)	TIRA	0,167	\$ 29.813	\$ 4.978,7
LUBRICANTE 500	CAJA	0,007	\$ 657	\$ 4,6
ADHESIVO VINILIT 250CC	CAJA	0,004	\$ 1.226	\$ 4,9
JORNAL ₂	H/D	0,021	\$ 5.000	\$ 105
				\$ 5.093,2 / M
ESTABILIZADO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$ 5.000	\$ 225
ARENA ₁	M3	1,250	\$ 6.000	\$ 7.500
AGUA	M3	0,080	\$ 1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$ 5.000	\$ 200
				\$ 8.045 / M3
RELLENO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$ 5.000	\$ 225
AGUA	M3	0,080	\$ 1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$ 5.000	\$ 200
				\$ 545 / M3

Nota:

*1 : Supone 25% de compactarse de aridos en la faena.

*2 : Se instalan 16 tubos con dos operarios en un día.

TUBERÍA DE P.V.C.

COSTO DIRECTO TOTAL (En 1000MTS lineales de construcción)				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	1850	\$ 2.821.250
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	150	\$ 1.206.750
COLOCACIÓN TUBOS	M	\$ 5.093	1000	\$ 5.093.274
ESTABILIZADO	M3	\$ 8.045	574,3	\$ 4.620.244
RELLENO	M3	\$ 545	1000	\$ 545.000
SUB TOTAL				\$ 14.286.518
IVA	%		18	\$ 2.571.573
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)				\$ 16.858.091
COSTO DIRECTO METROLINEAL				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	1,85	\$ 2.821
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	0,15	\$ 1.207
COLOCACIÓN TUBOS	M	\$ 5.093	1,00	\$ 5.093
ESTABILIZADO	M3	\$ 8.045	0,5743	\$ 4.620
RELLENO	M3	\$ 545	1,00	\$ 545
SUB TOTAL				\$ 14.287
IVA	%		18	\$ 2.572
COSTO DIRECTO METROLINEAL				\$ 16.858

Nota :

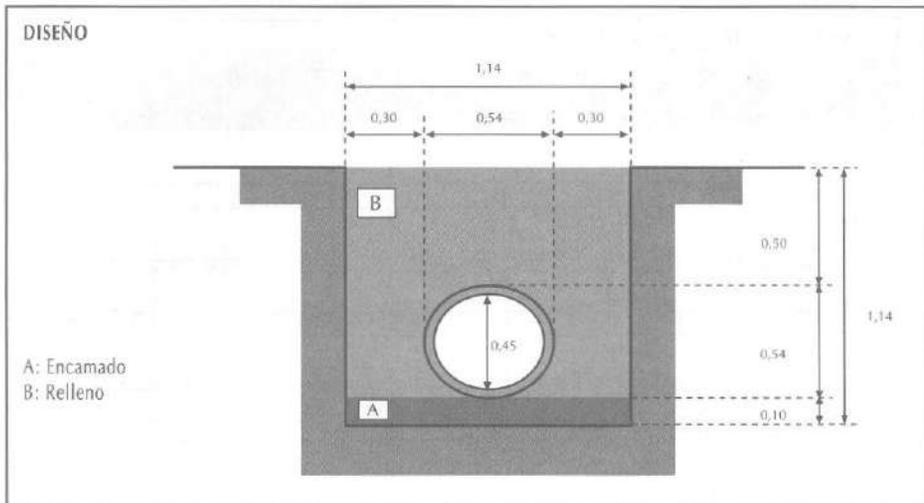
Generalmente, se requiere otros costos según costo directo, ellos son como; costo para diseño (aprox. 5-10%), gastos generales e imprevistos (aprox. 5-10%), utilidad del contratista (aprox. 20-30%).

TUBERÍA DE P.V.C.

ANALISIS COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						
SECCION DEL COSTO	PARTE	ITEM	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
MATERIAL	ENCAMADO	ARENA	M3	\$ 7.500	150	\$ 1.125.000
		AGUA		\$ 120		\$ 18.000
	COLOCACION TUBOS	TUBO	TIRA	\$ 29.813	167	\$ 4.978.771
		LUBURICANTE	CAJA	\$ 657	7	\$ 4.599
		ADHESIVO		\$ 1.226	4	\$ 4.904
	ESTABILIZADO	ARENA	M3	\$ 7.500	574,3	\$ 4.307.250
		AGUA		\$ 120		\$ 68.916
	RELLENO	AGUA	M3	\$ 120	100	\$ 120.000
FAENA	EXCAVACION	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 1.525	1850	\$ 2.821.250
	ENCAMADO	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 425	150	\$ 63.750
	COLOCACION TUBOS	JORNAL	M	\$ 105	1000	\$ 105.000
	ESTABILIZADO	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 425	574,3	\$ 244.078
		RELLENO	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 425	1000
						SUB TOTAL
					IVA (18%)	\$ 2.571.573
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						\$ 16.858.091

PARTE	NETO	IVA	SUB-TOTAL	%
COSTO MATERIAL	\$ 10.627.440	\$ 1.912.939	\$ 12.540.379	74,4%
COSTO FAENA	\$ 3.659.078	\$ 658.634	\$ 4.317.711	25,6%
TOTAL			\$ 16.858.091	

TUBERÍA DE CONCRETO



Nota : Valores indican medidas de metros.

