

República de Honduras

# SEMINARIO SOBRE SABO

Manual de Instrucciones

(4. Diseño de la obra de canalización)

Enero de 1996

Aencia de Cooperación Internacional  
del Japón

#### 4. Diseño de la obra de cauces

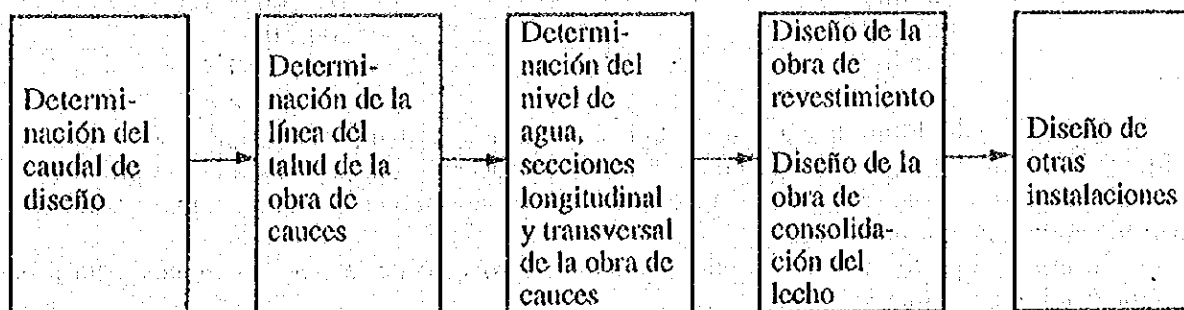
Generalmente los ríos que necesitan la obra de cauces, son de pendiente aguda con la corriente de agua a velocidad alta. Por tanto, hay peligro de rompimiento de la obra de cauces y una vez rota esta obra, el daño es notable. Por principio se emplea el método de excavación, pero en el caso de que se obligue construir la obra de cauces, es deseable emplear este sistema, limitándose a la parte unida con la corriente principal.

Para el diseño de la obra de cauces, se debe tomar en cuenta su función y objetivo, investigando al mismo tiempo la seguridad y la economía, con el fin de hacer pasar la inundación seguramente, y también hay que prestar atención al aspecto de mantenimiento y administración, utilización de agua en los alrededores, nivel de agua subterránea, así como también al medio ambiente.

Por principio, la obra de cauces se proyecta en el cono aluvial. Lo más importante dentro de las observaciones concernientes al diseño de la obra de cauces, es la variación del lecho que se encuentra dentro de la obra de cauces. El diseño de ésta tiene por objeto determinar las especificaciones de la obra de cauces, de tal manera que se disminuya la variación del lecho tanto en sentido longitudinal como en transversal, sin que se provoque la socavación local ni la sedimentación anormal. Sin embargo, en caso de la obra de cauces, por regla general la distancia del tramo entre el extremo aguas arriba y el aguas abajo ya está determinada, siendo esto lo difícil de este diseño. En el caso de que la cantidad de sedimentos acarreados provenientes de la ladera, es mucha (1), o que la variación del lecho es grande (2), o cuando sea difícil determinar la línea del talud, debido a que la vía fluvial ha venido variando muchas veces desde hace mucho tiempo, o cuando sea grande la influencia de los afluentes que confluyen, o en el caso de tener que doblar la vía de corriente, o que el plan diseñado está notablemente fuera de los datos de las obras de cauces existentes (Figuras 4-4, 4-7, 4-11) y finalmente cuando el coste de la obra sea muy elevado, etc., es deseable determinar la línea del talud, el ancho del cauce, la obra de consolidación del lecho, la necesidad de las obras en forma de banda, la ubicación e intervalo de las mismas, la altura de la estructura, así como también la profundidad del empotramiento, etc., realizando ensayos con modelos.

El orden de diseño de la obra de cauces es por lo general como se muestra la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1 Orden de diseño de la obra de cauces**



#### 4-1 Caudal de diseño

El caudal de diseño de la obra de cauces, deberá determinarse tomando integralmente en consideración la escala de la cuenca proyectada, la importancia socio-económica de la zona objeto, la magnitud de daños previsible, historia de los datos en el pasado, así como también el efecto del proyecto, etc., de tal manera que se mantenga el equilibrio entre la corriente principal y el afluente y que al mismo tiempo se mantenga un equilibrio adecuado con otros ríos y corrientes que tengan la importancia similar.

- \*1) Los sedimentos que no se pueden captar en las presas de Sabo, excluyéndose el derrame de sedimentos del tipo de alud.
- \*2) Se incluyen la sedimentación y socavación locales.

Este caudal de diseño se evaluará con la probabilidad de exceso anual de las precipitaciones previstas. Por principio, los daños que pueden ocurrir son muy grandes, al compararse otras obras de ríos, no se realiza modificación provisional, y de ser necesario realizarla, se llevará a cabo una modificación completa.

A continuación la Tabla 4-2 muestra la magnitud de precipitación, de acuerdo con los 5 grados clasificados, es decir grado A, B, C, D y E.

En general, la importancia del río se expresa con el grado A o B en los tramos principales del río perteneciente a la clase 1, y con el grado C en otros tramos del río perteneciente a la clase 1 y en los ríos urbanos pertenecientes a la clase 2, y con el grado D o E según la importancia de los ríos ordinarios.

En cuanto a una zona especial que sufrió un daño notable, no es deseable determinar la magnitud, desdiciendo la inundación pasada. Por lo tanto, en este caso, la magnitud se determina de acuerdo con la situación real de daños, de modo que pueda prevenir otra inundación de mismo grado.

**Tabla 4-2 Importancia de ríos y la magnitud del proyecto**

Importancia del río	Magnitud del proyecto (probabilidad de exceso anual de las precipitaciones previstas)
Grado A	Más de 200
Grado B	100 a 200
Grado C	50 a 100
Grado D	10 a 50
Grado E	Menos de 10

Al término de definir la magnitud del proyecto, se determinará el caudal de diseño según el numeral 2-3. Pero el caudal de diseño de la obra de cauces ya está determinado, el proceso de determinación del caudal se realizará para el caudal de inundación en que el porcentaje de mezcla de sedimentos está disminuido.

El porcentaje de mezcla de sedimentos en el proyecto de la obra de cauces, estará de acuerdo con los siguientes valores.

- (1) Durante la ejecución de la obra de Sabo (cuando la obra de Sabo en aguas arriba haya sido terminada más de un 50% con respecto al caudal de diseño de la obra de cauces), así como también para la prevención de flexión o desviación (aunque el aguas arriba no esté tan arruinado, la obra de Sabo en aguas arriba deberá estar terminada más de un 50% con

- respecto a la cantidad de sedimentos a ser acarreados en el diseño, con el fin de atender al posibles daños en el futuro) ..... 10%
- (2) Caso en que la obra de Sabo está terminada ... 5%

#### 4-2 Línea del talud

La línea del talud en la obra de cauces, deberá ser preferiblemente recta al considerar el mantenimiento del río en el futuro, en aguas abajo del río alrededor del cual se utiliza activamente el terreno, o en las zonas en que las gravas están sedimentadas en forma cónica, es difícil la determinación de la línea del talud, obligándose muchas veces cambiar la línea del talud a lo largo de la corriente actual, pero aun en estos casos, debe evitarse cambiar drásticamente el curso de corriente por la simple razón de la dificultad de expropiación del terreno. No debe olvidarse del objeto de esta obra de cauces.

En el caso de que se obligue utilizar la parte flexionada del río, motivado por la topografía o la utilización del terreno, etc., la razón entre el radio de la curva y el ancho del río deberá ser dentro de la gama de 10 ~ 20, y el grado de flexión deberá ser más de 60 grados. Aun en el peor caso, la razón entre el radio de la curva y el ancho del río deberá ser mayor de 5.

En el caso de que se obligue colocar la parte que dibuja la curva inversa, es deseable obtener la parte recta que sea más de 6 veces que el ancho del río.

La obra de cauces que se construye en un tramo de sedimentación, deberá ser recta hacia el sentido de aguas abajo, debiéndose evitar la flexión del río por razones de dificultad de expropiación, etc.

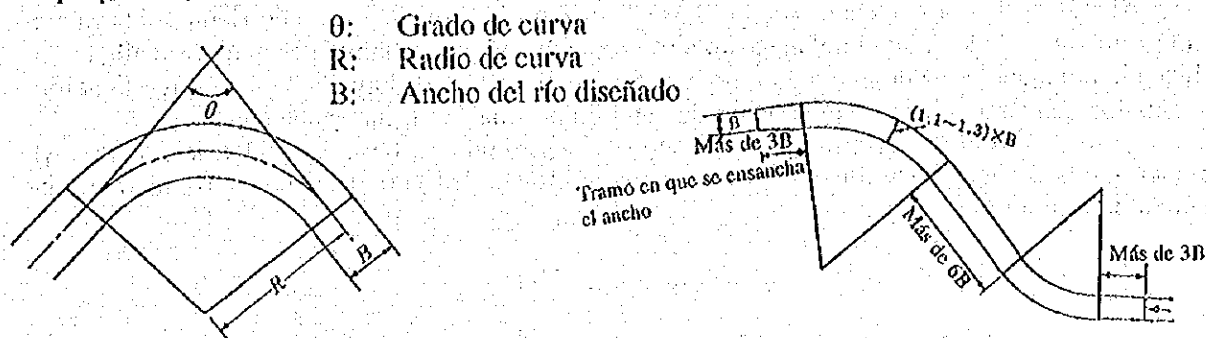
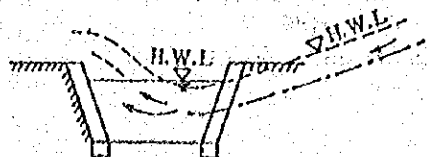


Figura 4-1 Línea del talud

En el caso de que un afluente desemboca en el tramo que requiere la obra de cauces, es necesario llevar a cabo un tratamiento del afluente.

En general, los afluentes tienen pendiente más aguda que la del río principal, provocando como resultado una corriente supercrítica. Por otra parte, la corriente del río principal no debe cambiarse por principio en la desembocadura de afluentes, por lo tanto aunque hubiera retardo de tiempo de cresta de la llegada de inundación, es probable que surja un fenómeno de resalto cuando la corriente supercrítica se convierte en la corriente ordinaria, rebosando luego hacia la orilla contraparte. Al considerar este punto, la corriente de los afluentes deberá ajustarse, de modo que desembogue suavemente en el río principal, salvo las corrientes en las cuales puede desdésfarse su caudal.

Sobre todo, cuando un afluente que desemboca es relativamente grande, teniendo una influencia notable al río principal, hay que prestar atención especial.



Hay peligro de que el agua rebose el revestimiento del río principal por el resalto de la corriente del afluente.

**Figura 4-2 Influencia del afluente**

### 4-3 Nivel del agua diseñado

El nivel del agua diseñado se determinará tomando en consideración la sección transversal y longitudinal. También la obra de cauces deberá realizarse por principio por la excavación, por lo que hay que tomar en cuenta las condiciones topográficas de los alrededores del río.

La profundidad de diseño se busca por lo general con el cálculo de corriente uniforme. En los ríos reales, hay ondas superficiales, resalto, variación del lecho, cambio de la posición de ondulación, etc., hay caso en que se requieren ensayos con los modelos.

Al realizar la obra de cauces en las vías de corriente, es posible que la corriente subterránea se interrumpa o se baje el nivel del agua subterránea, afectando a los habitantes que viven allí, en la utilización del agua (agua de manantial, bombeo, etc.). En este caso hay que realizar investigación con anticipación para saber la característica del agua en la zona de forma de abanico.

El nivel crítico de avenida en el diseño se determinará en base al caudal de diseño. Al suponer que la corriente es uniforme, se puede buscar el valor "h" (nivel crítico de avenida) con la fórmula de Manning.

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots (4-1)$$

- Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg.)
- A: Sección por la cual pasa el caudal de diseño en la obra de cauces (m<sup>2</sup>)
- n: Coeficiente de rugosidad de Manning
- R: Profundidad (m)
- I: Pendiente de la superficie de agua
- h: Nivel crítico de avenida (m)

En el cálculo real, se supone primero "h" en base al ancho del río dado (ancho de la obra de cauces) y luego se busca el valor "Q". Este cálculo se repite muchas veces hasta que el valor obtenido "Q" se aproxima más al caudal de diseño (aproximadamente 2%) y se determina el valor "h". En cuanto a este método de cálculo, ya se ha explicado en el numeral 4, "Diseño de la Obra de Consolidación de Lecho".

### 4-4 Perfil

El perfil en la obra de cauces se determinará tomando en consideración la estabilidad del lecho, así como también la facilidad de mantenimiento y administración del río en el futuro.

Al cambiar demasiado la variación de la pendiente en el diseño, puede ocurrir socavación o sedimentación alrededor de los puntos de cambio, haciendo más difícil el mantenimiento de la obra de cauces, por lo tanto es deseable determinar tanto la pendiente como la profundidad, de modo que la fuerza de tracción no varía más de 50% en aguas arriba y abajo de la obra de cauces.

En cuanto a la pendiente del perfil, se empleará el mejor valor, de tal manera que en el futuro sea fácil el mantenimiento del río, estudiando variaciones locales en base a los datos sobre la variación del lecho del río actual. En defecto de estos datos, se referenciará a los datos de ríos similares.

La altura de lecho en el diseño para la obra de cauces, se ajustará de modo que el método de la obra sea del tipo de excavación y se construirá la obra de consolidación de lecho o una presa en aguas arriba y abajo del río de que se trate con el fin de arreglar la forma del lecho, de modo que no ocurra socavación o sedimentación en el extremo de aguas abajo.

El río en que se proyecta la obra de cauces, tiene por lo general una pendiente aguda, siendo a veces difícil de estabilizar la pendiente de lecho con los materiales para el lecho solamente. En estos casos, se intenta estabilizar el lecho, revistiendo la superficie del lecho con el hormigón, etc.

Acercas de si el lecho se estabiliza con los materiales para el lecho o si se emplea la obra de protección de laderas o la obra de amortiguación de la corriente, se determinará tomando en consideración la pendiente de lecho, altura de lecho y el perfil, pues estos factores están bien ligados entre sí.

Para tal fin, la pendiente de lecho y la altura de lecho se buscan provisionalmente en primer lugar y luego se determinará finalmente estudiando el perfil transversal.

Como un método para buscar la pendiente de lecho, figuran el cálculo de equilibrio hidrodinámico y el de equilibrio hidrostático. Para que la obra de cauces esté estabilizada por un plazo prolongado, es menester que la obra de cauces tenga la capacidad específica para que en ninguna parte no ocurra sedimentación ni socavación. Al obtener la sección y el caudal, se puede buscar la pendiente de lecho.

Esta pendiente se buscará con el cálculo de lecho variable en base al equilibrio hidrodinámico. Por otra parte, la estabilidad del lecho en los puntos distintos, se juzgará con el cálculo de equilibrio hidrostático, el cual está destinado a comparar la fuerza de tracción de la corriente, con la fuerza de tracción límite de los materiales para el lecho, en base de los datos, tales como el caudal, la sección y la pendiente de lecho buscados. La primera se utiliza para determinar la pendiente longitudinal del lecho y la segunda para determinar la profundidad de empotramiento de la estructura que se construye en del río.

La pendiente longitudinal de cada parte detallada, varía muchas veces dependiendo de la configuración del lecho a media escala, que se determinará por la forma de la línea del talud, ancho del río, profundidad de agua, materiales para el lecho, diámetro del grano de los materiales que se emplean para estabilizar el lecho. Por lo tanto hay que observar cuidadosamente el lecho del río, conjuntamente con los datos acerca de la variación del lecho, y de ser necesario, deberá efectuarse ensayos empleando los modelos.

