

Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil
Hidráulica Fluvial



CORRECCIÓN DE CAUCES MUROS LONGITUDINALES CORTE DE MEANDROS (CORTAS)

Septiembre, 2012

Prof. Ada Moreno

CORRECCIÓN DE CAUCES

La corrección de cauces o encauzamiento se define como cualquier arreglo o intervención que se le realiza a un tramo del cauce, excluyendo de este término las obras de aprovechamiento del río y de infraestructura (Martín, 2003)

OBJETIVOS DE UN ENCAUZAMIENTO

- Protección frente a las inundaciones
- Protección de márgenes del río (defensa)
- Fijación de un cauce estable (estabilización)
- Aumento de la capacidad de conducción
- Fijación de un canal navegable
- Recuperación de los valores naturales del río

OBJETIVOS DE UN ENCAUZAMIENTO

- Protección frente a las inundaciones
- **Protección de márgenes del río (defensa)**
- Fijación de un cauce estable (estabilización)
- Aumento de la capacidad de conducción
- Fijación de un canal navegable
- Recuperación de los valores naturales del río

OBRAS TÉCNICAS

Según Hattinger (1979), las obras de ingeniería utilizadas en la corrección de torrentes se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Obras Transversales
 - Diques Torrenciales
 - Traviesas
 - Rampas
 - Escalones Sinoidales
- Obras Longitudinales
 - Muros laterales
 - Revestimiento de los taludes
 - Escolleras
 - Diques Laterales
- Espigones
- Canales revestidos
- Obras de drenaje
- Regularizaciones
- Plazoletas de depósito

OBRAS TÉCNICAS

Según Hattinger (1979), las obras de ingeniería utilizadas en la corrección de torrentes se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Obras Transversales
 - Diques Torrenciales
 - Traviesas
 - Rampas
 - Escalones Sinoidales
- Obras Longitudinales
 - Muros laterales
 - Revestimiento de los taludes**
 - Escolleras
 - Diques Laterales
- **Espigones**
- Canales revestidos
- Obras de drenaje
- Regularizaciones
- Plazoletas de depósito