[AREA DE EXCAVACION]

$$A+B: 1,14 \times 1,14 = \underline{1,2996 \text{ M}^2}$$

[AREA DE ENCAMADO]

$$A: 0,10 \times 1,14 = \underline{0,1140 \text{ M}^2}$$

[AREA DE JUNTAR CON MORTERO 1:3]

Parte fuera

$$\{(3,14 \times 0,65^2) / 4 - (3,14 \times 0,54^2) / 4\} \times 0,05 / 2 = (0,3318 - 0,2290) \times 0,025 = 0,00257 \text{ M}^2$$

Parte dentro

$$\{(3,14 \times 0,50^2) / 4 - (3,14 \times 0,45^2) / 4\} \times 0,02 = (0,1963 - 0,1590) \times 0,02 = 0,00746 \text{ M}^2$$

$$\text{Total} = 0,00257 + 0,00746 = \underline{0,0103 \text{ M}^2}$$

[AREA DE RELLENO]

$$B: (0,54 + 0,50) \times 1,14 - 0,54^2 \times \pi / 4 = 1,1856 - 0,2290 = \underline{0,9566 \text{ M}^2}$$

TUBERIA DE CONCRETO

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACION				
RETROEXCAVADORA	H	0,150	\$ 10.000	\$ 1.500
JORNAL	H/D	0,005	\$ 5.000	\$ 25
				\$ 1.525 / M3
ENCAMADO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$ 5.000	\$ 225
ARIDO ₁	M3	1,250	\$ 6.000	\$ 7.500
AGUA	M3	0,080	\$ 1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$ 5.000	\$ 200
				\$ 8.045 / M3
COLOCACION TUBOS				
TUBOS (Di = 0.45MT,L = 1.0MT)	TIRA	1,000	\$ 4.407	\$ 4.407
BETONERA Y EQUIPO ₂	H	2,500	\$ 3.500	\$ 8.750
JORNAL ₃	H/D	0,100	\$ 5.000	\$ 500
				\$ 13.657 / M
MORTERO 1:3				
CEMENTO	SACOS	10	\$ 3.000	\$ 30.000
ARENA	M3	1,000	\$ 6.000	\$ 6.000
AGUA	M3	0,400	\$ 1.500	\$ 600
JORNAL	H/D	0,250	\$ 5.000	\$ 1.250
				\$ 37.850 / M3
CONEXION TUBOS CON MORTERO 1:3				
MORTERO 1:3	M3	0,0103	\$ 37.850	\$ 389,9
JORNAL ₄	H/D	0,100	\$ 5.000	\$ 500
				\$ 889,9 / N°
RELLENO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$ 5.000	\$ 225
AGUA	M3	0,080	\$ 1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$ 5.000	\$ 200
				\$ 545 / M3

Nota:

- *1 : Supone 25% de compactarse de aridos en la faena.
- *2 : Se usa 15 minutos de maquinaria para instalar 1 tubos.
- *3 : Se colocan 10 tubos en un día por una persona.
- *4 : Se puede juntar 10 partes en un día por una persona.

TUBERIA DE CONCRETO

COSTO DIRECTO TOTAL (En 1000MTS lineales de construcción)				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	1.299,6	\$ 1.981.890
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	114	\$ 917.130
COLOCACIÓN TUBOS	M	\$ 13.657	1.000	\$ 13.657.000
CONEXIÓN TUBOS	Nº	\$ 889,9	1.000	\$ 889.855
RELLENO	M3	\$ 545	956,6	\$ 521.347
SUB TOTAL				\$ 17.967.222
IVA	%		18	\$ 3.234.100
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)				\$ 21.201.322
COSTO DIRECTO METROLINEAL				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	1,2996	\$ 1.982
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	0,114	\$ 917
COLOCACIÓN TUBOS	M	\$ 13.657	1,00	\$ 13.657
CONEXIÓN TUBOS	Nº	\$ 889,9	1,00	\$ 890
RELLENO	M3	\$ 545	0,9566	\$ 521
SUB TOTAL				\$ 17.967
IVA	%		18	\$ 3.234
COSTO DIRECTO METROLINEAL				\$ 21.201

Nota :

Generalmente, se requiere otros costos según costo directo, ellos son como; costo para diseño (aprox. 5-10%), gastos generales e imprevistos (aprox. 5-10%), utilidad del contratista (aprox. 20-30%).