#### **4-4-1 Relación de la pendiente longitudinal**

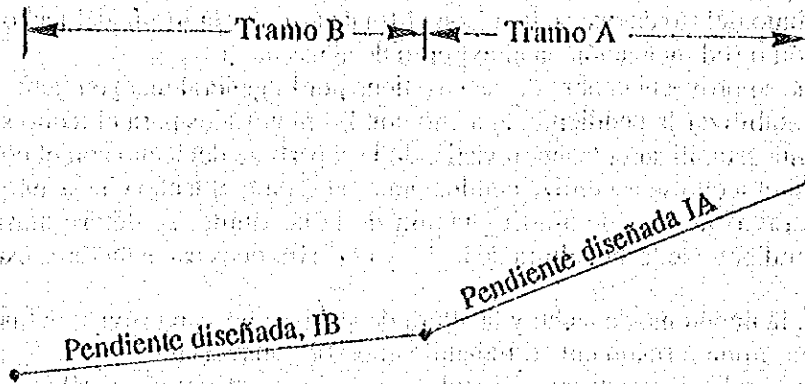
La ejecución de la obra de cauces tiene por objeto amortiguar la pendiente del lecho, disminuyendo al mismo tiempo la fuerza de socavación causada por la corriente de agua, con el fin de prevenir surgimiento de sedimentos. Por lo que, en el caso de ejecutar la obra de cauces, el perfil longitudinal deberá proyectarse, de tal manera que la pendiente sea disminuida aunque sea un poco, con respecto a la pendiente del lecho antes de la obra.

No obstante lo anterior, si el cambio de pendiente es drástico, se produce socavación o sedimentación alrededor de los puntos de cambio de la pendiente, haciendo más difícil no

solamente mantener la obra de cauces, sino también puede convertirse en la causa de un gran daño. Por lo tanto, es deseable determinar tanto la pendiente como la profundidad de agua, de modo que en los puntos en que cambia la pendiente, no se cambie drásticamente la fuerza de tracción en aguas arriba y abajo del punto de cambio.

En la Figura 4-3, al expresar la fuerza de tracción con " $u_*^2 = g \cdot H \cdot I$ " (donde,  $g = 9.8$  m/seg<sup>2</sup>, H: profundidad de agua, I: pendiente);

**Figura 4-3 Relación entre las pendientes longitudinales**



La fuerza de tracción en el tramo A será  $u_*^2_A = g \cdot H_A \cdot I_A$

La fuerza de tracción en el tramo B será  $u_*^2_B = g \cdot H_B \cdot I_B$

Al presuponer iguales las profundidades de agua,  $H_A = H_B$ .

Donde, el cambio de la fuerza de tracción se expresa con el valor  $u_*^2_A/u_*^2_B$ , y que este valor se expresa con la relación de la pendiente del lecho, que se indica a continuación.

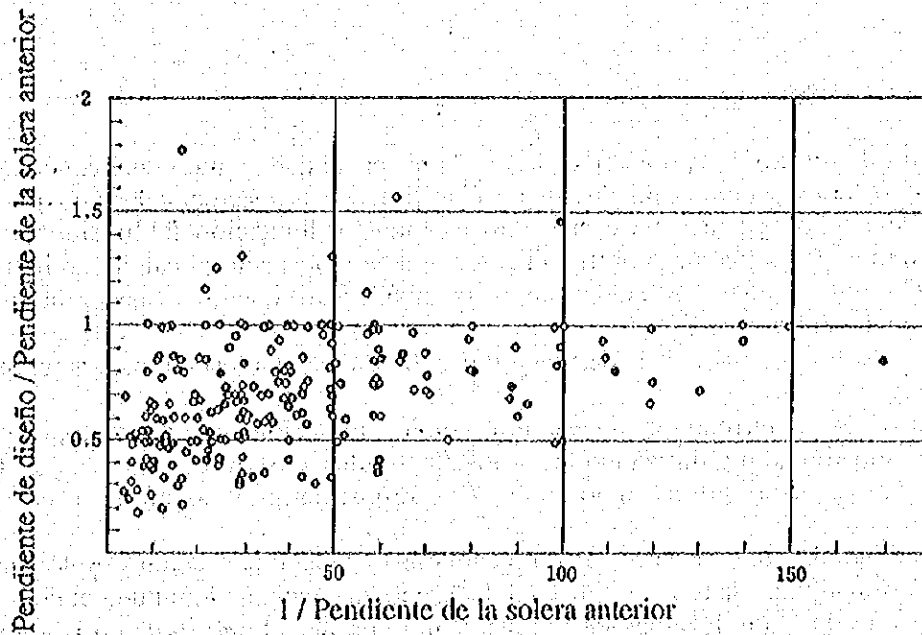
$$\frac{u_*^2_A}{u_*^2_B} = \frac{g \cdot H_A \cdot I_A}{g \cdot H_B \cdot I_B} = \frac{I_A}{I_B}$$

En esta ecuación, el cambio drástico de la fuerza de tracción se refiere al gran cambio de la relación de las fuerzas de tracción tanto del tramo A como del tramo B, por lo que es menester que el valor  $I_A/I_B$ , o sea la relación de las pendientes longitudinales no sea muy grande en el momento de diseño.

Por lo general, lo siguiente será un valor de referencia.

En el caso de:

$$\left. \begin{array}{l} I_A \geq 1/30 \\ I_A < 1/30 \end{array} \right\} \begin{array}{l} u_*^2_A/u_*^2_B \leq 2 \\ u_*^2_A/u_*^2_B \leq 1.5 \end{array} \dots\dots\dots (4-2)$$

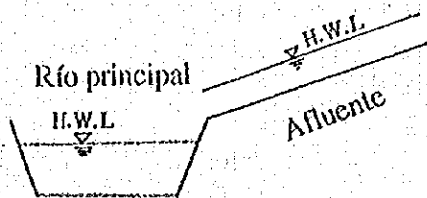


**Figura 4-4 Correlación entre la pendiente del lecho anterior y la de diseño**

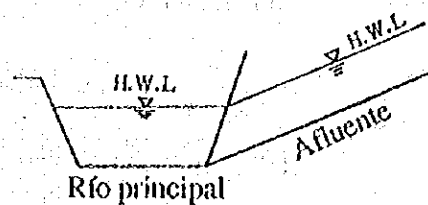
#### 4-4-2 Tratamiento de afluentes

Con el fin de prevenir la socavación y la sedimentación provocadas por el desemboque de afluentes en el río principal, la pendiente longitudinal del afluente sería en general ajustada a la del río principal. Para tal fin, se requiere investigar cuidadosamente la pendiente longitudinal en el punto de confluencia y la relación del río principal con el afluente en el plano, tomando medidas necesarias, como por ejemplo el construir la obra de caída en el afluente inmediatamente aguas arriba del punto de confluencia, para modificar la pendiente del afluente antes de que éste confluya con el río principal. También en el caso de que el área de la cuenca del afluente sea pequeña en el punto de confluencia, el aumento de la altura del afluente sería mejor que el aumento de la del río principal, ya que no se afecta por el nivel crítico de avenida del río principal.

En el caso de que el área de la cuenca del río principal sea igual a aquella del afluente, es mejor ajustar la altura de lecho de diseño al mismo nivel.



**Figura 4-5 Caso en que la cuenca del afluente sea pequeña que la del río principal**



**Figura 4-6 Caso en que la diferencia entre las cuencas tanto del río principal como del afluente sea pequeña**



#### 4-5 Sección de diseño

La sección de diseño de la obra de cauces deberá ser tal que el ancho del cauce no quede demasiado estrecho, considerando cuidadosamente el ancho del cauce actual del río de que se trate. La disminución del ancho de cauce puede causar no solamente la limitación del funcionamiento del río, sino también que quede mayor la profundidad de agua con respecto al caudal de inundación. Por lo tanto, es deseable diseñar por lo menos una sección adecuada que pueda hacer mejor uso del ancho del cauce actual del río.

En el caso de que hay temor de desviación y sedimentación anormal, etc., se empleará la sección compuesta.

También si hay un terreno que no está en uso en los alrededores del proyecto, es deseable diseñar una zona amortiguadora, utilizando los árboles naturales existentes. Además, es deseable utilizar la parte ensanchada natural como embalse de reposo en prevención del escurrimiento accidental.

En el diseño de la obra de cauces, se empleará por lo general la sección simple y su ancho de diseño se determinará de acuerdo con el caudal de diseño, la pendiente longitudinal de la obra de cauces, la topografía, la naturaleza del terreno, así como también el estado de utilización de los terrenos ubicados alrededor de la obra.

En la parte curvada de la obra de cauces, se deberá estudiar la necesidad de la elevación de la orilla con la forma cóncava o el ensanchamiento de la obra de cauces, de acuerdo con el estado de curvatura de la corriente y con el estado del lecho aguas arriba y abajo.

##### 4-5-1 Ancho de diseño

El ancho del río, B y el caudal, Q se encuentran en la relación que se expresa con la siguiente fórmula.

$$B = \alpha \cdot Q^{0.2} \dots\dots\dots (4-3)$$

- B: Ancho del río (m)
- Q: Caudal (m<sup>3</sup>/seg.)
- $\alpha$ : Coeficiente

Donde, el valor " $\alpha$ " varía dependiendo de la magnitud del caudal.

Al observar los datos obtenidos en el ensayo hidráulico con los modelos, y en el sitio de proyecto, el valor " $\alpha$ " se encuentra deseablemente dentro de la gama indicada en la Tabla 4-3, llamando "Q" al caudal de diseño y "A" a la extensión de la cuenca (km<sup>2</sup>).

**Tabla 4-3 Valor de  $\alpha$**

Extensión de la cuenca, A (km <sup>2</sup> )	Valor " $\alpha$ "
A ≤ 1.0	2 a 3
1.0 < A ≤ 10.0	2 a 4
10.0 < A ≤ 100	3 a 5
100 < A	3 a 6

El ancho de diseño de la obra de cauces está ligado estrechamente con la pendiente del lecho, sedimentos acarreados, materiales a utilizar para el lecho, la rugosidad del río, así como

también con la configuración plana del mismo, por lo que es necesario investigar el ancho de diseño dentro del conjunto del proyecto de construcción de la obra de cauces, con el fin de que el caudal de diseño fluye seguramente.

Por regla general, al suponer iguales las demás condiciones, el estrechamiento de la obra de cauces provoca aumentar la profundidad de agua y la velocidad de fluido, siendo difícil el mantenimiento del lecho sólo con los materiales para esa. Por el contrario, el ensanchamiento de la obra de cauces, causa la subida del lecho con los sedimentos, aumento de la extensión del terreno a expropiar, provocando también la dificultad de la obra.

Por consiguiente, el ancho de la obra de cauces, se determinará, con miras a la estabilidad del lecho, tomando en consideración la existencias de otras estructuras, la utilización del terreno que está ubicado cerca de la obra.

La Figura 4-7 siguiente muestra la correlación entre la extensión de la cuenca y el ancho de la obra de cauces, obtenida en las obras de cauces existentes.

#### 4-5-2 Resguardo

El resguardo de la obra de cauces se determinará en general por el caudal de diseño.

Sin embargo, la relación ( $\Delta H/H$ ) entre el nivel de agua ( $H$ ) y el resguardo ( $\Delta H$ ) no deberá inferior al valor indicado en la Tabla 4-5, estimándose que el resguardo varía dependiendo de la pendiente del lecho.

**Tabla 4-4 Caudal de diseño y resguardo**

Caudal de diseño	Resguardo
Menos de 200 m <sup>3</sup> /s	0.6 m
200 a 500 m <sup>3</sup> /s	0.8 m
Más de 500 m <sup>3</sup> /s	1.0 m

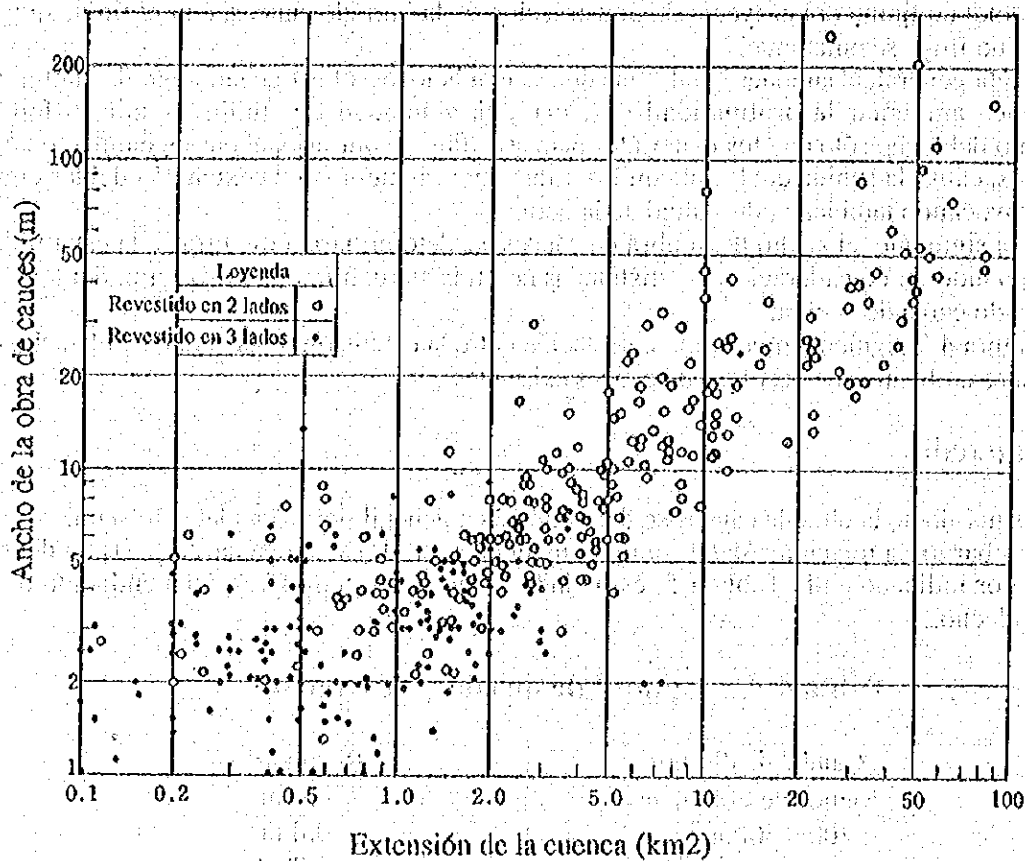


Figura 4-7 Correlación entre el ancho de la obra de cauces (ancho medio) y la extensión de la cuenca

Tabla 4-5 Relación entre la pendiente del lecho y el resguardo

Pendiente	Menos de 1/10	1/10 a 1/30	1/30 a 1/50	1/50 a 1/70	1/70 a 1/100	1/100 a 1/200
Valor $\Delta H/H$	0.50	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10

**Explicación**

En los ríos con pendiente agua, ocurre fácilmente la variación de lecho, escurrimiento de sedimentos, etc., y como consecuencia es mayor la variación del nivel de agua, debido además a la alta velocidad de fluido.

Por tanto, se requiere un resguardo suficiente. La velocidad de corriente, también, tiene relación estrecha con el ancho del río, pues si el ancho del río es mayor aun con la misma

velocidad de corriente, la profundidad de agua al nivel alto (diseñado) de avenida, es reducida, pudiendo obtener la seguridad con el resguardo estipulado.

La tabla arriba mencionada muestra la relación entre el nivel de agua diseñado (H) y el resguardo (ΔH), cuyo valor inferior límite se asigna al valor estipulado con respecto a cada una de las pendientes.

### 4-5-3 Sección longitudinal de la parte curvada

En la orilla de forma cóncava que se encuentra en la parte curvada, el nivel de agua se eleva cuando ocurra inundación, por lo tanto se requiere elevar el revestimiento más alto que el de la orilla en forma convexa.

Según Nappe, la diferencia "h" entre el nivel de agua medido en el muro externo del vfa fluvial y el nivel de agua hidrostático, suponiendo el nivel de agua hidrostático a un valor determinado, se expresa con la siguiente fórmula.

$$h = b \cdot v^2 / r \cdot g \dots\dots\dots (4-4)$$

- b: Ancho de la vfa fluvial (m)
- v: Velocidad media de corriente en la parte curvada en la vfa (m/seg.)
- r: Radio de la curva de la línea central en la vfa fluvial (m)

En el caso de que la obra está revestida en 3 lados, se inclina transversalmente el lecho de la vfa fluvial, con el fin de desaparecer esta diferencia causada por la curva, de modo que el agua pueda fluir establemente a lo largo de la curva que dibuja la corriente. Sin embargo, si se inclina bruscamente desde el punto de comienzo de la curva, la corriente se convierte inestable en lugar de estabilizarse, por lo tanto es necesario colocar un tramo de amortiguación adecuado.