PROTECCIÓN DE MÁRGENES

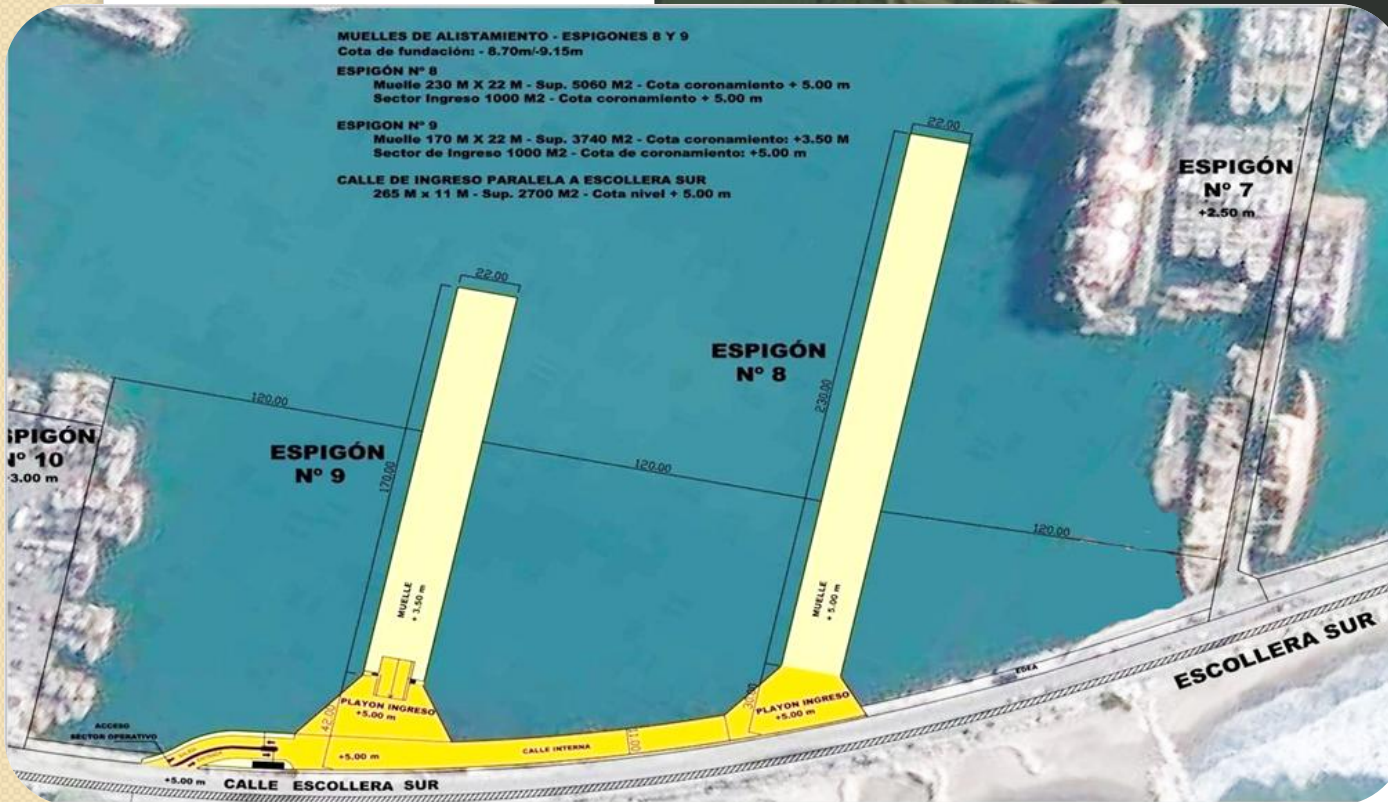


Fuente: Estudio hidrológico – hidráulico río Chama, sector Las González Mérida Edo. Mérida, 2000

ENROCADO

- Los espigones alejan de la orilla las líneas de corriente, creando zonas entre estructuras consecutivas, de calma relativa (Flórez y Aguirre, 2006).