TUBERIA DE CONCRETO

ANALISIS COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						
SECCION DEL COSTO	PARTE	ITEM	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
MATERIAL	ENCAMADO	ARIDOS	M3	\$ 7.500	114	\$ 855.000
		AGUA		\$ 120		\$ 13.680
	COLOCACIÓN TUBOS	TUBO	TIRA	\$ 4.407	1000	\$ 4.407.000
	CONEXIÓN TUBOS	CEMENTO		\$ 30.000		\$ 309.000
		ARENA	M3	\$ 6.000	10,3	\$ 61.800
		AGUA		\$ 600		\$ 6.180
	RELLENO	AGUA	M3	\$ 120	956,6	\$ 114.792
FAENA	EXCAVACIÓN	JORNAL,				
		MAQUINARIA	M3	\$ 1.525	1299,6	\$ 1.981.890
	ENCAMADO	JORNAL,				
		MAQUINARIA	M3	\$ 425	114	\$ 48.450
	COLOCACIÓN TUBOS	JORNAL,				
	MAQUINARIA	M	\$ 9.250	1000	\$ 9.250.000	
	CONEXIÓN TUBOS	(MORTERO)	M3	\$ 1.250	10,3	\$ 12.875
		JORNAL (CONEXION)	Nº	\$ 500	1000	\$ 500.000
RELLENO	JORNAL,					
MAQUINARIA	M3	\$ 425	956,6	\$ 406.555		
					SUB TOTAL	\$ 17.967.222
					IVA (18%)	\$ 3.234.100
					COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)	\$ 21.201.322

PARTE	NETO	IVA	SUB TOTAL	%
COSTO MATERIAL	\$ 5.767.452	\$ 1.038.141	\$ 6.805.593	32,1%
COSTO FAENA	\$ 12.199.770	\$ 2.195.959	\$ 14.395.729	67,9%
			TOTAL	\$ 21.201.322

PIEDRAS CON CEMENTO

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACIÓN				
RETROEXCAVADORA	H	0,150	\$ 10.000	\$ 1.500
JORNAL	H/D	0,005	\$ 5.000	\$ 25
				\$ 1.525 / M3
ENCAMADO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$ 5.000	\$ 225
AGUA	M3	0,080	\$ 1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$ 5.000	\$ 200
				\$ 545 / M3
MORTERO 1:3				
CEMENTO	SACOS	10	\$ 3.000	\$ 30.000
ARENA	M3	1,000	\$ 6.000	\$ 6.000
AGUA	M3	0,400	\$ 1.500	\$ 600
JORNAL	H/D	0,250	\$ 5.000	\$ 1.250
				\$ 37.850 / M3
PIEDRAS				
PIEDRAS ₁	M3	1,000	\$ 0	\$ 0
JORNAL ₂	H/D	0,900	\$ 5.000	\$ 4.500
				\$ 4.500 / M3

Nota:

*1 : Supone utilizar las piedras del mismo lugar.

*2 : Costo de selección y traslado.

PIEDRAS CON CEMENTO

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
PIEDRAS CON CEMENTO (M)				
PIEDRAS ₃	M3	0,181	\$ 4.500	\$ 813,0
MORTERO 1:3 ₁₃	M3	0,060	\$ 37.850	\$ 2.279,5
JORNAL ₄	H/D	0,625	\$ 5.000	\$ 3.125,0
				\$ 6.217,6 / M
MOLDAJE(M2)				
MADERA	PULG.	0,889	\$ 1.800	\$ 1.600,2
CLAVOS	KGS.	0,261	\$ 490	\$ 127,9
ALAMBRE N°14	KGS.	0,040	\$ 490	\$ 19,6
OM FABRICACIÓN	H/D	0,100	\$ 8.000	\$ 800,0
OM COLOCACIÓN	H/D	0,120	\$ 7.000	\$ 840,0
				\$ 3.387,7 / M2

Nota:

*3 : Proporción de piedras y cemento en el revestimiento son de 75% y de 25%.

*4 : Se hacen 0.2M de revestimiento en una hora por una persona.

PIEDRAS CON CEMENTO

COSTO DIRECTO TOTAL (En 1000MTS lineales de construcción)				
ITEM	UNIDAD	PRECIO		TOTAL
		UNITARIO	CANTIDAD	
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	587,1	\$ 895.328
ENCAMADO	M3	\$ 545	98,3	\$ 53.574
PIEDRA CON CEMENTO	M	\$ 6.217,6	1.000	\$ 6.217.554
MORDAJE	M2	\$ 3.387,7	1.050	\$ 3.557.075
SUB TOTAL				\$ 10.723.530
IVA	%		18	\$ 1.930.235
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)				\$ 12.653.765
COSTO DIRECTO METROLINEAL				
ITEM	UNIDAD	PRECIO		TOTAL
		UNITARIO	CANTIDAD	
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	0,5871	\$ 895
ENCAMADO	M3	\$ 545	0,0983	\$ 54
PIEDRA CON CEMENTO	M	\$ 6.217,6	1,00	\$ 6.218
MORDAJE	M2	\$ 3.387,7	1,05	\$ 3.557
SUB TOTAL				\$ 10.724
IVA	%		18	\$ 1.930
COSTO DIRECTO METROLINEAL				\$ 12.654

Nota :

Generalmente, se requiere otros costos según costo directo, ellos son como; costo para diseño (aprox. 5-10%), gastos generales e imprevistos (aprox. 5-10%), utilidad del contratista (aprox. 20-30%).