La pendiente transversal puede expresarse con la siguiente fórmula (fórmula de Cant).

$$\tan \phi = v^2 / r \cdot g \dots\dots\dots (4-5)$$

- φ: Angulo de inclinación en la vfa fluvial (grados)
- v: Velocidad medida en la parte curvada en la vfa fluvial (m/seg.)
- r: Radio de la curva de la línea central de la vfa fluvial (m)

Además de ésta, hay otra fórmula (fórmula de Grasho).

$$h = (v^2/g) \times \{2303(\log R_2 - \log R_1)\} \dots\dots\dots (5-6)$$

- R1: Radio de la curva al lado interno de la vfa fluvial (m)
- R2: Radio de la curva al lado externo de la vfa fluvial (m)

En todo caso, ambas fórmulas arriba mencionadas presentan casi el mismo valor.

En el caso de una curva extremada de forma "S" o de una curva en la que la corriente se desvía hacia el lado externo de la corriente, no se puede aplicar estas fórmulas. En este caso, hay que modificar la forma de la línea del talud.

Al lado curvado externo de la parte curvada, se concentra la corriente de agua cuando ocurra inundación, acelerando intensivamente la fuerza de socavación. Por tanto se requiere reforzar estructuralmente la obra de revestimiento mucho más fuerte que la de la corriente recta.

Sobre todo en caso del revestimiento en 2 lados, la estructura deberá tener un empotramiento más profunda para poder resistir contra la socavación, etc.

#### 4-5-4 Tratamiento del afluente

En el caso de que tanto el río principal como el afluente tengan poco escurrimiento de sedimentos y que ambas tienen pendientes iguales y el nivel crítico de avenida similar (es decir, cuando la fuerza de tracción de ambos ríos sea igual), el ancho de la obra de cauces en aguas abajo del punto de confluencia, será la suma de ambos ríos. Este principio puede aplicarse cuando ambos ríos tengan la misma pendiente y la misma profundidad de agua. Este ancho de río en diseño se determinará por la pendiente del lecho. Naturalmente se requiere la construcción de la obra horizontal en aguas abajo a partir del punto de confluencia.

En el caso de que la fuerza de tracción del río principal sea mayor que la del afluente, no hay problema ya que los sedimentos acarreados por el afluente fluye junto con la corriente del río principal, pero en el caso de que la fuerza de tracción del afluente sea mayor, se produce acumulación de sedimentos en aguas abajo a partir del punto de confluencia, presentando un riesgo de falta de sección.

En tal caso, se disminuye, como un método, el valor " $a_3$ " que la suma de " $a_1 + a_2$ ", aumentando la fuerza de tracción para prevenir la acumulación de sedimentos, pudiendo emplearse, en caso extremado, un valor de " $a_3 = a_1$ ".

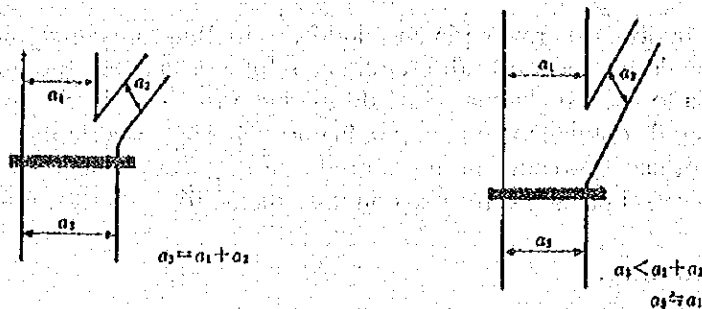


Figura 4-8 Anchura del río principal y río secundario

En este caso, el aumento de la fuerza de tracción significa elevación del nivel de agua, presentando problemas de rompimiento del revestimiento o de socavación. En tal caso, hay que prestar atención especial a la determinación del nivel crítico de avenida, como un tratamiento en el punto de confluencia.

#### 4-6 Tratamiento del extremo aguas abajo (obra Sabo)

En aguas arriba de la obra de cauces, se requiere construir una presa o la obra de consolidación de lecho que tenga la capacidad y funcionamiento de suprimir y controlar escurrimiento de sedimentos, con el fin de poder atender por si acaso, independientemente del estado de arruinamiento del río en el cual se construye la obra de cauces o del estado de desenvolvimiento de la obra de Sabo.

Para esta presa u obra de consolidación de lecho, es necesario tomar en cuenta el empotramiento del ala, etc., de modo que esta presa u obra de consolidación tenga la función suficiente de impedir el agua.

Sin embargo, en el caso de que ésta se construye en el muro perpendicular de la presa auxiliar o en la obra de cauces, es indispensable que los sedimentos excesivos se retengan seguramente en la presa, y si la presa misma tiene el efecto de control de agua, o la prevención de la erosión longitudinal, etc., la conexión directa de ésta con tal presa puede causar daños por los sedimentos. En tal caso, es deseable instalar un tramo de control de sedimentos, entre la presa y la obra de cauces, que tenga una distancia adecuada.

La presa de Sabo o la obra de consolidación de lecho se proyecta como una sección del dique, pero como la sección de la obra de cauces es la apertura del canal abierto, se requiere la parte de ajuste. Esta parte de ajuste tendrá una distancia adecuada, de modo que no se cambien drásticamente las condiciones hidráulicas.

Si el ala de la obra de consolidación de lecho se expone al canal de agua dentro del área en la que exista la corriente supercrítica, surge la posibilidad de que el nivel de agua se eleva en ese punto, pudiendo ocasionar un rebose.

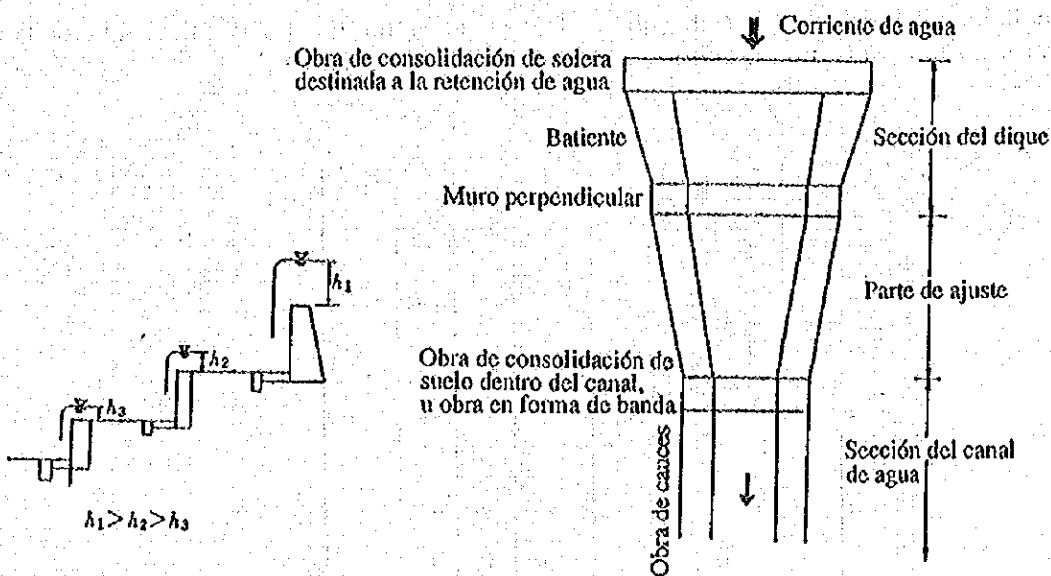


Figura 4-9 Cambio del nivel de agua por el arreglo

Figura 4-10 Ejemplo de arreglo desde la obra de consolidación de lecho

Según un experimento realizado en el Laboratorio de Obras Civiles, si el ajuste en aguas arriba del ala es demasiado agudo, se producen las ondas de impacto en aguas abajo de la obra de consolidación de lecho, perturbando el lecho del río.

#### 4-7 Obra de consolidación de lecho

Los ríos que requieren la obra de consolidación de lecho suelen tener la pendiente de lecho aguda, siendo difícil el mantenimiento del lecho objeto. Para tal caso, se construye la obra de consolidación de lecho, a fin de suavizar la pendiente del lecho, y de mantenerla sólo con los materiales para el lecho. Por lo general este método es más económico, por lo que la selección de la ubicación de la obra de consolidación de lecho deberá llevarse a cabo cuidadosamente, estudiando integralmente la sección de la obra de consolidación de lecho, la forma de la sección longitudinal, etc.

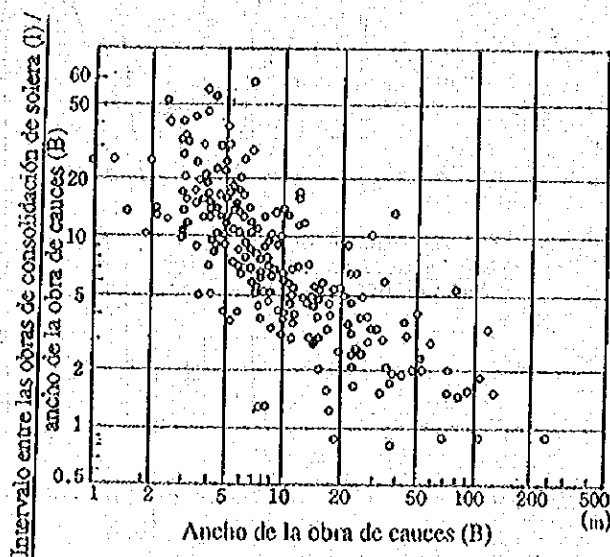
La obra de consolidación de lecho dentro de la obra de cauces, tiene por objeto estabilizar y mantener el lecho. La ubicación de ésta será por lo general en el extremo aguas arriba o abajo de la obra de cauces, en el punto de cambio de la pendiente de lecho. El diseño de la estructura de la obra de consolidación de lecho estará de acuerdo con el de la presa de Sabo.

#### 4-7-1 Intervalos y altura

En el diseño de la obra de consolidación de lecho, se estudia la combinación tanto del intervalo como de la altura de la obra de consolidación de lecho, por necesidad de mantener la pendiente de lecho diseñada, antes de sacar el plan final.

Como una referencia se muestra en la siguiente Figura 4-11, el ancho de la obra de cauces que se encuentra en la obra de cauces existente y el intervalo entre las obras de consolidación de lecho.

Pendiente de lecho: 1/10 ~ 1/100, Extensión de la cuenca: Menos de 20 km<sup>2</sup>. B: Ancho de la obra de cauces (m), l: Intervalo entre las obras de consolidación de lecho (m)



**Figura 4-11** Relación entre el ancho de la obra de cauces e intervalos entre las obras de consolidación de lecho

El intervalos de las obras de consolidación de lecho y su altura pueden determinarse con la siguiente fórmula.

$$l = \frac{m \cdot n}{m - n} \cdot h \quad \dots \dots \dots (4-7)$$

- l: Intervalo entre las obras de consolidación de lecho (m)
- h: Desnivel de la obra de consolidación de lecho (m)
- n: Denominador de la pendiente del lecho actual (1/n)
- m: Denominador de la pendiente diseñada del lecho (1/m)

Gama de aplicación (Tramo que tenga la misma pendiente de lecho diseñada, a condición de que el desnivel de la obra de consolidación de lecho sea constante)

En el caso de que la obra de cauces tenga por objeto prevenir la corriente turbulenta o la deriva;

$$l = (1.5 \text{ a } 2.0) B$$

l: Intervalo entre las obras de consolidación de lecho (m)

B: Ancho diseñado de la obra de cauces (m)

También, tiene por expresión experimentalmente;

$$\text{Cuando } 1/30 > 1/m > 1/60, l = (1.0 \text{ a } 2.0) \cdot m$$

$$\text{Cuando } 1/60 > 1/m, l = (1.0 \text{ a } 1.5) \cdot m$$

m: Denominador de la pendiente de equilibrio hidrostático (1/m)

l: Intervalo entre las obras horizontales (obra de consolidación de lecho o la obra de banda)

La obra de consolidación de lecho tiene por objeto, cuando ocurra por si acaso un derrumbamiento de la obra de revestimiento, minimizar los daños de las estructuras, por lo tanto aunque se vea obligado a emplear un terraplén para una parte de la obra de cauces, la obra de consolidación de lecho deberá ubicarse por principio dentro del cimiento actual. También, no se ubicará ésta en el tramo en que surge la deriva, tal como en la parte curvada, siendo deseado posicionarla en aguas abajo del tramo en que surge la deriva, con el fin de poder prevenir la bajada del lecho causada por la deriva.

#### 4-7-2 Altura sobrepuesta de la obra de consolidación de lecho

Un grupo de obras de consolidación de lecho en la obra de cauces, se colocará escalonadamente. En el caso de que se encuentran acumulados cantos rodados en el lecho, o está en estado similar, se puede colocar el vertedero de la obra de consolidación de lecho paralelamente a la altura del cimiento, pero en caso de que está formado un estrato de gravas, el cimiento de la obra de consolidación de lecho, deberá sobreponer con la corona de el vertedero de la obra de consolidación de lecho en aguas abajo. Este principio no se aplicará al caso en que se emplean el método de revestimiento en 3 lados.

#### 4-8 Obra de revestimiento

La obra de revestimiento en la obra de cauces, tiene por objeto prevenir el derrumbamiento de las orillas que se encuentran alrededor de la obra de cauces, y al mismo tiempo proteger el ala de la obra de consolidación de lecho. El revestimiento deberá estar en contacto con la obra de consolidación de lecho y el revestimiento del muro lateral inmediatamente por debajo de la obra de consolidación de lecho deberá posicionarse hacia atrás de la posición en que cae el caudal de diseño proveniente de la obra de consolidación de lecho.

##### 4-8-1 Empotramiento

Hay muchos casos en que el derrumbamiento del revestimiento ocurre por el rompimiento del cimiento del revestimiento causado por la socavación, o por la salida de lados del cimiento del mismo. Por consiguiente, la determinación de la profundidad de empotramiento del revestimiento, deberá formarse, estudiando por regla general la pendiente de equilibrio hidrostático en aguas

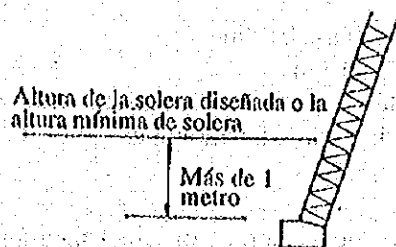


arriba a partir del punto fijo del lecho, tal como la corona de la obra de consolidación de lecho, etc., de modo que se puede atender a la variación de lecho causada por la socavación.

La decisión acerca de si se emplea la obra de consolidación del empotramiento, o el método de excavar el lecho profundamente, se formará luego de estudiar la situación actual del sitio para que sea más segura y económica la obra.

Por regla general, es deseable que el empotramiento del revestimiento se efectúe más de 1 metro desde el fondo del lecho diseñada.

También, en el caso de que está formado aglomeración de sedimentos, la variación del lecho es mayor, por tanto se requiere realizar la obra de consolidación del empotramiento, etc.



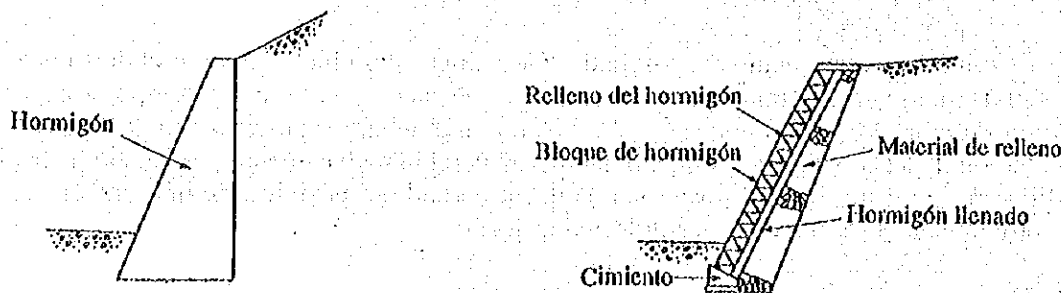
**Figura 4-12 Empotramiento del revestimiento**

#### 4-8-2 Tipo de revestimiento y pendiente del talud

Como tipo de revestimiento, hay dos, el tipo independiente y el tipo abosado, siendo seleccionado un tipo, dependiendo de la topografía de la parte posterior del revestimiento, o condiciones geográficas, etc.