ENROCADO



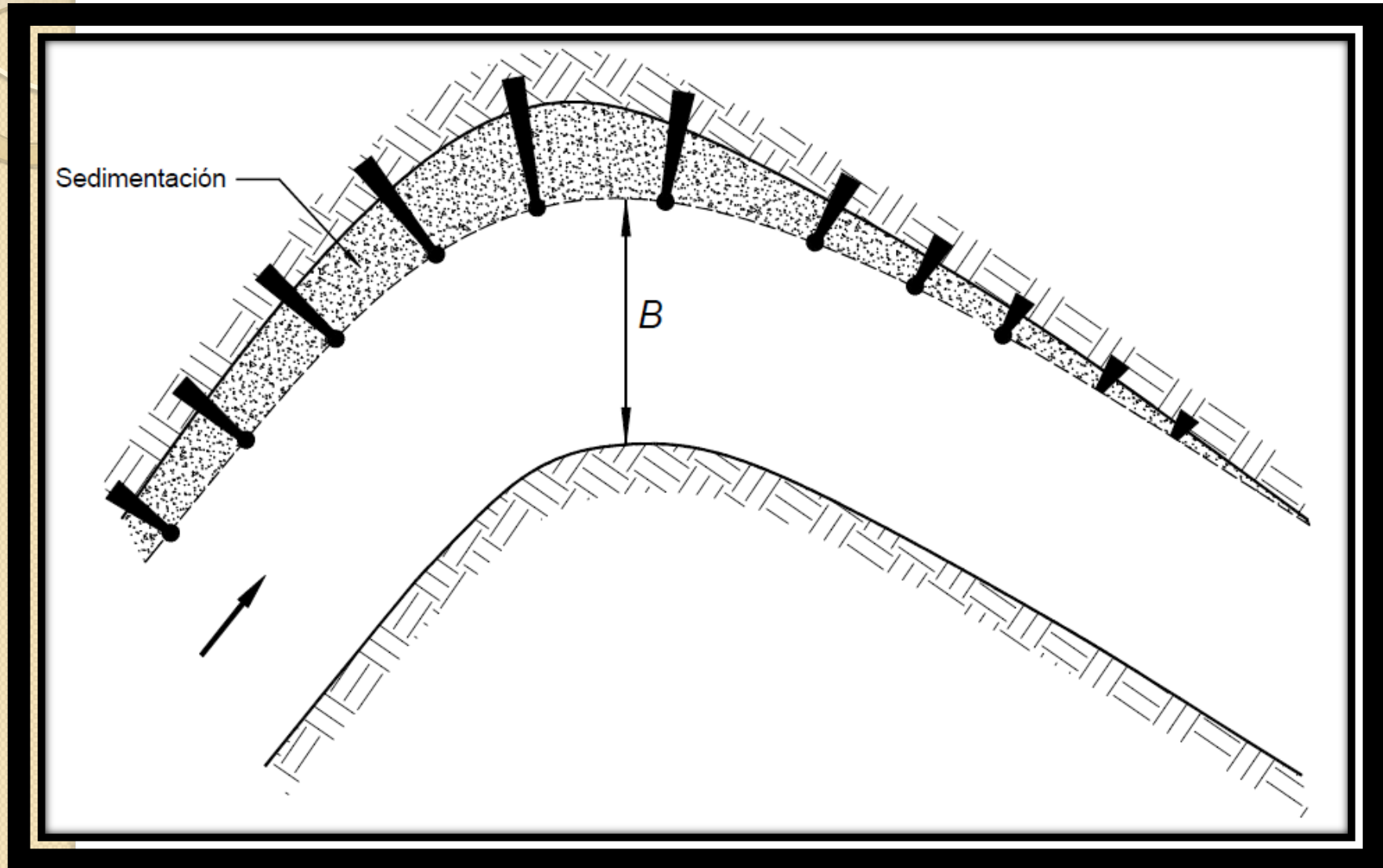
DISEÑO DE ENROCADO

- Localización en planta.
- Longitud de los espigones.
- Separación.
- Elevaciones y pendientes de la corona.