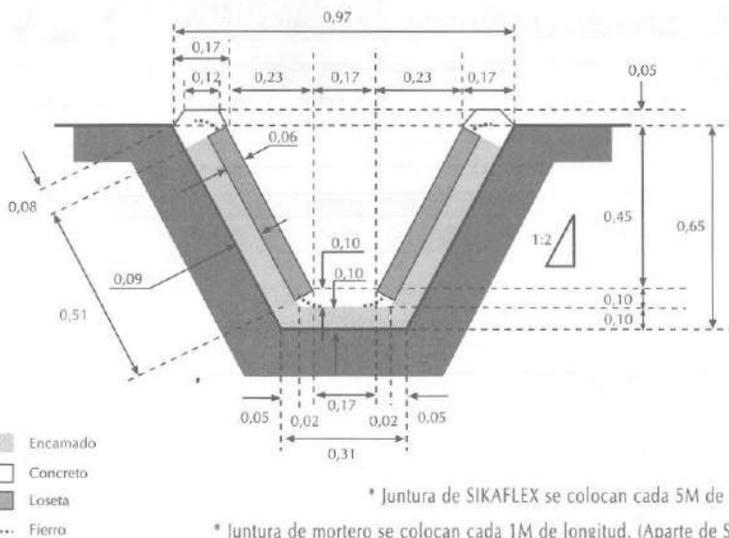
PIEDRAS CON CEMENTO

ANALISIS COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						
SECCION DEL COSTO	PARTE	ITEM	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
MATERIAL	ENCAMADO	AGUA	M3	\$ 120	98,3	\$ 11.796
	PIEDRAS CON CEMENTO	PIEDRAS		\$ 0	180,675	\$ 0
		CEMENTO	M3	\$ 30.000		\$ 1.806.750
		ARENA		\$ 6.000	60,225	\$ 361.350
		AGUA		\$ 600		\$ 36.135
	MOLDAJE	MADERA		\$ 1.600		\$ 1.680.210
		CRAVOS	M2	\$ 128	1050	\$ 134.285
ALAMBRE N°14			\$ 20		\$ 20.580	
FAENA	EXCAVACION	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 1.525	587,1	\$ 895.328
	ENCAMADO	JORNAL, MAQUINARIA	M3	\$ 425	98,3	\$ 41.778
		JORNAL (MORTERO)	M3	\$ 1.250	60,225	\$ 75.281
	PIEDRAS CON CEMENTO	JORNAL (PIEDRAS)	M3	\$ 4.500	180,675	\$ 813.038
		JORNAL (REVESTIMADO)	M	\$ 3.125	1.000	\$ 3.125.000
	MORDAJE	JORNAL	M2	\$ 1.640	1.050	\$ 1.722.000
						SUB TOTAL
					IVA (18%)	\$ 1.930.235
					COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)	\$ 12.653.765

PARTE	NETO	IVA	SUB TOTAL	%
COSTO MATERIAL	\$ 4.051.106	\$ 729.199	\$ 4.780.304	37,8%
COSTO FAENA	\$ 6.672.424	\$ 1.201.036	\$ 7.873.460	62,2%
TOTAL			\$ 12.653.765	

LOSETA

DISEÑO



Nota : Valores indican medidas de metros.

[AREA EXCAVACIÓN]

$$(0,97+0,31) \cdot (0,65) / 2 = 0,416 \text{ M}^2$$

[AREA ENCAMADO]

$$2 \cdot [(0,51+0,03) + (0,51+0,08) \cdot 0,09/2] + [(0,17+2 \cdot 0,02) + (0,31)] \cdot 0,10/2 = 0,1017 + 0,0260 = 0,1277 \text{ M}^2$$

[AREA DE CONCRETO (255KGS/M3)]

• PARTE ARRIBA

$$2 \cdot (0,08 \cdot 0,15/2) + 2 \cdot [(0,12+0,17) \cdot 0,05/2] = 0,0120 + 0,0145 = 0,0265 \text{ M}^2$$

• PARTE FONDO

$$[(0,17 + (2 \cdot 0,02 + 0,17)) \cdot 0,10/2 + 2 \cdot (0,03 \cdot 0,06/2)] = 0,0190 + 0,0018 = 0,0208 \text{ M}^2$$

$$\text{TOTAL} = 0,0473 \text{ M}^2$$

[VOLUMEN MORTERO EN JUNTARSE*1]

$$2 \cdot (0,51 \cdot 0,06 \cdot 0,01) = 0,000612 \text{ M}^3$$

[VOLUMEN SIKAFLEX]

$$2 \cdot [(51+8+12) \cdot 5] + 17 \cdot 10 \cdot 1 = (710+170) \cdot 1 = 880 \text{ CM}^3$$

Nota

*1: Se pone solamente al lado de loseta.