Por lo general, salvo casos en que la condición geográfica sea muy mal, se emplea el tipo abosado. La pendiente del talud deberá determinarse de acuerdo con la pendiente del lecho, la topografía, la naturaleza del terreno, el caudal de diseño, etc., sin embargo cuanto más aguda sea la pendiente de lecho, la pendiente del talud se determina a un ángulo agudo. Generalmente se emplea el valor 5%.

En general, los materiales utilizados para el revestimiento de ríos, son hormigón, bloque de hormigón, piedras, etc. La selección de éstos deberá determinarse tomando en consideración la seguridad, la economía, etc. (Refiérase a la Figura 4-13.)



(a) Ejemplo del revestimiento del tipo independiente (obra del muro de sostenimiento, hecho de hormigón)

(b) Ejemplo del revestimiento del tipo abosado (obra de mampostería de bloques de hormigón)

**Figura 4-13 Tipos de revestimiento**

En el caso de mampostería, de bloques de hormigón; si el terreno posterior está en buena condición y que la cantidad de sedimentos acarreados es poca, siendo pequeño el diámetro de granos, no es necesario efectuar el relleno de hormigón.

#### **4-9 Protección de lecho**

En el caso de que la pendiente del lecho es aguda, no pudiendo estabilizar el lecho sólo con los materiales, o en caso de que puede presuponer la erosión longitudinal, siendo grande el intervalo de las obras de consolidación de lecho, se requiere mantener el lecho con la obra de banda, la obra de revestimiento del fondo, la obra de protección de lecho o con la obra de consolidación del empotramiento, etc.

##### **4-9-1 Obra de banda**

En el caso de que sea largo el intervalo entre los grupos de las obras de consolidación de lecho colocadas en forma escalonada, y que hay temor de erosión longitudinal, hay que proyectar la obra de banda.

La obra de banda es en general una obra para consolidar el lecho, desdénando el desnivel, cuya altura será igual a la de selera, siendo colocada a lo largo de la línea de la pendiente del lecho diseñada.

En el caso de que hubiera variación de pendiente, se construirá por principio en el punto de cambio de pendiente, no debiendo cambiar la pendiente por la obra de banda.

En el caso de que una pendiente continúa por largo distancia, se construirá la obra de banda en el medio, con el fin de prevenir la socavación del cimientó del revestimiento. El intervalo de las obras de banda, será por lo general el valor del denominador de la expresión fraccionaria que representa la pendiente.

El intervalo de las obras de banda en la obra de cauces con los 3 lados revestidos, será por lo general doble del valor del denominador que indica la pendiente.

La profundidad de empotramiento de la obra de banda, será por lo menos igual a la altura de la corona de el vertedero de la obra de consolidación de lecho.

El cálculo de estabilidad para la obra de banda, se efectúa por la fuerza externa solamente, de acuerdo con la obra de consolidación del lecho, pero presuponiendo el peor caso, el cálculo se lleva a cabo desdénando los ríos aguas abajo.

En cuanto a la ubicación de la obra de banda, es descable que el conjunto del ala se meta dentro del cimientó actual, con el fin de minimizar los daños a ser causados a las estructuras.

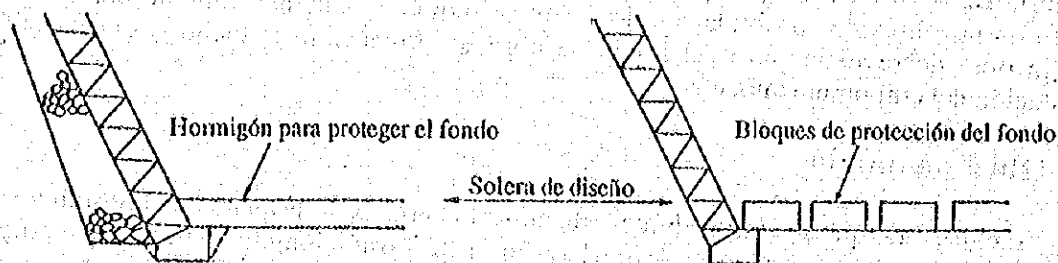
##### **4-9-2 Obra de protección del fondo**

Por regla general, en la obra de cauces, se efectúa el revestimiento del fondo del río. Aun en el caso de que la fuerza de tracción es mayor que la de resistencia del lecho, se evita el revestimiento en los 3 lados. No obstante lo anterior, en el caso de que la fuerza de tracción sea todavía mayor que la resistencia del lecho, aunque se toma en cuenta el amortiguamiento de la pendiente o ensanchamiento del ancho del río, etc., se ve obligado a realizar el revestimiento de los 3 lados.

La protección del fondo deberá ser suficientemente rígida contra el desgaste por la corriente de agua.

En caso de que el ancho del río sea de 2 ~ 3 metros, es más económico emplear el revestimiento de 3 lados, en lugar de 2 lados.

- (1) La protección del fondo en la obra de cauces, hay dos tipos, o sea el revestimiento de hormigón y el otro revestimiento de bloques. Por regla general se emplea el revestimiento de hormigón cuyo espesor es de aproximadamente 0,3 metro en los ríos de escala pequeña; cuya extensión de cuenca sea inferior a 2 km<sup>2</sup> (revestimiento de 3 lados). En los ríos que se encuentran en la zona volcánica, hay ríos que emplean revestimiento de 0.5 ~ 0.7 metro. También, en el caso de que el ancho del río no es mayor y que el cemento es débil, se rompe la protección, obligándose a atenderlo con la viga.



**Figura 4-14 Posición de las obras de concreto del fondo**

- 2) En la parte en la que la obra de cauces con el revestimiento de 2 lados se transforma a la obra con revestimiento de 3 lados, hay temor de que ocurra socavación en el cemento del revestimiento que se ubica cerca del extremo aguas arriba de la obra de cauces con el revestimiento de 2 lados, en tal caso hay que realizar la obra de protección de fondo u obra amortiguadora de energía de la corriente. También en aguas abajo del revestimiento de 3 lados, se construirá la obra de banda con el fin de prevenir la salida del terreno.
- (3) En el caso de que la roca de cemento está expuesta en el lecho, no se revestirá el lecho por lo general, pero hay rocas que se erosiona por el agua de corriente, dependiendo del tipo de roca. En estos casos, hay que ejecutar la obra de revestimiento en los 3 lados.

### 4-9-3 Obra de protección de lecho, obra de consolidación de empotramiento

En los alrededores de la presa de Sabo, la obra de consolidación de lecho o en aguas abajo de la obra horizontal, es problema que surja socavación local, debido a que la rugosidad del material es distinta que el del lecho. Con el fin de proteger la parte inferior de la estructura, se ejecuta la obra de protección de lecho o la obra de consolidación del empotramiento.

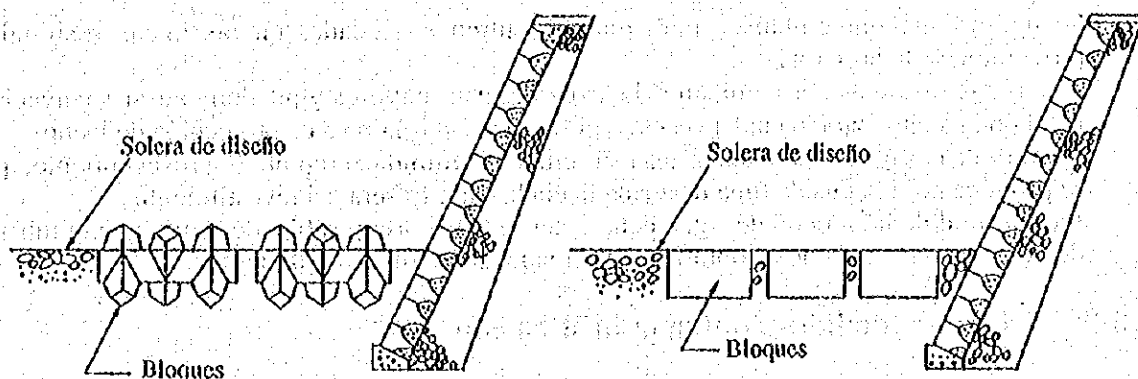
La obra que se construye paralelamente a la obra horizontal se llama la obra de protección de lecho, y la que se instala paralelamente a la obra de protección de lecho, se llama la obra de consolidación de empotramiento, las cuales se destinan a prevenir la socavación causada por el peso propio de la obra o la rugosidad del cemento.

#### (1) Material

En cuanto a los materiales que se utilizan para la obra de protección de lecho y la obra de consolidación de empotramiento, si se puede obtener rocas en los lados excavados, se efectúa encachado de piedra, pero en caso de no poder obtenerlos, se utilizan bloques de hormigón, gavillones, etc.

#### (2) Tamaño

El tamaño del bloque de hormigón que se utiliza para la obra de protección de lecho o para la obra de consolidación de empotramiento, se deberá diseñar de acuerdo con las condiciones de estabilidad indicadas en el numeral 2-8-4 "Obra de Arreglo".



**Figura 4-15 Obra de consolidación de empotramiento**

## 4-10 Diseño de las estructuras auxiliares

### 4-10-1 Obra de cabecera

En el caso de que ya existe la boca de toma de agua en el río en que se proyecta la obra de cauces, se deberá ejecutar la obra de cabecera como la obra de compensación.

La obra de cabecera emplea por lo general el sistema natural para tomar agua, pero el Reglamento de Estructura concerniente a las instalaciones de administración de ríos, estipula evitar en la medida de lo posible la construcción del canal fuera de dique como el sistema del cana fluvial. No obstante lo anterior, por regla general la obra de cauces emplea el sistema de excavación, por lo tanto si se construye un canal fluvial dentro del dique, éste debe ser canal tapado (galería) con una profundidad bastante, pero con esto se hace más difícil el mantenimiento y la administración de estos canales fluviales, por tanto a veces se ve obligado a emplear el canal fluvial fuera del dique.

Al diseñar la obra de cabecera, se deberá tomar en cuenta los siguientes puntos.

- (1) La estructura del canal fluvial fuera de dique, deberá ser por principio del tipo de separación completa.
- (2) El límite de la capacidad de toma de agua se limitará a la función actual del canal, procurando no embocar el agua más de lo que es necesario.
- (3) Contemplando la ocurrencia de la inundación, la estructura de este canal fluvial, deberá ser tal que no provoque daños, tal como la inundación dentro del recinto de la presa.
- (4) El canal fluvial fuera del dique, no deberá colocarse dentro de la sección establecida de la obra de cauces. También, su estructura será tal que no impida el mantenimiento del lecho del río de que se trate.

### 4-10-2 Obra de drenaje

En el caso de que aguas residuales provenientes de la casa o de arrozales que desembocan en la corriente de agua en la que se proyecta la construcción de la obra de cauces, es necesario construir la obra de desagüe.

Al diseñar la obra de desagüe, deberá considerar los siguiente puntos.

- (1) Esta deberá construirse a un nivel más alto que el nivel crítico de avenida diseñado del revestimiento, de modo que no provoque desbordamiento cuando ocurra inundación.

- (2) Se deberá instalar embalses para que no entren suciedades en las aguas residuales provenientes de las casas.
- (3) Las aguas residuales provenientes de arrozales son mayores y pueden causar socavación local en el lecho, para lo cual a veces se obliga a instalar la obra de protección de lecho.
- (4) La obra de desagüe deberá tener una estructura que impida el ruptura del revestimiento, que se provoca por el agua de fuga desviada hacia la parte trasera del revestimiento.
- (5) La longitud de la obra de desagüe deberá ser lo más corta posible, de modo que la tubería de desagüe o la zanja no se obtura por las maderas flotantes o sedimentos.

#### 4-10-3 Obra de medidas contra la infiltración

En caso de la obra de cauces con revestimiento en 3 lados, a veces hay que construir la obra de medidas contra la infiltración, es decir la obra de eliminación de la infiltración que tiene por objeto prevenir el rompimiento del fondo causado por el agua infiltrada que corre por el fondo de la obra de protección del fondo, así como también la obra de penetración del agua que tiene por finalidad abastecimiento del agua subterránea.

La obra de eliminación de la infiltración, se instalará en aguas arriba de la obra de consolidación de lecho para facilitar desagüe, y la obra de penetración del agua, en aguas arriba de la obra de banda con el fin de facilitar la penetrabilidad del agua.

Ambas obras son casi iguales salvo la ubicación en la que se instale, o sea, tal como se muestra en la siguiente Figura 4-16, se emplea por lo general la obra que utiliza bloques de hormigón o gavión en una parte del revestimiento en 3 lados.

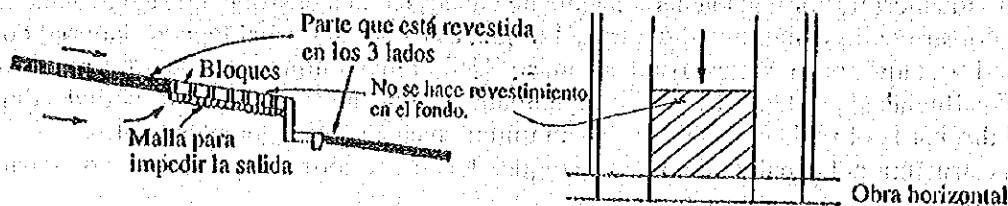
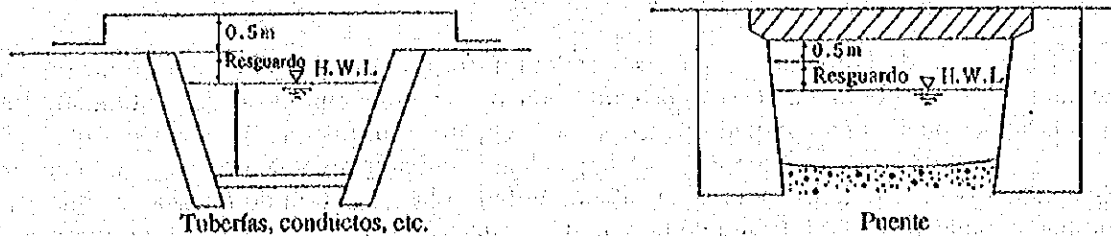


Figura 4-16 Obra de eliminación de la infiltración

#### 4-10-4 Estructuras transversales, tal como el puente

Es deseable minimizar las estructuras que atraviesan el río, tal como el puente, etc., pues estas pueden causar daños o atascamiento por los troncos flotantes acarreados cuando ocurra inundación, por lo que se deberá pensar en la integración de varios puentes, suprimiendo los innecesarios.

Si se ve obligado a construir un puente, es deseable ajustar la altura por encima de la superficie del río, al valor del resguardo más 0.5 metro (refiérase a la Figura 4-17).



**Figura 4-17 Resguardo por debajo de la viga de la estructura que atraviesa el río**

En caso de integrar los puentes, si los habitantes de alrededor solicita ensanchamiento del ancho del puente, se diseñará un puente de cargas similares, prohibiendo el paso de los vehículos que exceden la carga diseñada.

En cuanto a la estructura que atraviesa por encima de la obra de cauces, es deseable evitar la ubicación de ésta dentro de las gama de 15 metros aguas arriba y abajo de la obra de caída, con el fin de prevenir el atascamiento o caída por el resalto de agua de la corriente.

#### **4-10-5 Escala de peces**

La escala de peces que se construye dentro de la obra de cauces, deberá ubicarse fuera de la sección determinada, pero a diferencia de la escala de peces que se instala en la presa de Sabo, hay casos en que la escala se construye, en la obra de caída, ensanchando la sección de el vertedero.

El diseño de la escala de peces estará de acuerdo con la mencionada en el numeral 2-9-4 "Escala de peces".

#### **4-10-6 Ademado**

Hay caso en que se ve obligado a cortar el terreno por encima de la altura del revestimiento, debido a que la pendiente del lecho diseñada en la obra de cauces es distinta de la del lecho actual, en tal caso se requiere la obra de ademado.

El ademado deberá separarse, en la medida de lo posible, de la obra de cauces, instalando el paso o la escalera pequeña en el revestimiento, con el fin de facilitar el mantenimiento y administración de la obra de cauces.

#### **4-10-7 Cerca de protección**

En el caso de que la obra de cauces se encuentra adyacente al camino o al terreno en donde vive la gente, a veces se requiere instalar una cerca para prevenir la caída de la gente o del vehículo. Pero es deseable que el número de cercas sea lo menos posible, de modo que ésta no impida el mantenimiento o la administración de la obra de cauces.