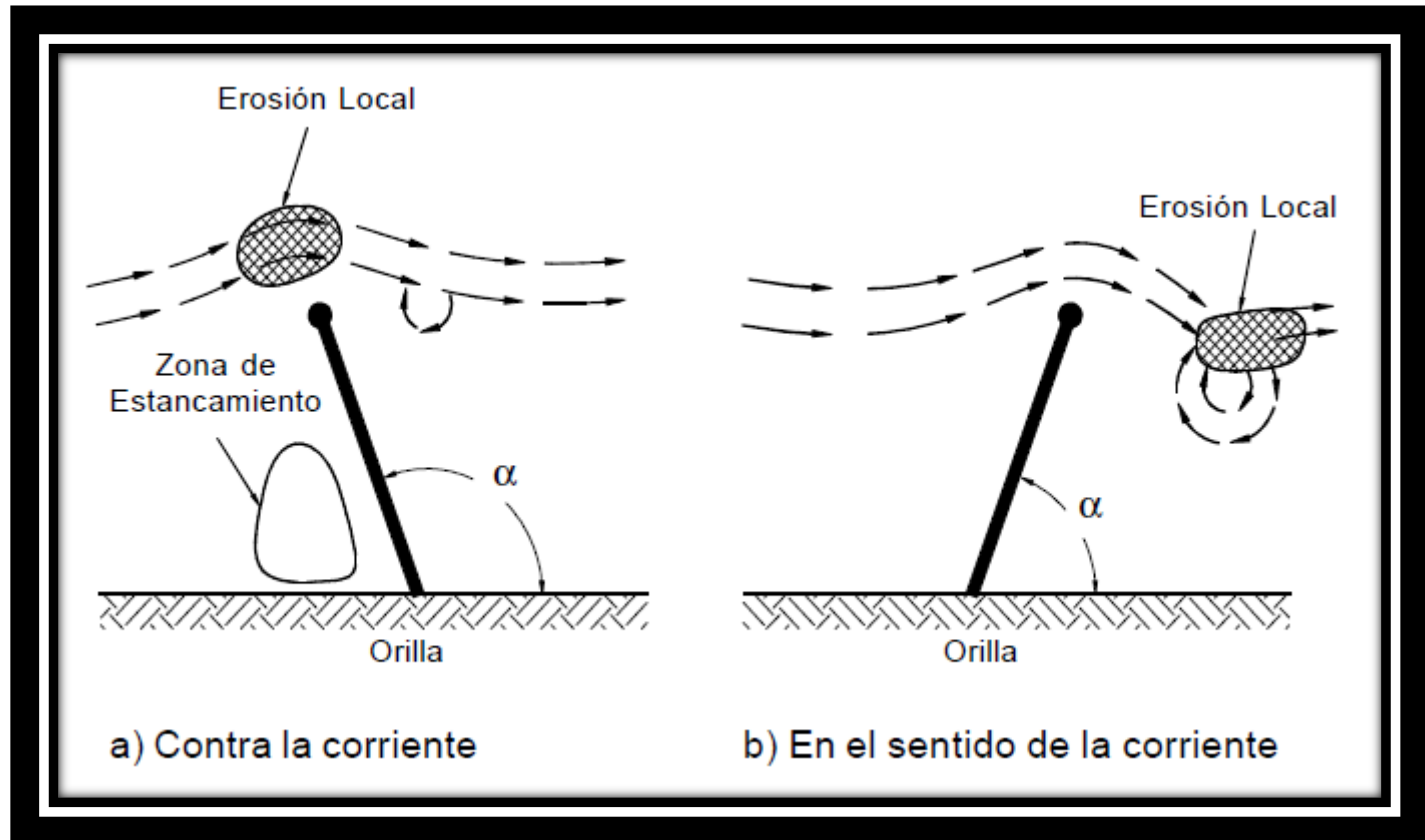
LOCALIZACIÓN EN PLANTA

- Los espigones serán utilizados en tramos rectos o curvos, siempre y cuando el radio de curvatura sea menor a $8B$ y mayor a $2.5B$, donde B es el ancho del río (Arocha, 1998).

LOCALIZACIÓN EN PLANTA



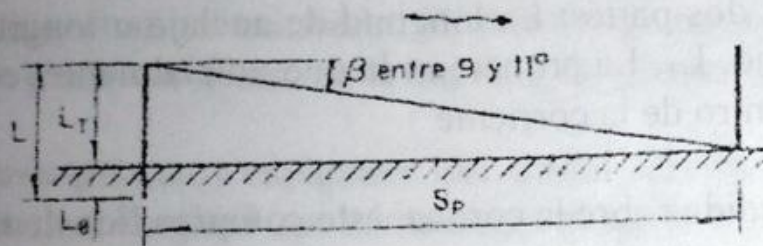
LOCALIZACIÓN EN PLANTA



LONGITUD DE LOS ESPIGONES

- La longitud efectiva de trabajo L_t , estará entre los siguientes valores:
 - $Y < L_t < B/4$, donde Y es la profundidad normal para el caudal formativo, y B es el ancho del cauce.

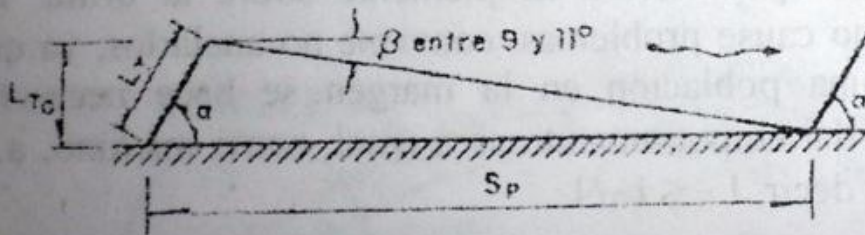
SEPARACIÓN DE LOS ESPIGONES



$5.1L_T \leq S_p \leq 6.3L_T$
 (conviene la mayor separación posible, pero si no se empotran deben separarse $5L_T$ como máximo)
 L_T longitud de trabajo
 L_e longitud de empotramiento o anclaje
 L longitud total

a) Espigones normales a la corriente (planta)

$$S_p = L_T (\cos \alpha + \tan \alpha \cot \beta) = L_{T0} (\cot \alpha + \cot \beta)$$



α	L _T	S _p	S _p	
			empotrado si	no
60°	1.06L _{T0}	(5.4 a 6.6)L _T	6.5L _T	5.5L _T
70°	1.15L _{T0}	(5.6 a 6.8)L _T		

b) Espigones inclinados hacia aguas abajo (planta)

Figura 7.7 Trazado de los Espigones en tramos rectos. (a) Espigones normales a la corriente. (b) Espigones inclinados hacia aguas abajo. (Maza, 1981)