LOSETA

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL UNITARIO
EXCAVACION				
RETROEXCAVADORA	H	0,150	\$ 10.000	\$ 1.500
JORNAL	H/D	0,005	\$ 5.000	\$ 25
				\$ 1.525 / M3
ENCAMADO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$ 5.000	\$ 225
ARIDOS ^{*1}	M3	1,250	\$ 6.000	\$ 7.500
AGUA	M3	0,080	\$ 1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$ 5.000	\$ 200
				\$ 8.045 / M3
COLOCACION LOSETAS				
LOSETA (0.51*1.00MT CON FIERRO)	Nº	2	\$ 3.950	\$ 7.900
JORNAL ^{*2}	H/D	0,067	\$ 5.000	\$ 333
				\$ 8.233 / M
MORTERO 1:3				
CEMENTO	SACOS	10	\$ 3.000	\$ 30.000
ARENA	M3	1,000	\$ 6.000	\$ 6.000
AGUA	M3	0,400	\$ 1.500	\$ 600
JORNAL	H/D	0,250	\$ 5.000	\$ 1.250
				\$ 36.600 / M3

Nota:

*1 : Supone 25% de perdida de aridos en la faena.

*2 : Se colocan 15MTS de losetas con dos personas en un día.

LOSETA

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
JUNTAR CON MORTERERO 1:3				
MORTERO 1:3	M3	0,000612	\$ 36.600	\$ 22,4
JORNAL ₁	H/D	0,100	\$ 5.000	\$ 500
				\$ 522,4 / N°
SIKAFLEX 1A				
SIKAFLEX 1A (600CC)	CAJA	1,467	\$ 6.800	\$ 9.973
MAESTRO*2	H/D	0,050	\$ 7.000	\$ 350
				\$ 10.323 / N°
MOLDAJE(M2)				
MADERA	PULG.	0,889	\$ 1.800	\$ 1.600
CLAVOS	KGS.	0,261	\$ 490	\$ 128
ALAMBRE N°14	KGS.	0,040	\$ 490	\$ 20
OM FABRICACION	H/D	0,100	\$ 8.000	\$ 800
OM COLOCACION	H/D	0,120	\$ 7.000	\$ 840
				\$ 3.388 / M2
CONCRETO DE 255KGS/M3				
CEMENTO	SACOS	6,000	\$ 3.000	\$ 18.000
ARIDOS	M3	1,500	\$ 6.000	\$ 9.000
AGUA	M3	0,350	\$ 1.500	\$ 525
BETONERA Y EQUIPO	H/M3	1,000	\$ 3.500	\$ 3.500
CARRERAS	ML	1,000	\$ 100	\$ 100
CONCRETERO	H/D	1,800	\$ 7.000	\$ 12.600
				\$ 43.725 / M3

Nota:

*1 : Hacen 10 partes de lleno con una persona en un día.

*2 : Hace 20 partes de juntura con un maestro en un día.

LOSETA

COSTO DIRECTO TOTAL (En 1000MTS lineales de construcción)				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	416	\$ 634.400
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	127,7	\$ 1.027.347
COLOCACIÓN LOSETAS	M	\$ 8.233	1.000	\$ 8.233.000
JUNTAR CON MORTERO	Nº	\$ 522,4	800	\$ 417.920
JUNTAR CON SIKALEX	Nº	\$ 10.323	200	\$ 2.064.600
MOLDAJE,,	M2	\$ 3.388	400	\$ 1.355.200
CONCRETO (255KGS/M3)	M3	\$ 43.725	47,3	\$ 2.068.193
SUB TOTAL				\$ 15.800.659
IVA	%		18	\$ 2.844.119
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)				\$ 18.644.778
COSTO DIRECTO METROLINEAL				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	0,416	\$ 634
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	0,1277	\$ 1.027
COLOCACIÓN LOSETAS	M	\$ 8.233	1,00	\$ 8.233
JUNTAR CON MORTERO	Nº	\$ 522,4	0,8	\$ 418
JUNTAR CON SIKAFLEX	Nº	\$ 10.323	0,2	\$ 2.065
MOLDAJE*1	M2	\$ 3.388	0,4	\$ 1.355
CONCRETO (255KGS/M3)	M3	\$ 43.725	0,0473	\$ 2.068
SUB TOTAL				\$ 15.801
IVA	%		18	\$ 2.844
COSTO DIRECTO METROLINEAL				\$ 18.645

Nota :

*1 : Moldaje se usan solamente en concreto parte del borde.

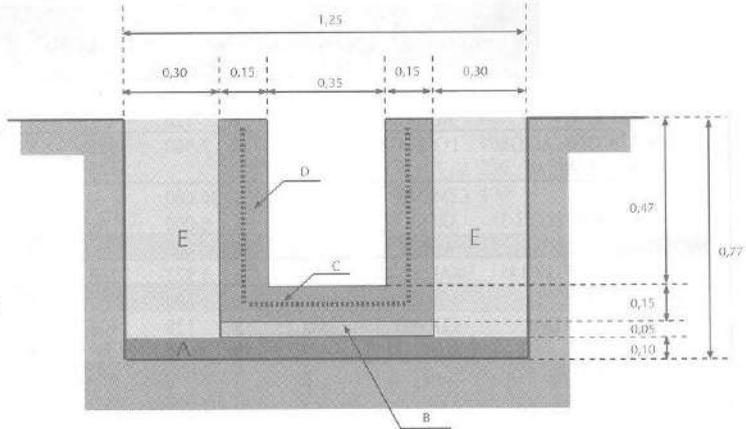
Generalmente, se requiere otros costos según costo directo, ellos son como; costo para diseño (aprox. 5-10%), gastos generales e imprevistos (aprox. 5-10%), utilidad del contratista (aprox. 20-30%).