#### 4-10-8 Obra de escalera y obra de rampa

En el caso de construir la obra de escalera u obra de rampa, se procurará no instalarlas inmediatamente por encima de la obra de caída, con el fin de prevenir el riesgo, y al mismo tiempo se instalarán las puertas para impedir el acceso de los ajenos o intrusión según la necesidad.

En el caso de que la escalera se instala paralelamente al revestimiento, la escalera deberá ser tal que ésta vaya para abajo hacia aguas abajo, evitando la estructura de la escalera que va para abajo hacia aguas arriba. El diseño de la obra de escalera debe efectuarse, de modo que esta obra no sea el punto vulnerable para el revestimiento.

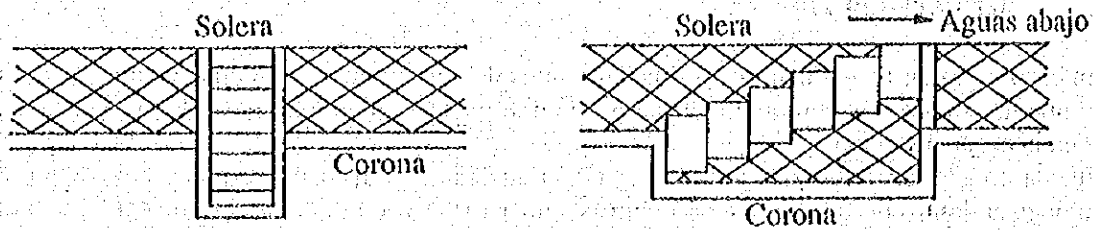


Figura 4-18 Obra de escalera

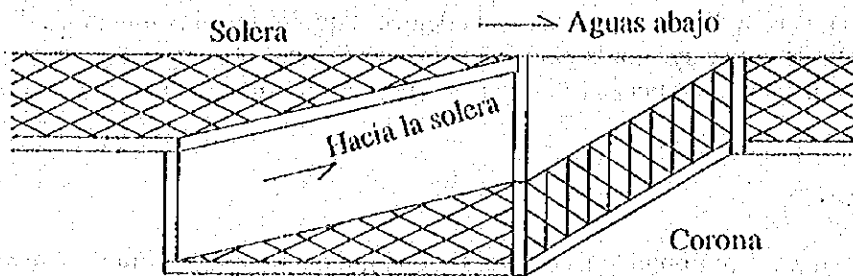


Figura 4-19 Obra de rampa

# **APÉNDICE 1 TRABAJO DE PROTECCIÓN DEL DIQUE DE DEFENSA**

**PUBLICADO POR EL BUREAU DE RÍOS DEL MINISTERIO DE LA  
CONSTRUCCIÓN**



Sección 1 Trabajo de Protección del Dique de Defensa .....	3
1.1 Daño al Embancamiento .....	3
1.1.1 Desbordamiento.....	3
1.1.2 Pérdida por Infiltración.....	3
1.1.3 Socavamiento .....	3
1.2 Trabajo de Protección del Dique de Defensa.....	4
1.2.1 Trabajo básico.....	4
1.2.2 Rama o Bambú Flotante (Kinagashi).....	5
1.2.3 Dispersión por Estera de Paja (Omote - mushiro - bari) .....	7
1.2.4 Costura en Trípode (Gōtoku - nui).....	8
1.2.5 Plegamiento (Orikaeshi).....	9
1.2.6 Anillado (Tsukinowa).....	11
1.2.7 Apilamiento de Sacos de Arena (Tsumi - dohyo).....	12
1.2.8 Apilamiento de Sacos de Arena con Estacas (Kuiuchi - Tsumi - dohyo) .....	13
1.2.9 Circundación de Sacos de Arena (Tsumi - mawashi).....	14
1.2.10 Punto de Cadaneta (Tsugani - nui).....	15
1.2.11 Enmallado (Kago - dome).....	16
1.2.12 Esterado con Sacos de Arena (Dohyo - haguchi) .....	18
1.2.13 Trabajo del Esqueleto ((Ushi - waku).....	20
1.2.13.1 Trabajo del esqueleto SEIGYU Tamaño Medio .....	20
1.2.13.2 Trabajo del Esqueleto KAWAKURA.....	21
1.2.14 Acoplamiento de Sacos de Agua (Renketsu - Suino).....	22
1.2.15 Método de Tableros de Revestimiento (Seki - ita).....	24
1.2.16 Método de Revestimiento de Chapa de Acero (Seki - ita).....	24

**APÉNDICE 1 DEFENSA CONTRA CRECIENTES****Sección 1 Trabajo de Protección del Dique de Defensa****1.1 Daño al Embancamiento**

Las causas de daño a un embancamiento son clasificados en tres categorías; desbordamiento, pérdida por infiltración y socavamiento.

**1.1.1 Desbordamiento**

Hay un peligro de desbordamiento en aquellas partes donde la elevación de un embancamiento es baja, o el lecho del río es alto, o en las partes corriente arriba de las instalaciones tales como un puente y vertedero de irrigación transversal al río. Cuando los niveles de agua exceden el tope de un embancamiento, los desbordamientos se inician y estos inicios socavan el fondo del lado posterior del talud y esto causa fallas del embancamiento por la ampliación gradual del área socavada.

**1.1.2 Pérdida por Infiltración**

La pérdida por infiltración de agua ocurre en el sitio del embancamiento arenoso, embancamiento delgado, encajonamiento de un lecho viejo de río, conducto de evacuación o partes de canal de tuberías, y las pérdidas por infiltración aflojan el embancamiento y causan colapsos del costado del talud o fisuración del embancamiento. Hay también la posibilidad de causar manantiales de agua por la concentración de la penetración de agua las cuales forman un yacimiento acuífero.

**1.1.3 Socavamiento**

Hay un peligro de socavamiento en las partes de meandros de un río donde el caudal siempre golpea el revestimiento, en las partes dañadas del embancamiento, o en las partes corriente arriba de las instalaciones tales como un puente o un vertedero de irrigación seccional del río. Hay también el peligro de socavación debido a ondas en aquellos ríos de dimensiones largas y anchas.

Consecuentemente, deberán seleccionarse aquellos métodos de trabajo de protección de diques de defensa que sean efectivas frente a estas causas. Adicionalmente, es más importante que la protección del dique de defensa pueda ser ejecutada por métodos que sean seguros de operar aun en medio de una

terrible tormenta de viento y lluvia en la noche. Para este propósito, es necesario mantener el suficiente material y las labores de trabajo en su tiempo normal, y lograr la habilidad de la protección del dique de defensa mediante repetidas maniobras de entrenamiento.

## 1.2 Trabajo de Protección del Dique de Defensa

### 1.2.1 Trabajo básico

Trabajo básico; afilado del bambú, preparación de la estaca y la fabricación de los sacos de arena.

1. Usos de pértigas de bambú: Costura en tripode, plegamiento, soporte, y como estacas.

**Método de afilado:**

Corte un extremo de un bambú a un ángulo para una longitud cercana a cinco veces el diámetro del bambú, desechando una juntura en el extremo para prevenir el agrietamiento de la orilla afilada. Colocar una hoz con este propósito sobre el bloque de contacto, instalar un soporte de madera dentro de la tierra y afilad el bloque al soporte de madera. En el lado de la hoz, el trabajo es ejecutado por un cortador y uno o dos haladores.

2. Uso de los sacos de arena: Usarlos como lastres o para apilamientos.

**Método de preparación:**

Mallar la tapa de paja a doble espacio (un octavo de la circunferencia) o a espacio simple. Abrir el medio del manojo de paja a lo largo con una hoz y rellenar uniformemente con 50 a 60 kilos de tierra y arena. Con una soga de paja doble trenzada, atar el saco ajustadamente en dos o tres sitios a lo largo de la estructura. En lugar de sacos de paja, los sacos pueden ser hechos de yute o pueden también ser usados sacos plásticos.

### Afilado del Bambú y Preparación de la Estaca

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
3	bambú	circunferencia: base: 18 cm, tope: 9 cm,	pieza	15	codó	pieza	1	3 en un grupo
2	estaca de madera	longitud: 1.2 m	pieza	5				2 en un grupo

## Fabricación de los Sacos de Arena

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
10	saco de paja vacío	con tapa	pieza	10	pala	pieza	5	
	soga doble trenzada	longitud: 3 m	pieza	45				
	saco plástico		pieza	5				

## 1.2.2 Rama o Bambú Flotante (Kinagashi)

Propósito: Disminuir el caudal de agua rápido para prevenir la extensión de las rupturas del embancamiento en la orilla de agua y para prevenir la erosión debido al movimiento de las ondas de agua.

*Método:*

Cortar una rama (o bambú) desde la raíz, amarrando sacos de arena (o piedra) al ramal, enlazando el extremo de la raíz con alambre y enlazando el otro extremo del alambre a la estaca retentora. Hacer flotar esta desde aguas arriba y fijela a la ruptura de la superficie.

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
10	árboles comunes o bambúes	longitud: cercana a 5.5 m diámetro final: 9 cm	pieza	2	mallete	pieza	2	El equipo trabaja en dos grupos. Intervalos de 5 m. Para cada una, rama o bambú, 4 sacos de arena son unidos. Donde el cable hace contacto con el tope del talud del embancamiento, es colocado una almohadilla de saco de arena
	estacas	diámetro final: 9 cm longitud: 1.2 m	pieza	2	tonaza	pieza	4	
	saco plástico	longitud: 3m	saco	10				
	soga doble trenzada	longitud: 4.5 m	pieza	30				
		10# galvanizado	pieza	8				
	alambre de acero		m	100				

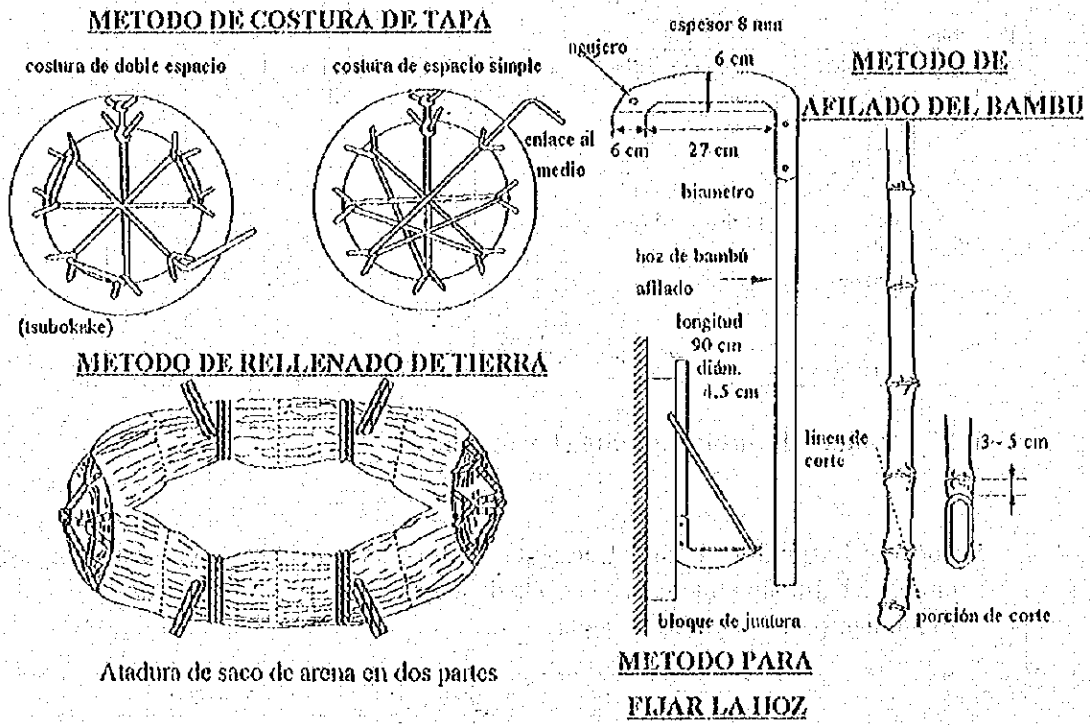
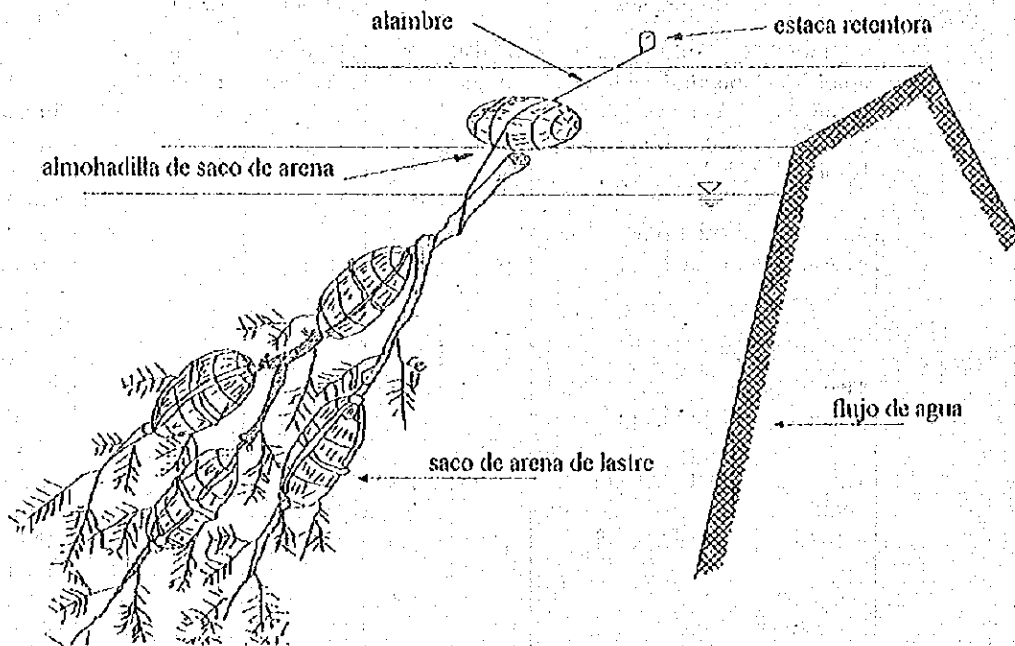


Figura A.1 Trabajo Básico  
Confección de saco de arena, afilado del bambú



## 1.2.3 Dispersión por Estera de Paja (Omote - mushiro - bari)

Propósito: Para prevenir el desprendimiento de material del embancamiento e infiltración de agua.

**Método:**

Dependiendo del tamaño de la ruptura de la cara del talud, 9, 12 o 15 planchas de esteras son cosidas juntas con sogas, nervaduras de bambú son lateralmente entretejidas toscamente de parte a parte en intervalos de 90 cm.

Los sacos de arena son atados en el extremo inferior de la plancha como lastre, la plancha se pudre alrededor del lastre y desde el tope de desenrolla gradualmente con la soga, adicionando costuras adonde sea necesario.

Mas lastre de sacos de arena son cargados sobre la plancha para prevenir el aleteo y afirmar la plancha.