SEPARACIÓN DE LOS ESPIGONES

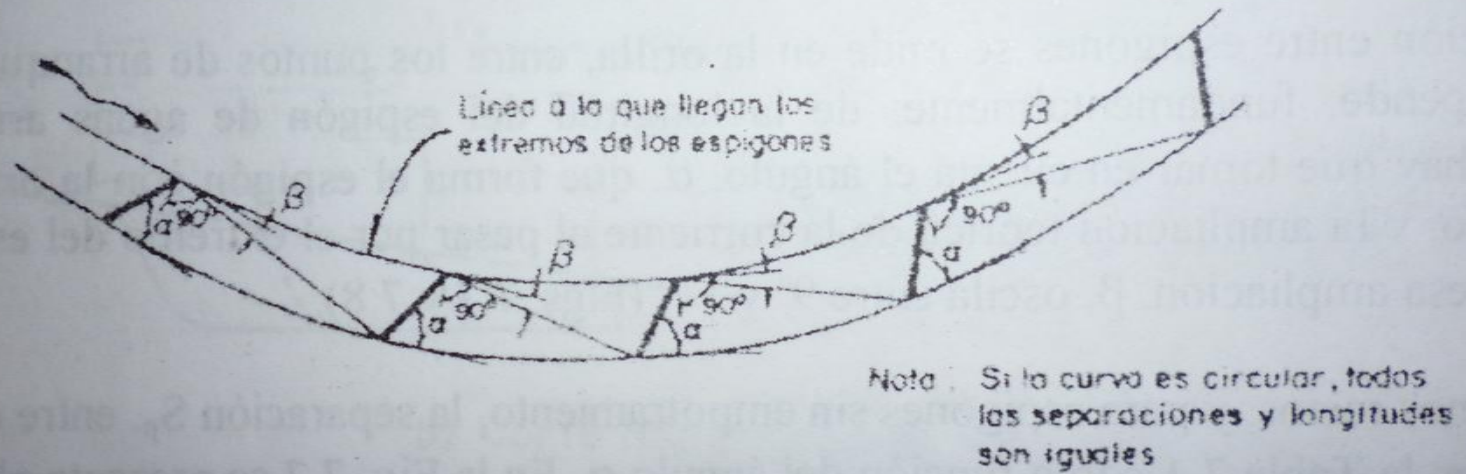


Figura 7.8 Trazado de los espigones en una curva. (Maza, 1981).

SEPARACIÓN DE LOS ESPIGONES

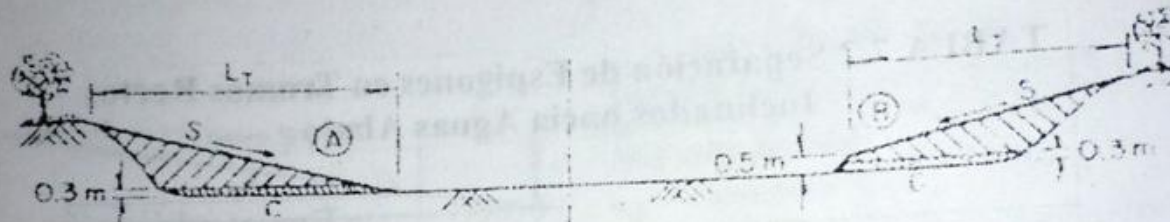
TABLA 7.1 Separación de Espigones en Tramos Rectos sin Empotramiento

<u>Ángulo α</u>	<u>Separación, S_p</u>
70° a 90°	4,5 L_T a 5,5 L_T
60°	5 L_T a 6 L_T

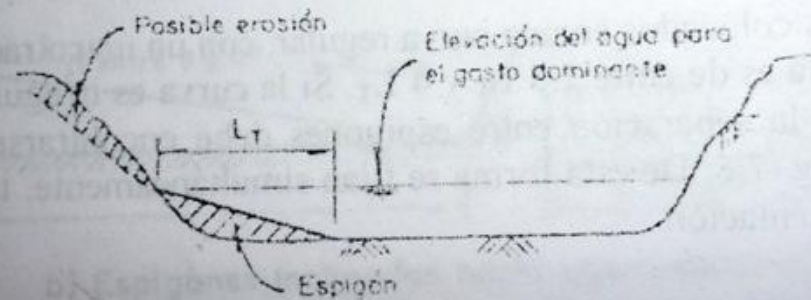
TABLA 7.2 Separación de Espigones en Tramos Rectos Inclinados hacia Aguas Abajo

			S_p	
			Empotrado	
α	L_T	S_p	Si	No
60°	1,06 L_{T0}	(5.4 a 6.6) L_T	6,5 L_T	5,5 L_T
70°	1,15 L_{T0}	(5,6 a 6,8) L_T		

ELEVACIONES Y PENDIENTES DE LA CORONA



a) Colocación de un espigón cuando la margen no está muy elevada



b) Colocación de un espigón cuando la margen está muy elevada

Figura 7.9 Sección longitudinal de un espigón (a) Cuando la margen no está muy elevada. (b) Cuando la margen está muy elevada. (Maza, 1981)