LOSETA

ANALISIS COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						
SECCION DEL COSTO	PARTE	ITEM	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
MATERIAL	ENCAMADO	ARIDOS	M3	\$ 7.500	127,7	\$ 957.750
		AGUA		\$ 120		\$ 15.324
	COLOCACIÓN LOSETAS	LOSETA	M	\$ 7.900	1000	\$ 7.900.000
		CEMENTO		\$ 30.000		\$ 14.688
	MORTERO 1:3	ARENA	M3	\$ 6.000	0,4896	\$ 2.938
		AGUA		\$ 600		\$ 294
	SIKAFLEX 1A	SIKAFLEX 1A	Nº	\$ 9.973	200	\$ 1.994.600
	MOLDAJE	MADERA		\$ 1.600		\$ 640.000
		CLAVOS	M2	\$ 128	400	\$ 51.200
		ALAMBRE Nº14		\$ 20		\$ 8.000
	CONCRETO DE 255KGS/M3	CEMENTO		\$ 18.000		\$ 851.400
		ARIDOS	M3	\$ 9.000	47,3	\$ 425.700
AGUA			\$ 525		\$ 24.833	
FAENA	EXCAVACIÓN	JORANAL, MAQUINARIA	M3	\$ 1.525	416	\$ 634.400
	ENCAMADO	JORANAL, MAQUINARIA	M3	\$ 425	127,7	\$ 54.273
		COLOCACIÓN LOSETAS	JORANAL	M	\$ 333	1000
	JUNTAR CON MORTERO 1:3	JORANAL	Nº	\$ 500	800	\$ 400.000
	JUNTAR CON SIKAFLEX 1A	JORANAL	Nº	\$ 350	200	\$ 70.000
	MOLDAJE	JORANAL	M2	\$ 1.640	400	\$ 656.000
	CONCRETO DE 255KGS/M3	JORANAL	M3	\$ 16.200	47,3	\$ 766.260
	SUB TOTAL					
IVA (18%)						\$ 2.844.119
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						\$18.644.777

PARTE	NETO	IVA	SUB TOTAL	%
COSTO MATERIAL	\$ 12.886.726	\$ 2.319.611	\$ 15.206.337	81,6%
COSTO FAENA	\$ 2.913.933	\$ 524.508	\$ 3.438.440	18,4%
TOTAL			\$ 18.644.777	

DISEÑO



- A: Encamado
- B: Base concreto (120KGS/M3)
- C: Malla acma
- D: Hormigón (255KGS/M3)
- E: Relleno

* Juntura de SIKAFLEX se colocan cada 5M de larga.

Nota : Valores indican medidas de metros.

[AREA EXCAVACIÓN]
 $1,25 \times 0,77 = 0,9625 \text{ M}^2$

[AREA ENCAMADO]
 $A: 1,25 \times 0,10 = 0,125 \text{ M}^2$

[AREA BASE CONCRETO]
 $B: (2 \times 0,15 + 0,35) \times 0,05 = 0,0325 \text{ M}^2$

[AREA CONCRETO DE 255KGS/M3]
 $D: 2 \times (0,47 + 0,15) \times 0,15 + 0,37 \times 0,15 = 0,1860 + 0,0555 = 0,2415 \text{ M}^2$

[AREA RELLENO]
 $E: (0,47 + 0,15 + 0,05) \times 0,30 \times 2 = 0,402 \text{ M}^2$

[SECCION MORDAJE]
 $2 \times (0,47 + 0,15 + 0,05) + 2 \times 0,47 + 0,35 = 1,34 + 0,94 + 0,35 = 2,630 \text{ M}$

[SIKAFLEX]
 $[2 \times (47 + 5) + 35] \times 5 \times 1 = 695 \text{ CC/N}^\circ$