Tabla

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº.	Nombre	Unidad	Nº.	
10	estera de paja	1.8 m x 0.9 m	lámina	9	agujas de madera	pieza	número adecuado	Las esteras son puestas tres en fila y 3 a los lados y varillas de bambú colocadas a intervalos de 0.6 m. Los sacos de arena de lastre son unidos en el extremo inferior. También, para prevenir el aleteo, los sacos de arena de lastre son cargados en el extremo superior para retener la lámina
	bambú	circunferencia: 9 cm longitud: 3.5 m	pieza	10	mallette	pieza	1	
	conducto de madera	diámetro final: 9 cm longitud: 1.2 m	pieza	3				
	saco de paja vacío	con tapa	pieza	5				
	soga doble trenzada	longitud: 3 m longitud: 4.5 m	pieza pieza	15 2				
	soga triple trenzada	longitud: 8 m longitud: 20 m	pieza pieza	2 4				

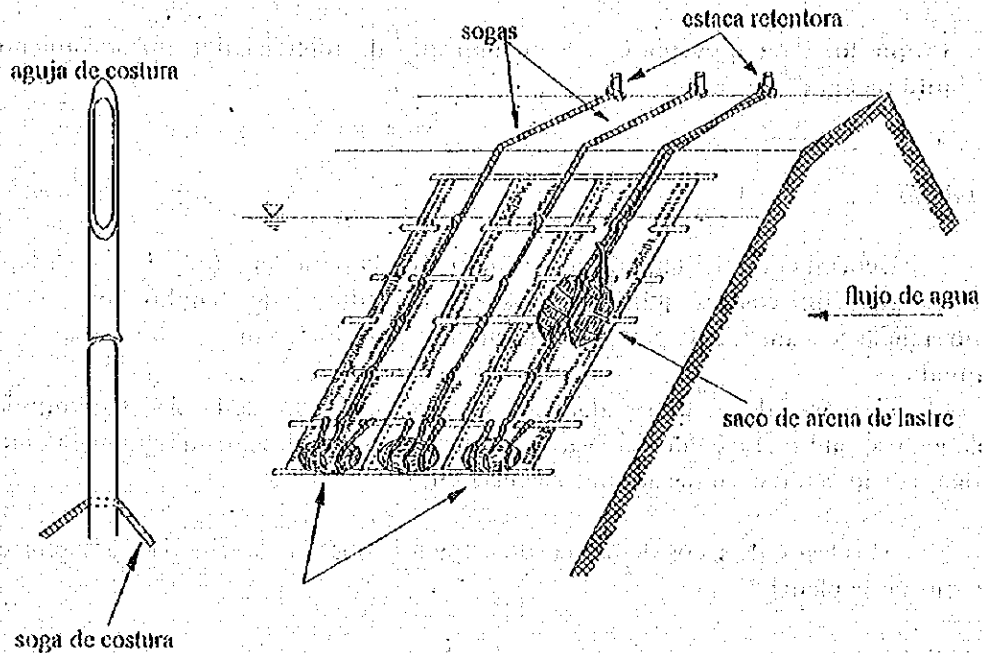


Figura A.3 Dispersión por Estera de Paja (Omote - mushiro - bari)

#### 1.2.4 Costura en Trípode (Gōtoku - ni)

Propósito: Prevenir la extensión de fisuras o rupturas sobre el costado de tierra del embancamiento.

##### Método:

Clavar 3 o 4 pértigas de bambú profundamente dentro de la tierra en ambos lados de la fisura a un intervalo de 1 m en la forma de un trípode o cuadrípode.

El tope de las pértigas son enlazadas juntas con una soga a 1.2 - 1.5 m sobre el nivel del terreno.

Sobre el tope del nudo es colocado un saco de arena de lastre. Si no hay césped en la porción de la fisura, o si el embancamiento es débil, los sacos de arena pueden ser usados en la base.

Este método es mas efectivo en el reborde inferior del talud mas que en la cara del talud. Es también seguro ponerlo en las estacas de soporte en el reborde inferior del talud.

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
10	bambú	circunferencia: 18 cm al ras	pieza	18				Cuadrípode: 3 lugares Trípode: 2 lugares Los lastres de pie son usados para los cuadrípodes y son sacos de arena. Los lastres de pie no son usados para los tripodes y se carga un saco de arena como lastre. La distancia entre flotas es cercana a 1 m para ambos, tripodes y cuadrípodes
	Saco plástico		saco	17				
	soga doble	longitud: 3 m	pieza	51				
	soga trenzada	longitud: 1.5 m	pieza	5				

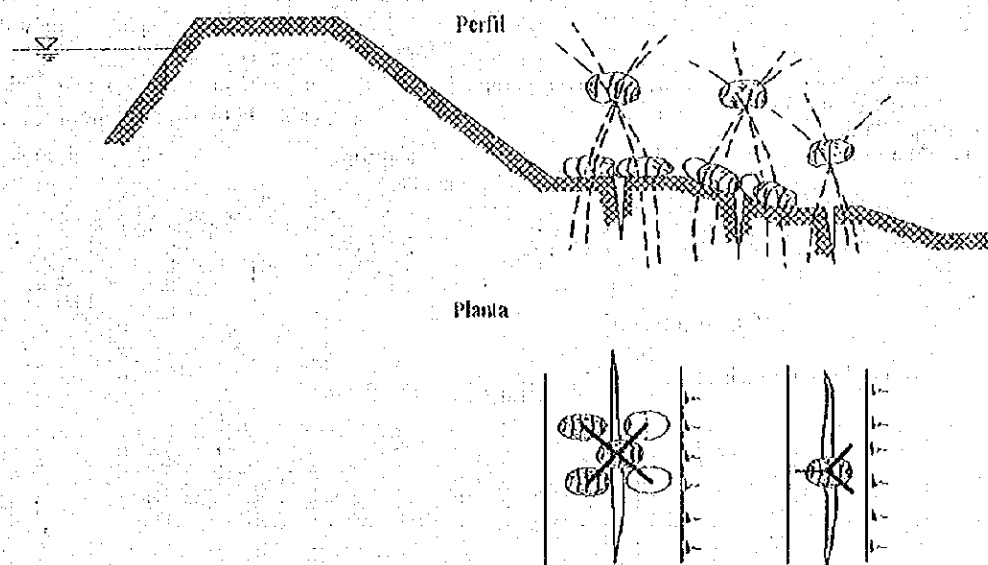


Figura A.4 Costura en Tripode (Gotoku - nui)

1.2.5 Plegamiento (Orikaeshi)

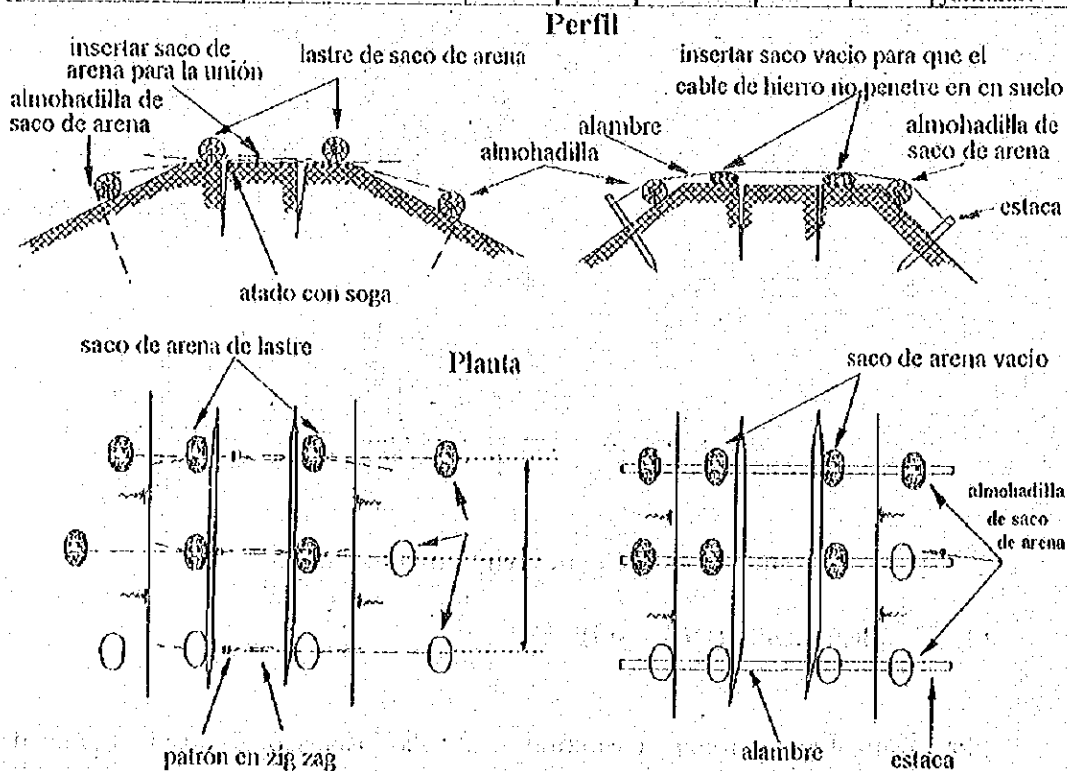
Propósito: Para prevenir la ruptura cuando las fisuras ocurren en el tope del embancamiento.



**Método:**

Clavar pértigas de bambú en el frente y superficie posterior del tope del embancamiento, colocando sacos de arena en las raíces como almohadillas. Las pértigas son encorvadas y en los extremos superiores amarradas juntas en el medio del embancamiento con sogas. Como la parte encorvada del bambú es propensa a romperse los sacos son enrollados e insertados como almohadillas. Para asegurar la tensión de los bambúes, son colocadas en el tope sacos de arena de lastre.

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
10	bambú	circunferencia: 15 cm al ras	pieza	20	hacha	pieza	2	Clavar 10 bambúes a intervalo de 1.5 m, colocando una almohadilla de saco de arena por cada base e insertando sacos en la parte pliegada. Se cargarán sacos de arena de lastre en las juntas.
	Saco plástico		saco	40				
	soga doble trenzada	longitud: 3 m	pieza	120				
		longitud: 1.5 m	pieza	20				



**Figura A.5 Plegamiento (Orikaeshi)**

## 1.2.6 Anillado (Tsuklnowa)

Propósito: Almacenar el agua infiltrada en el lado interno para reducir la presión del agua filtrada.

*Método:*

Se apilan los sacos de arena alrededor del salidero en el reborde inferior del talud en forma de gancho (radio 1.2 m - 2 m).

Absorber el agua infiltrada dentro de este anillo y preparar canales para descargar el agua.

La altura del apilamiento será justo la suficiente para reducir la presión de agua, y si el apilamiento es mayor que tres filas de sacos de arena, son usadas las estacas retentoras o las vallas de estacas.

Las esteras son colocadas en las descargas de los canales y el agua es descargada a través de un tubo. Entre los sacos de arena, se coloca tierra de relleno y es suficientemente compactada, para prevenir infiltración desde cualquier brecha.

Tabla

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
25	saco de paja vacío	con tapa	pieza	140	mallete	pieza	2	3 hileras de sacos de arena son apiladas en un semi círculo en un radio de 1.8 m, con otros adicionales como se requiera. Para cada saco una estaca de bambú de 1.5 m en longitud y 15 cm de circunferencia es plantado como estaca retentora.
	soga doble trenzada	longitud: 3 m longitud: 1.5 m	pieza	405				
	estaca	longitud: 1.5 m diámetro: 6 cm	pieza	32				
	estaca	longitud: 1.8 m diámetro: 6 m	pieza	4				
	conducto triangular	20 cm x 30 cm x 200 cm	pieza	1				
	estera de paja	0.9 m x 1.8 m	lámina	2				

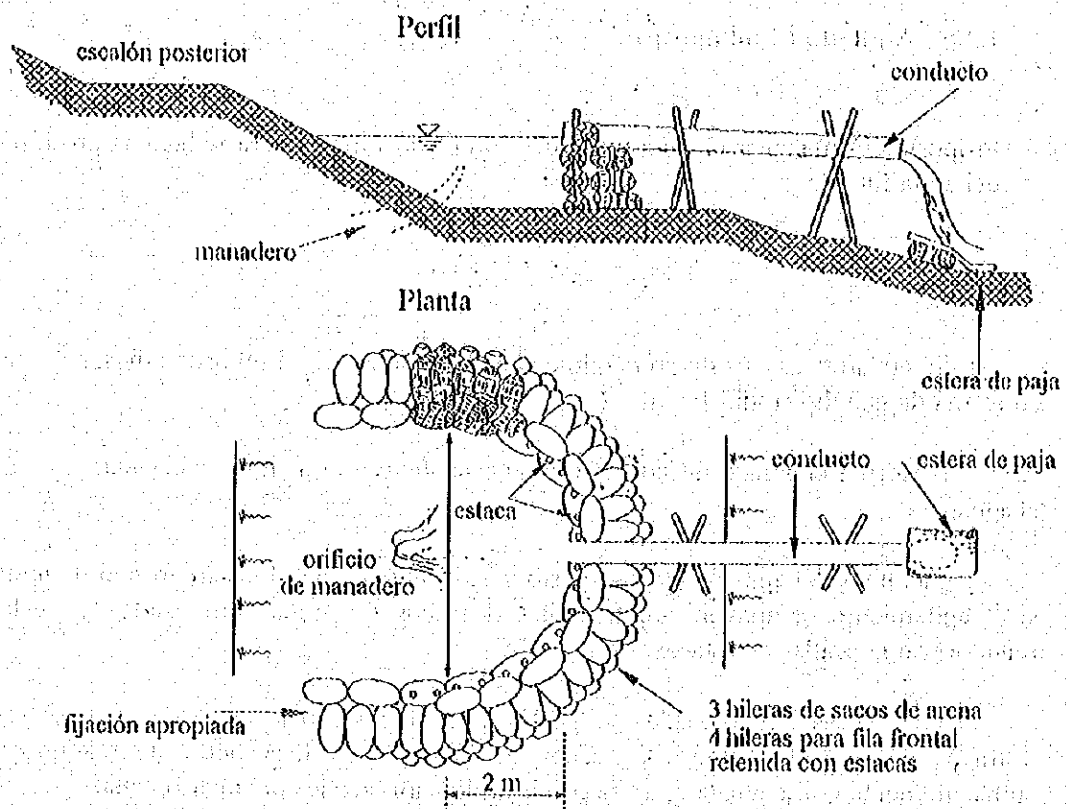


Figura A.6 Anillado (Tsuki - no - wa)

### 1.2.7 Apilamiento de Sacos de Arena (Tsumi - dohyo)

Propósito: Prevenir la inundación de agua.

**Método:**

Apilar sacos de arena a la altura requerida sobre el embancamiento cercano a 0.5 - 1.0 m de distancia desde la saliente del frente del talud para que el apilamiento no sea afectado por cualquier falla de la saliente.

Si el apilamiento tiene solamente una hilera, los sacos pueden ser amontonados a lo largo o a lo ancho.

Es rellenada y compactada tierra entre los sacos, con paja también insertada para evitar la infiltración.

Para apilamiento de tres hileras son clavadas para soporte estacas de madera o bambú.

Tabla

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº.	Nombre mallete	Unidad pieza	Nº	
20	saco de paja vacío	con tapa	pieza	120				Para una longitud de 20 m con 2 hileras en el frente y 1 hilera en la parte posterior. Cada saco es atado con 12 pértigas de bambú. Puntos paralelos de costura son empleados para el tope.
	saco de arena		saco	33				
	soga doble	longitud: 3 m	pieza	526				
	trenzada de bambú	circunferencia: 9 cm al ras	pieza	17				
	soga doble trenzada	longitud: 1 m	pieza	2				

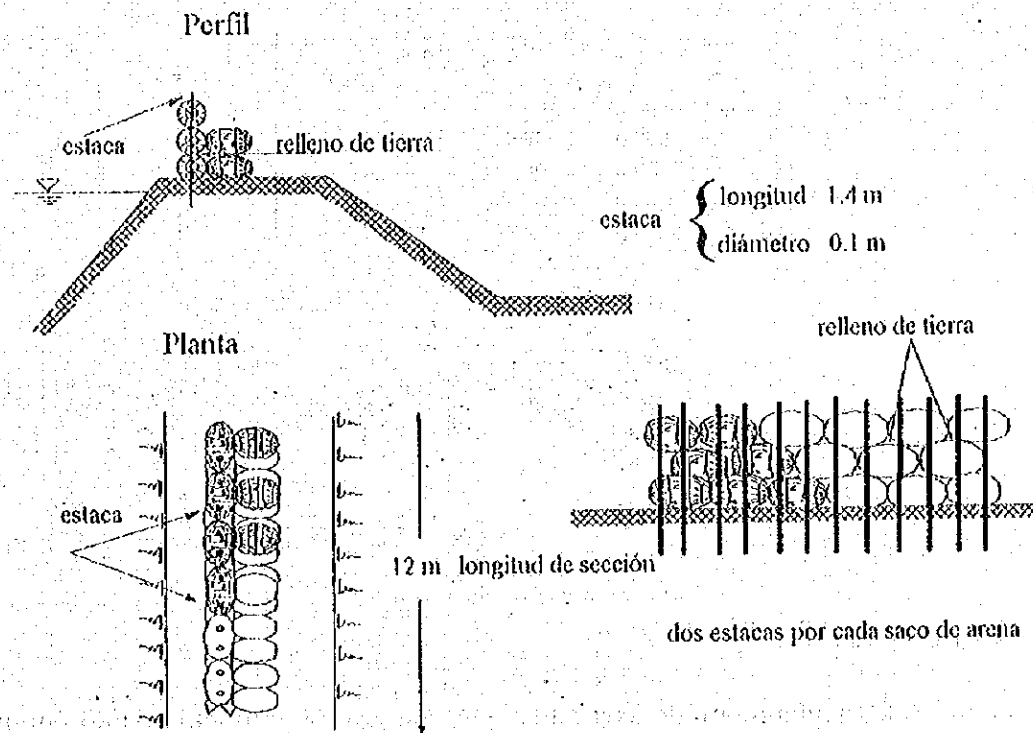


Figura A.7 Apilamiento de Sacos de Arena (Tsumi - dohyo)

1.2.8 Apilamiento de Sacos de Arena con Estacas (Kuluchi - Tsumi - dohyo)

Propósito: Prevenir el daño de la superficie posterior del talud del embancamiento.