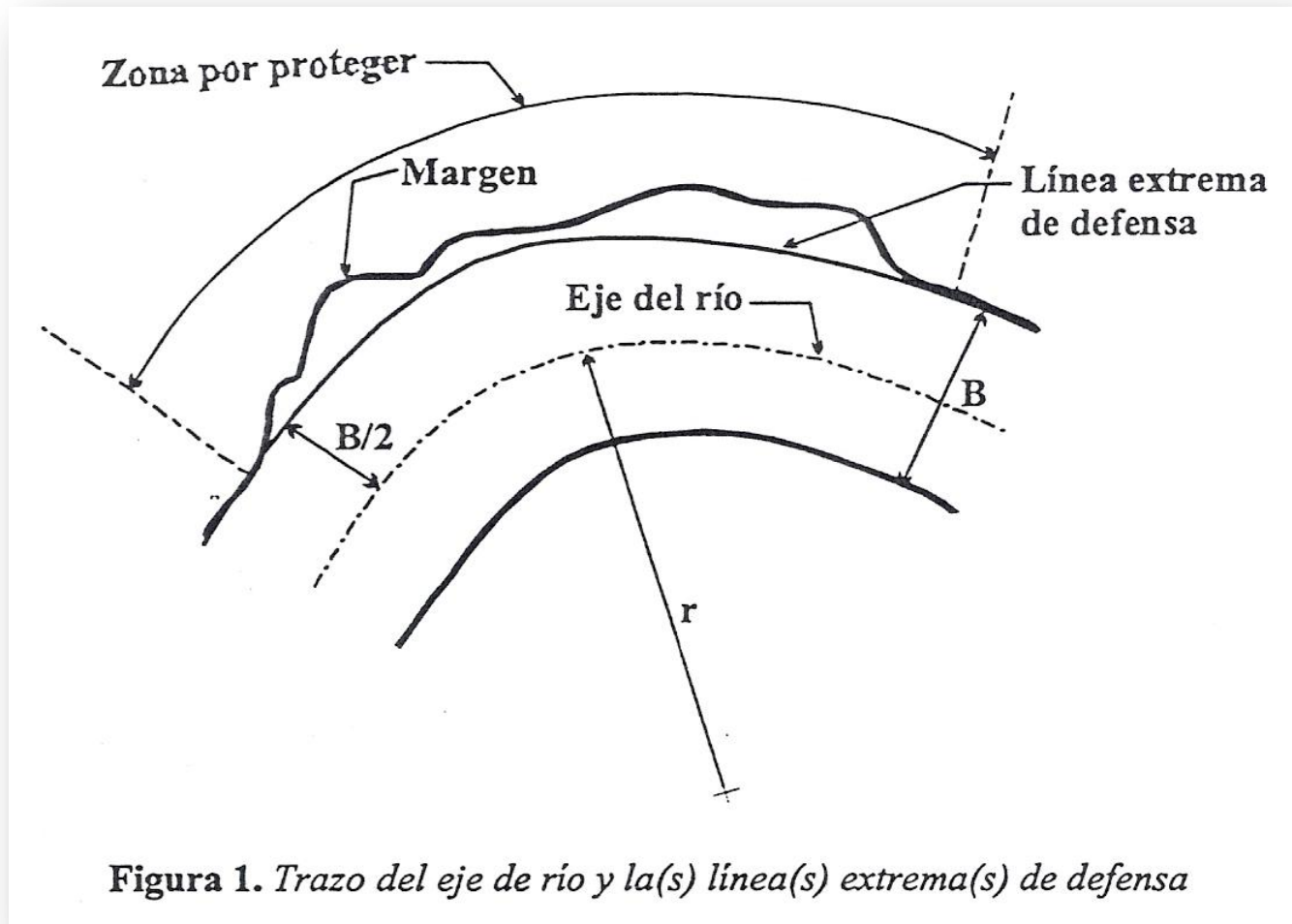
MUROS LONGITUDINALES

Son **estructuras de protección** que se apoyan directamente en la margen del río, cuyo objetivo principal es **evitar que la corriente entre en contacto directo con el material de la orilla** que se protege (Flórez y Aguirre, 2006)

MUROS LONGITUDINALES

- Ubicación de los muros longitudinales
 - A) Definir el eje del río
 - B) Determinar el radio de curvatura ($R < 2.5B$)
 - C) Trazar la línea extrema de defensa