HORMIGON ARMADO

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACION				
RETROEXCAVADORA	H	0,150	\$ 10.000	\$ 1.500
JORNAL	H/D	0,005	\$ 5.000	\$ 25
				\$ 1.525 / M3
ENCAMADO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$ 5.000	\$ 225
ARIDO ¹	M3	1,250	\$ 6.000	\$ 7.500
AGUA	M3	0,080	\$ 1.500	\$ 120
JORNAL	H/D	0,040	\$ 5.000	\$ 200
				\$ 8.045 / M3
CONCRETO DE 120KGS/M3				
CEMENTO	SACOS	3,000	\$ 3.000	\$ 9.000
ARIDOS	M3	1,500	\$ 6.000	\$ 9.000
AGUA	M3	0,350	\$ 1.500	\$ 525
BETONERA Y EQUIPO	H/M3	1,000	\$ 3.500	\$ 3.500
CONCRETERO	H/D	1,700	\$ 7.000	\$ 11.900
				\$ 33.925 / M3
MOLDAJE(M2)				
MADERA	PULG.	0,889	\$ 1.800	\$ 1.600
CLAVOS	KGS.	0,261	\$ 490	\$ 128
ALAMBRE N°14	KGS.	0,040	\$ 490	\$ 20
OM FABRICACION	H/D	0,100	\$ 8.000	\$ 800
OM COLOCACION	H/D	0,120	\$ 7.000	\$ 840
				\$ 3.388 / M2

Nota:

*1 : Supone disminuir 25% de volumen de aridos en compactación.

HORMIGON ARMADO

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
MALLA ACMA C-188				
MALLA ACMA C-188	N°	0,200	\$ 14.000	\$ 2.800
JORNAL	H/D	0,020	\$ 5.000	\$ 100
				\$ 2.900 / MT
CONCRETO DE 255KGS/M3				
CEMENTO	SACOS	6,000	\$ 3.000	\$ 18.000
AGUA	M3	0,350	\$ 1.500	\$ 525
BETONERA Y EQUIPO	H/M3	1,000	\$ 3.500	\$ 3.500
CARRERAS	ML	1,000	\$ 100	\$ 100
CONCRETERO	H/D	1,800	\$ 7.000	\$ 12.600
				\$ 43.725 / M3
SIKAFLEX 1A				
SIKAFLEX 1A (600CC)	CAJA	0,863	\$ 6.800	\$ 5.871
MAESTRO	H/D	0,050	\$ 8.000	\$ 400
				\$ 6.271 / N°
RELLENO				
COMPACTADORA	H/M3	0,045	\$ 5.000	\$ 225
AGUA	M3	0,080	\$ 2.000	\$ 160
JORNAL	H/D	0,040	\$ 5.500	\$ 220
				\$ 605 / M3

HORMIGON ARMADO

COSTO DIRECTO TOTAL (En 1000MTS lineales de construcción)				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	962,5	\$ 1.467.813
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	125	\$ 1.005.625
CONCRETO DE 120KGS/M3	M3	\$ 33.925	32,5	\$ 1.102.563
MOLDAJE	M2	\$ 3.388	2630	\$ 8.910.440
MALLA ACMA C-188	M	\$ 2.900	1000	\$ 2.900.000
CONCRETO DE 255KGS/M3	M3	\$ 43.725	241,5	\$ 10.559.588
SIKAFLEX 1A	Nº	\$ 6.271	200	\$ 1.254.200
RELLENO	M3	\$ 605	402	\$ 243.210
SUB TOTAL				\$ 27.443.438
IVA	%		18	\$ 4.939.819
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)				\$ 32.383.256
COSTO DIRECTO METROLINEAL				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	0,9625	\$ 1.468
ENCAMADO	M3	\$ 8.045	0,125	\$ 1.006
CONCRETO DE 120KGS/M3	M3	\$ 33.925	0,0325	\$ 1.103
MOLDAJE	M2	\$ 3.388	2,63	\$ 8.910
MALLA ACMA C-188	M	\$ 2.900	1,00	\$ 2.900
CONCRETO DE 255KGS/M3	M3	\$ 43.725	0,2415	\$ 10.560
SIKAFLEX 1A	Nº	\$ 6.271	0,2	\$ 1.254
RELLENO	M3	\$ 605	0,402	\$ 243
SUB TOTAL				\$ 27.443
IVA	%		18	\$ 4.940
COSTO DIRECTO METROLINEAL				\$ 32.383

Nota :

Generalmente, se requiere otros costos según costo directo, ellos son como; costo para diseño (aprox. 5-10%), gastos generales e imprevistos (aprox. 5-10%), utilidad del contratista (aprox. 20-30%).