**Método:**

Apilar sacos de arena longitudinalmente a lo largo del reborde inferior del talud y clavar estacas cercanas a los 2.5 m a 0.6 m de intervalos como soportes. Una viga lateral de 5.0 m en longitud es añadida a la parte superior de las estacas y son instalados apoyos de 4 m a intervalos de 3.6 m. En la porción media de cada apoyo, dos púrtigas retentoras son clavadas una en cada lado en ángulo. En la base de fijación del apoyo, son clavados dos espigas en una fila como riostras.

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
76	saco de paja vacío	con tapa	pieza	200	mallet	pieza		Para cada sección de 10 m
	sacos de arena		saco	900				
	relleno de tierra	suelo arenoso	m <sup>3</sup>	30				
	soga	10 m/m	rollo	17				
	tronco	φ12 cm × 5.00 m	pieza	2.8				
		φ12 cm × 4.00 m	pieza	3.8				
φ12 cm × 2.50 m		pieza	17.7					
φ12 cm × 1.50 m		pieza	7.6					
φ12 cm × 0.50 m		pieza	7.6					

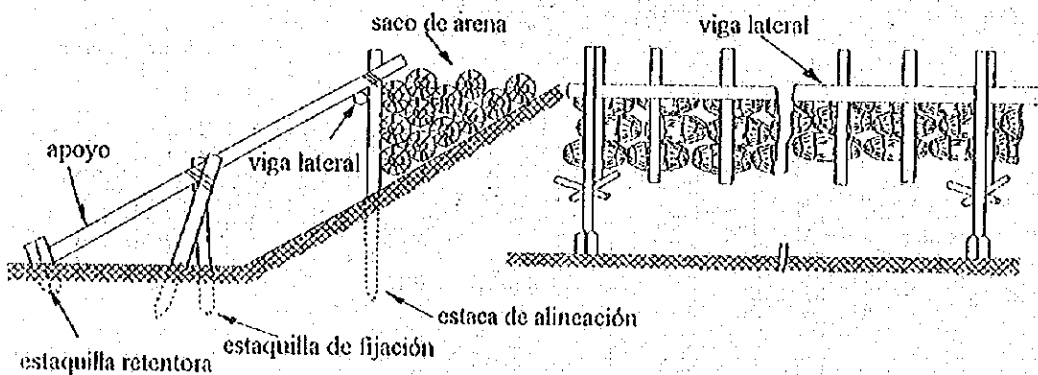


Figura A.8 Apilamiento de Sacos de Arena con Estaca (Kufuchi - tsumi - dohyo)

1.2.9 Circundación de Sacos de Arena (Tsumi - mawashi)

Propósito: Reforzar una debilidad de la superficie del talud frontal.

**Método:**

Las estacas son clavadas a intervalos de 0.90 m, y sobre las estacas de bambú es tejido el enrejado, rellena con tierra y compactada, las esteras son distribuidas sobre la superficie, y la cincundación de sacos de arena es construida en la superficie posterior.

Tabla

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
67	saco de paja vacío	con tapa	pieza	200	malleto	pieza		Para una sección de 10 m
	saco de plástico		saco	900				
	tierra	suelo arenoso	m <sup>3</sup>	30				
	soga	10 m/m	rollo	12				
	tronco	φ12 cm × 5.00 m	pieza	2.8				
	tronco	φ12 cm × 2.50 m	pieza	17.7				

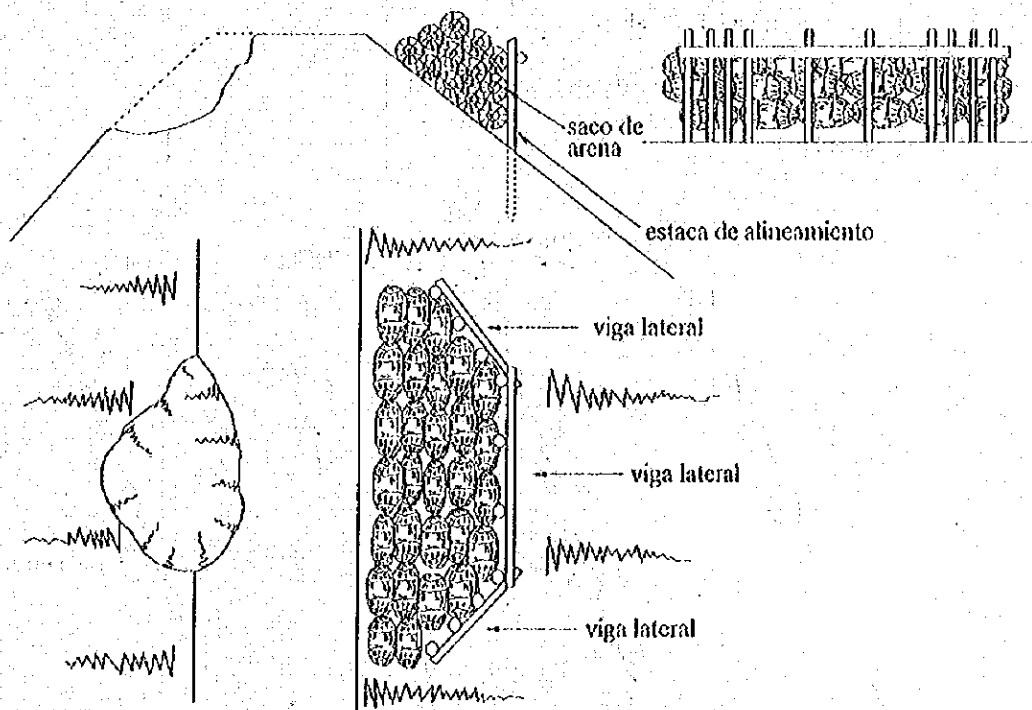


Figura A.9 - Construcción Alrededor (Tsuki - mawashi)

1.2.10 Punto de Cadeneta (Tsugani - nui)

Propósito: Para enganchar las fisuras para prevenir el derrumbe de la cara posterior del talud.

**Método:**

Clavar estacas de 2.7 - 3.6 m en longitud y 6 - 9 cm de diámetro con intervalos de 1.0 - 2.0 m y amarrar pértigas de bambú de 10 - 15 cm en circunferencia alrededor de las estacas.

Las mismas estacas son clavadas en el tope del embancamiento y fijadas con bambú. Estas dos cadenas de bambú son curvadas y unidas juntas con sogas dejando alrededor de 2 m como uniones. Entonces son adicionados sacos de arena de lastre.

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
	saco de paja vacío		pieza	6	mallete			Para cada ubicación
	bambú	circunferencia: 7 - 15 cm longitud: 8 m	pieza	4				
	estaca	diámetro: 10 cm longitud: 2.5 m	pieza	2				
	soga doble trenzada	rollo grande: 20 kg	pieza	0.3				

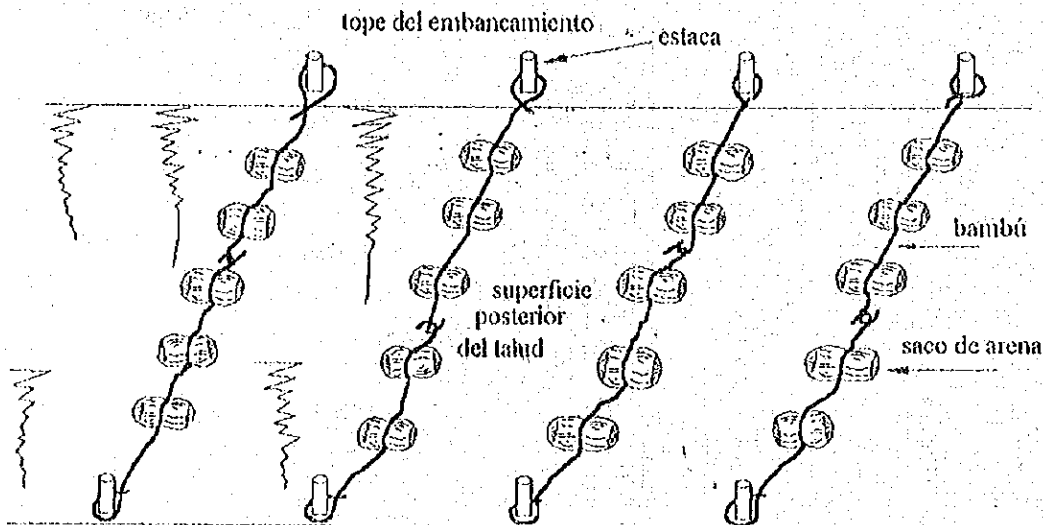


Figura A.10 Punto de Cadeneta (Tsunagi - nut)

**1.2.11 Enmallado (Kago - dome)**

Propósito: Prevenir el derrumbe o las fisuraciones sobre la superficie posterior del talud.

**Método:**

Las estacas cercanas a 1.8 m en longitud son clavadas a intervalos de 2 m y estacas adicionales son clavadas entre ellas.

Bambúes rajados son usados para conectar diagonalmente las estacas, y sacos de arena de lastre son cargados uno sobre cada estaca. Si el embancamiento es débil, son trenzadas ramitas dentro de la estera y son adicionados sacos de arena.

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº.	Nombre	Unidad	Nº.	
	saco de paja vacío		pieza	4	mallete	pieza		Para cada pieza de mallado a intervalo de 2m.
	bambú	circunferencia: 15 cm longitud: 2.5 m	pieza	4				
	estaca	longitud: 2.0 m diámetro: 10 cm	pieza	4				
	soga doble trenzada	rollo grande	rollo	0.1				
	alambre de acero		kg.	0.6				Para bambúes ligados.

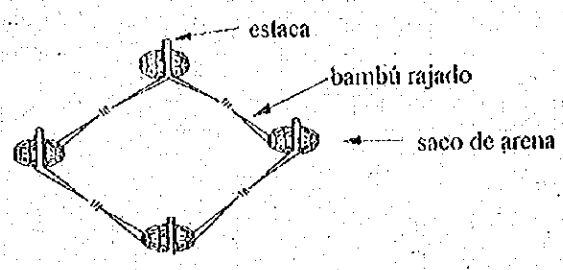
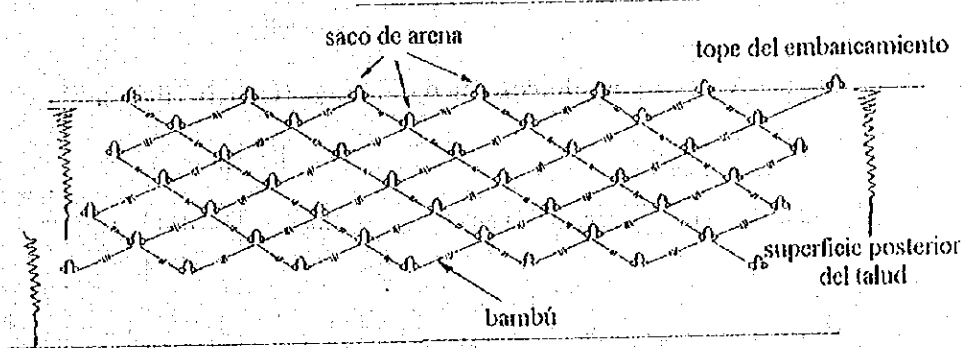


Figura A.11 Enmallado (Kago - dome)



1.2.12 Esterado con Sacos de Arena (Dohyo - haguchi)

Propósito: Reforzar la superficie posterior del talud.

**Método:**

Sacos de arena son apilados, a lo ancho, en una hilera en filas paralelas, y es extendida tierra uniformemente antes de que la siguiente hilera sea apilada con una inclinación de un medio saco retrocediendo hacia la parte de atrás. Es rellenada con tierra la parte interna y compactada. Para afianzar sacos de arena puestos en paralelo, son usados esterados de bambúes 6 - 9 cm de circunferencia.

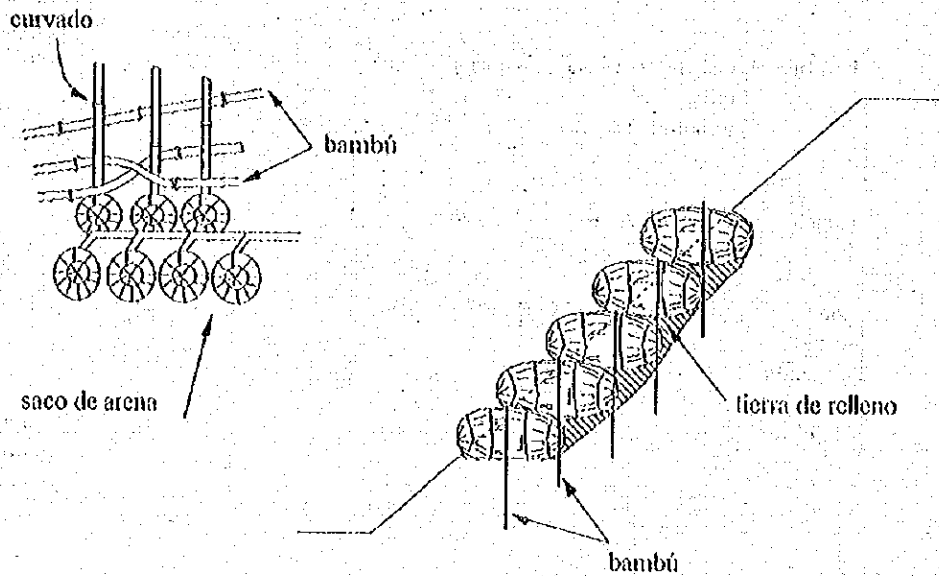
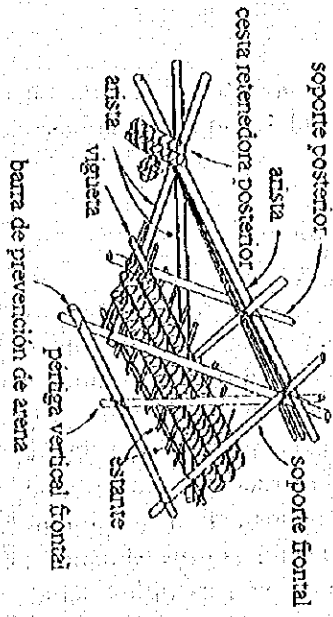


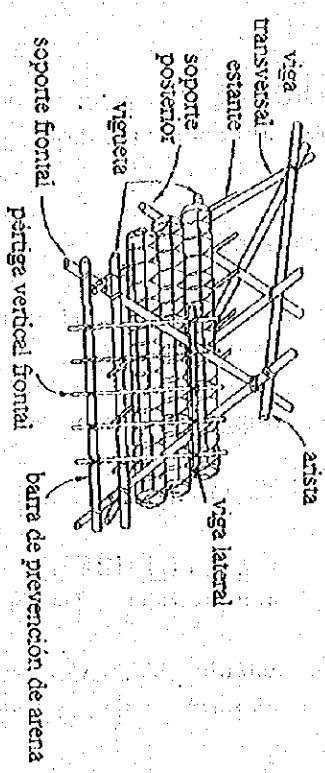
Figura A.12 Esterado con Saco de Arena (Dohyo - haguchi)

Personas	Materiales				Herramientas			Observación
	Nombre	Forma y Talla	Unidad	Nº	Nombre	Unidad	Nº	
	saco de paja vacío		pieza	14	mallete	pieza		Para dos filas de 7 piezas por fila. Uno por cada saco de arena.  Use para el esterado.
	bambú	circunferencia: 6 - 9 cm longitud: 3 m	pieza	14				
	bambú	diámetro: 3 - 4 cm longitud: 2 m	pieza	14				

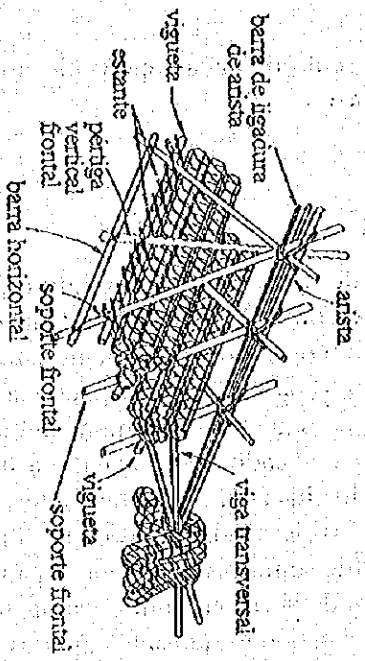
(Kawakura)



(Oishi)



(Tamano medio)



(Torishi)

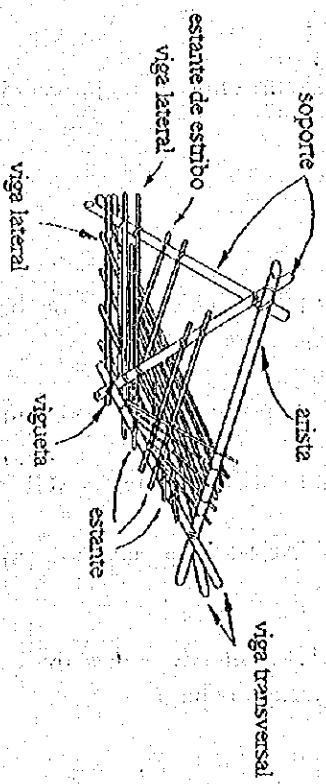


Figura A.13 Trabajo del Esqueleto

### 1.2.13 Trabajo del Esqueleto ((Ushi - waku)

Propósito: Para moderar el impacto del torrente de agua y prevenir la extensión del derrumbe en la base del embancamiento.