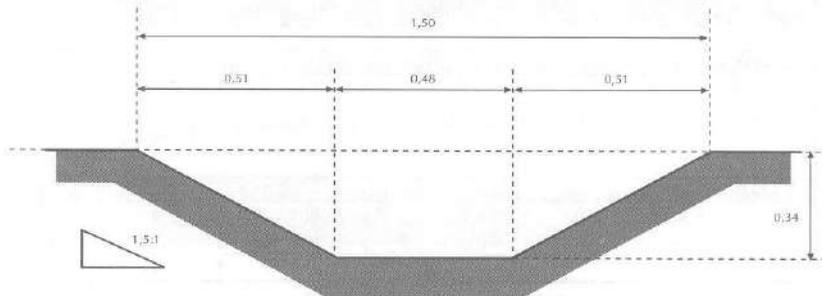
HORMIGON ARMADO

ANALISIS COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						
SECCION DEL COSTO	PARTE	ITEM	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
MATERIAL	ENCAMADO	ARIDOS	M3	\$ 7.500	125	\$ 937.500
		AGUA		\$ 120		\$ 15.000
	CONCRETO DE 120KGS/M3	CEMENTO		\$ 9.000		\$ 292.500
		ARIDOS	M3	\$ 9.000	32,5	\$ 292.500
		AGUA		\$ 525		\$ 17.063
		MADERA		\$ 1.600		\$ 4.208.000
	MOLDAJE	CLAVOS	M2	\$ 128	2630	\$ 336.640
		ALAMBRE N°14		\$ 20		\$ 52.600
	MALLA ACMA C-188	MALLA ACMA C-188	M	\$ 2.800	1000	\$ 2.800.000
	CONCRETO DE 255KGS/M3	CEMENTO		\$ 18.000		\$ 4.347.000
		ARIDOS	M3	\$ 9.000	241,5	\$ 2.173.500
		AGUA		\$ 525		\$ 126.788
SIKAFLEX 1A	SIKAFLEX 1A	N°	\$ 5.871	200	\$ 1.174.200	
RELLENO	AGUA	M3	\$ 160	402	\$ 64.320	
FAENA	EXCAVACION	JORANAL, MAQUINARIA	M3	\$ 1.525	962,5	\$ 1.467.813
	ENCAMADO	JORANAL, MAQUINARIA	M3	\$ 425	125	\$ 53.125
	CONCRETO DE 120KGS/M3	JORANAL, MAQUINARIA	M3	\$ 15.400	32,5	\$ 500.500
	MOLDAJE	JORANAL, MAQUINARIA	M2	\$ 1.640	2630	\$ 4.313.200
	MALLA ACMA C-188	JORANAL	M	\$ 100	1000	\$ 100.000
	CONCRETO DE 255KGS/M3	JORANAL, MAQUINARIA	M3	\$ 16.200	241,5	\$ 3.912.300
	SIKAFLEX 1A	JORANAL	N°	\$ 400	200	\$ 80.000
	RELLENO	JORANAL, MAQUINARIA	M3	\$ 445	402	\$ 178.890
SUB TOTAL						\$ 27.443.438
IVA (18%)						\$ 4.939.819
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						\$ 32.383.256

PARTE	NETO	IVA	SUB TOTAL	%
COSTO MATERIAL	\$16.837.610	\$3.030.770	\$19.868.380	61,4%
COSTO FAENA	\$10.605.828	\$1.909.049	\$12.514.876	38,6%
TOTAL			\$32.383.256	

EXCAVADO EN TIERRA

DISEÑO



Nota : Valores indican medidas de metros.

[AREA DE EXCAVACION]

$$(1,50+0,48) \cdot 0,34 / 2 = 0,3366 \text{ M}^2$$

EXCAVADO EN TIERRA

ANEXO

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACIÓN				
RETROEXCAVADORA	H	0,150	\$ 10.000	\$ 1.500
JORNAL	H/D	0,005	\$ 5.000	\$ 25
				\$ 1.525 / M3
ACABADO				
COMPACTADORA ₁	H/M	0,100	\$ 5.000	\$ 500
JORNAL ₁	H/D	0,013	\$ 5.000	\$ 63
				\$ 563 / M

Nota:

*1 : Se puede hacer 5MTS por una hora por persona.

EXCAVADO EN TIERRA

COSTO DIRECTO TOTAL (En 1000MTS lineales de construcción)				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	336,6	\$ 513.315
ACABADO	M	\$ 563	1000	\$ 563.000
SUB TOTAL				\$ 1.076.315
IVA	%		18	\$ 193.737
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)				\$ 1.270.052
COSTO DIRECTO METROLINEAL				
ITEM	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
EXCAVACIÓN	M3	\$ 1.525	0,3366	\$ 513
ACABADO	M	\$ 563	1,00	\$ 563
SUB TOTAL				\$ 1.076
IVA	%		18	\$ 194
COSTO DIRECTO METROLINEAL				\$ 1.270

Nota :

Generalmente, se requiere otros costos según costo directo, ellos son como; costo para diseño (aprox. 5-10%), gastos generales e imprevistos (aprox. 5-10%), utilidad del contratista (aprox. 20-30%).

EXCAVADO EN TIERRA

ANALISIS COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						
SECCION DEL COSTO	PARTE	ITEM	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
MATERIAL			NO EXISTE			\$ 0
FAENA	EXCAVACION	JORANAL, MAQUINARIA	M3	\$ 1.525	336,6	\$ 513.315
	ACABADO	JORANAL, MAQUINARIA	M	\$ 563	1000	\$ 563.000
					SUB TOTAL	\$ 1.076.315
					IVA (18%)	\$ 193.737
COSTO DIRECTO (POR 1000MTS)						\$ 1.270.052

PARTE COSTO	NETO	IVA	SUB TOTAL	%
MATERIAL	\$ 0	\$ 0	\$ 0	0,0%
FAENA	\$ 1.076.315	\$ 193.737	\$ 1.270.052	100,0%
TOTAL			\$ 1.270.052	