#### *Método:*

Este método es generalmente empleado para ríos de torrentes rápidos. Los trabajos de esqueleto son puestos inversamente contra la base del embancamiento para prevenir el derrumbe de la superficie del talud y colocado directamente para moderar el impacto del agua. Para el establecimiento inverso, la cabecera es puesta a lo largo del embancamiento, la pértiga de arista es colocada a un ángulo de disminución mayor que el ángulo recto contra el agua, y el esqueleto es colocado en el agua. Lastres de sacos rellenos con piedra son inmediatamente llevados hacia la cesta y cargados. Como estos esqueletos son usualmente aplicados a localidades de caudal rápido, la colocación en el sitio deseado es difícil debido a que los esqueletos son arrastrados por el caudal de agua. Es necesario asegurar los esqueletos con alambre de acero en puntos estratégicos después de completado el ensamblaje. Otro punto de precaución es que si el cajón es colocado de arriba abajo en la orilla esto puede causar efectos contrarios.

#### 1.2.13.1 Trabajo del esqueleto SEIGYU Tamaño Medio

Objetivo: Mitigar el caudal destructor de las corrientes para prevención de la erosión del pie del dique.

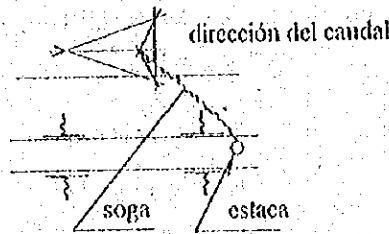
#### *Formación:*

1. Soporte (GASSHO) a ser formado con un soporte y piezas de prevención de arena
2. Soporte (MUNAGI) a ser colocado sobre el soporte y fijado con alambre
3. Viga transversal (KETAGI) a ser fijado con GASSHO y MUNAGI
4. Vigneta (HARIKI) a ser colocado con KETAGI a intervalos convenientes como se muestra en la figura
5. Estantes (TANAKI) a ser fijado con HARIKI a intervalos descables para que los cilindros de alambre y sacos de arena no se vengán abajo

#### *Colocación:*

Cuando la formación es completada, la unidad puede ser colocada, como se ilustra en la figura, volteando la cara del soporte en una dirección perpendicular al dique de defensa, y tomando precauciones contra el arrastre de la estructura debido a la rápida corriente. (Puede ser aconsejable previamente clavar estacas que fijarán la estructura).

Cuando la colocación ha finalizado, los cilindros de alambre y/o los sacos terreros serán enterrados. El número de sacos terreros se incrementarán dependiendo del nivel de agua y la velocidad de la corriente.



**Dimensiones y Cantidades de Piezas y Material Requerido por el Método SEIGYU**

Nombre de las piezas y otros	Dimensiones	Cantidad	Observaciones
Pieza de arista (MUNAGI)	dia. 15 cm x 14.5 m	1 pc 0.1 m <sup>3</sup>	Tronco de pino o cedro
Pieza de soporte (GASSHOKI)	dia. 12 cm x 12.7 m	2 pc 0.08 m <sup>3</sup>	"
Pieza de viga transversal (KETAGI)	dia. 12 cm x 14.5 m	2 pc 0.12 m <sup>3</sup>	"
Pieza de prevención de arena (SUNABARAIKI)	dia. 15 cm x 12.7 m	1 pc 0.04 m <sup>3</sup>	"
Pieza de vigueta (HARIKI)	dia. 15 cm x 12.7 m	3 pc 0.12 m <sup>3</sup>	"
Pieza de estante (TANAKI)	dia. 15 cm x 17.1 m	7 pc 0.07 m <sup>3</sup>	"
Soga de paja doble trenzada		0.5 rollo	
Alambre de acero # 10, recoecido		7 kg	
Cilindro de alambre	dia. 60 cm x 13.0 m		sustituto de la estera de sacos de arena
Piedra de canto rodado	dia. 20 ~ 30 cm	2.3 m <sup>3</sup>	
Materiales heterogéneos		como se requiera	Estacas fijadoras y otros

**1.2.13.2 Trabajo del Esqueleto KAWAKURA**

Objetivo: Oponerse a la corriente rápida para prevenir la socavación en el pie del embancamiento.

**Formación:**

Será aplicado el método de formación del trabajo de esqueleto (USHIWAKU)

**Colocación:**

Una vez completada la formación de la estructura, será colocada en la dirección de la cara del soporte en dirección perpendicular al dique de defensa, protegiendo la pata de apoyo de la pieza de arista (MUNAGI) dentro del río. Cuando la colocación es finalizada, acostar almohadillas de sacos de arena (MAKURA - KAGO) en el frente de

las piezas de prevención de arena (SUNABARAÍKI) y lastres de acomodo. Finalmente, en la pata de apoyo de las piezas de arista, serán colocados cilindros de alambre, asegurando cada uno de ellos juntos.

### Dimensiones y Número de Piezas y Material Requerido por el Método KAWAKURA

Nombre de las piezas y otros	Dimensiones	Cantidad
Pieza de arista (MUNAGI)	dia. 15 cm x 17,2 m	1 pc 0.22 m <sup>3</sup>
Pieza de viga (GASSHOKI)	dia. 12 cm x 14.5 m	2 pc 0.13 m <sup>3</sup>
Pieza de viga transversal (KETAGI)	dia. 12 cm x 17.2 m	2 pc 0.26 m <sup>3</sup>
Pieza de prevención de arena (SUNABARAÍKI)	dia. 12 cm x 14.5 m	1 pc 0.07 m <sup>3</sup>
Pieza de vigueta (HARIKI)	dia. 12 cm x 14.5 m	3 pc 0.2 m <sup>3</sup>
Pieza de estante (TANAKI)	dia. 9 cm x 13.6 m	12 pc 0.35 m <sup>3</sup>
Correa de estante (TANATSURI - KI)	dia. 9 cm x 13.0 m	2 pc 0.05 m <sup>3</sup>
* (1) Cilindros de alambre	dia. 60 cm x 14.5 m	1 pc
* (2) Cilindros de alambre	dia. 60 cm x 18.0 m	7 pc
Alambre de acero # 10, recocido		16 kg
Soga de paja doble trenzada		0.5 rollos
Piedra de canto rodado	dia. 20 ~ 30 cm	15.4 m <sup>3</sup>
* (3) Materiales heterogéneos		como se requiera

Notas 1. Por piezas se pueden usar troncos de cedro y pino.

\* (1) Para sacos terreros.

\* (2) Tres son necesarias para el lastre, y cuatro para la sujeción del fondo en ambos extremos del cilindro.

\* (3) Estacas y otros.

#### 1.2.14 Acoplamiento de Sacos de Agua (Renketsu - Suino)

Objetivo: Para prevenir el embancamiento a causa del desbordamiento

#### Esquema del Método:

Sacos rellenos de agua hechos de lonas de vinylone son colocados en una línea a lo largo del tope del dique de defensa, amarrándolos juntos.

#### Método de tendido:

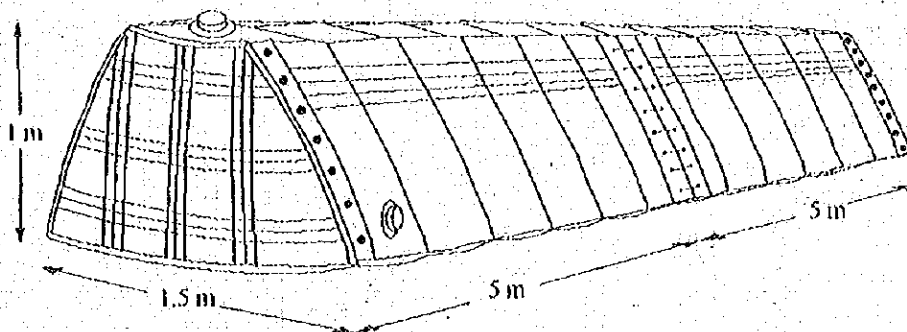
Los sacos serán tendidos sin causar cualquier debilitamiento de los sacos y con sus bocas firmemente apretadas. El emparejamiento de los sacos se hará antes de verter el agua. Para obtener un estrecho contacto entre las porciones de superficie irregular de cada saco, los ganchos sujetos alrededor del saco serán unidos estrechamente. Después

que el agua es bombeada, los sacos son apilados trapezoidalmente. Cuando el terreno tiene una porción con una superficie irregular, este se hará uniforme. Si hay el temor que la superficie de terreno arcilloso pueda mover los sacos, tubos de acero pasados a través de todo el cerco uniendo a cada saco van a ser fijados a las estacas previamente clavadas dentro de la tierra.

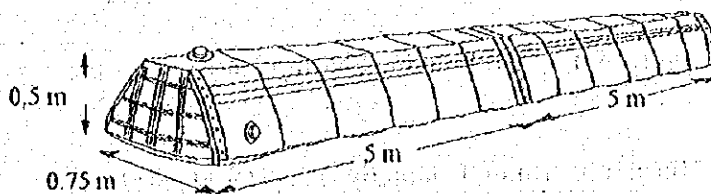
Mano de obra	Trabajo	Equipo
4 personas	Acoplamiento de sacos de agua	Unidades de bomba 1
0.15 personas (por hora)	Tubería de acero o trabajos de estaca	Unidades transportadoras 1

Tipo	Observaciones	Altura	Fondo
Tipo A	Corresponde a sacos terreros convencionales apilados a 6 etapas	1,000 mm	1,500 mm
Tipo B	Corresponde a sacos terreros convencionales apilados a 3 etapas	500 mm	750 mm
Tipo C	Corresponde a sacos terreros convencionales apilados a 3 etapas	250 mm	380 mm

Tipo A



Tipo B



Tipo C

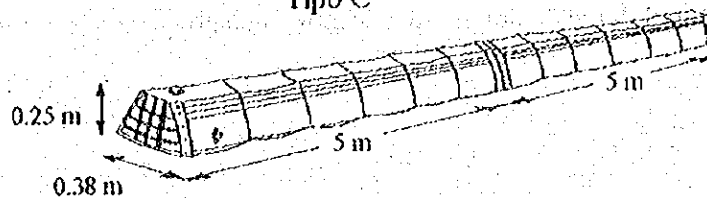


Figura A.14 Acoplamiento de Sacos de Agua

**1.2.15 Método de Tableros de Revestimiento (Seki - Ita)**

**Objetivo:** Para prevenir el embancamiento a causa del desbordamiento

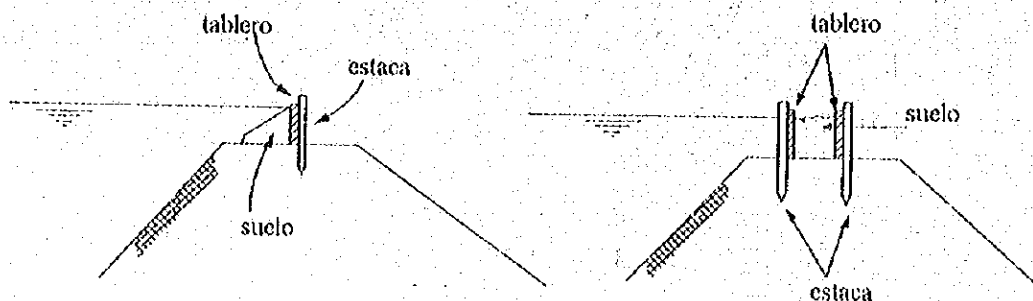
**Esquema del Método:**

Las estacas se clavan en una fila dentro del tope de los diques de defensa, y tableros de madera son fijados con clavos sobre las estacas de la orilla del río, y para prevención del infiltramiento de agua, arcilla o tierra serán aplicados sobre los tableros de la orilla del río.

Algunas veces, las estacas pueden ser clavadas en dos filas y serán provistos tableros en el lado externo de las dos filas, y el espacio entre las filas serán rellenos con tierra.

**Tabla**

Mano de obra	Trabajo	Equipo	Observaciones
16 personas por hora	Diámetro de tronco de pino 0.1 m x longitud 3.0, 14 piezas. Longitud de tableros de cedro 3.6 m 30 x 3 cm, 9 láminas Longitud de los clavos 15 cm, 2.1 kg Tierra 5 m <sup>3</sup>	1 mazo de madera	Necesaria para una fila de 10 metros



**Figura A.15 Tablero de Revestimiento**

**1.2.16 Método de Revestimiento de Chapa de Acero (Seki - Ita)**

**Objetivo:** Para prevenir al dique de defensa del desbordamiento

**Esquema del Método:**

Se clavan los soportes en dos filas paralelas dentro del tope de los diques de defensa, los revestimientos de chapa de acero serán provistos con una plataforma para cada soporte.

Tabla

Mano de obra	Trabajo	Equipo	Observaciones
6 personas por hora	Revestimiento de chapa de acero 4.35 x 1,815 mm, 133 pc Soporte, diámetro 48.6 mm, longitud 1.0 m, 26.6 pc Alambre 14 m Tierra 1.2 m <sup>3</sup>	1 mazo de madera	necesaria para una fila de 10 metros

Recientemente, las esteras de paja están siendo sustituidos por productos de fibra de vinilo

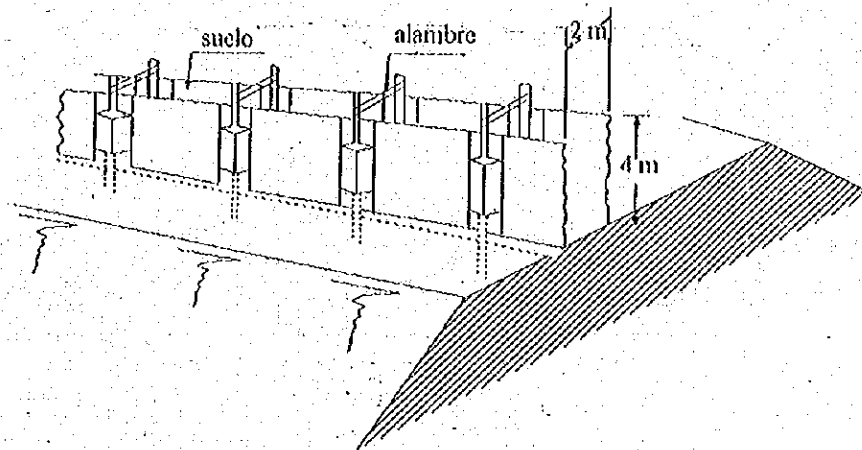


Figura A.16 Revestimiento de Chapa de Acero