MUROS LONGITUDINALES



MUROS LONGITUDINALES

- D) Seleccionar varias secciones representativas del tramo y para cada una marcar lo siguiente:
 - Puntos O y T: Orilla y pie del talud respectivamente
 - Línea E-E: Línea extrema de defensa
 - Línea F-F: Protección local al pie del talud
 - Línea J-J: Punto superior del exterior de la protección
 - Línea H-H y G-G: Superficie de apoyo y corona de la protección respectivamente

MUROS LONGITUDINALES

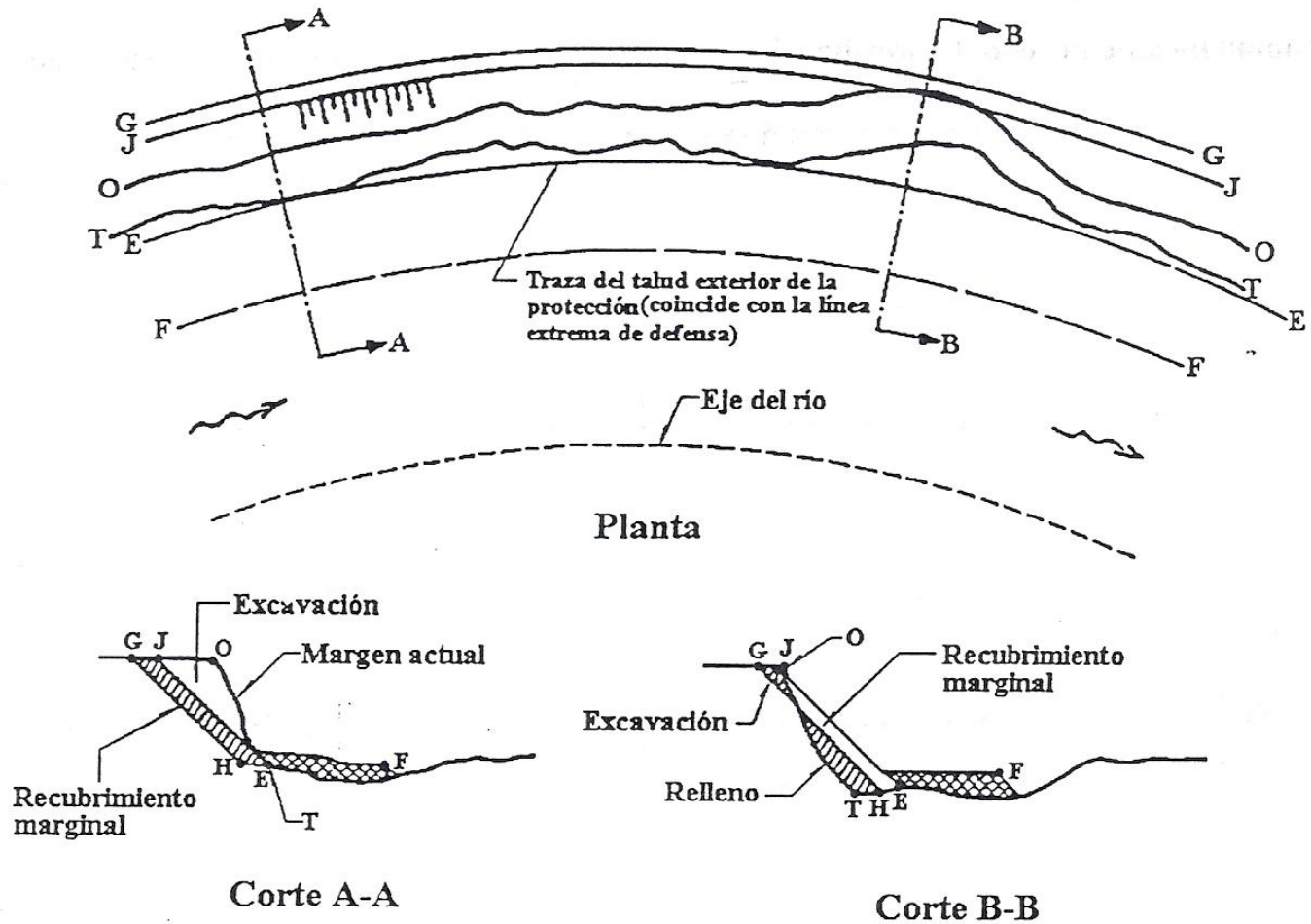
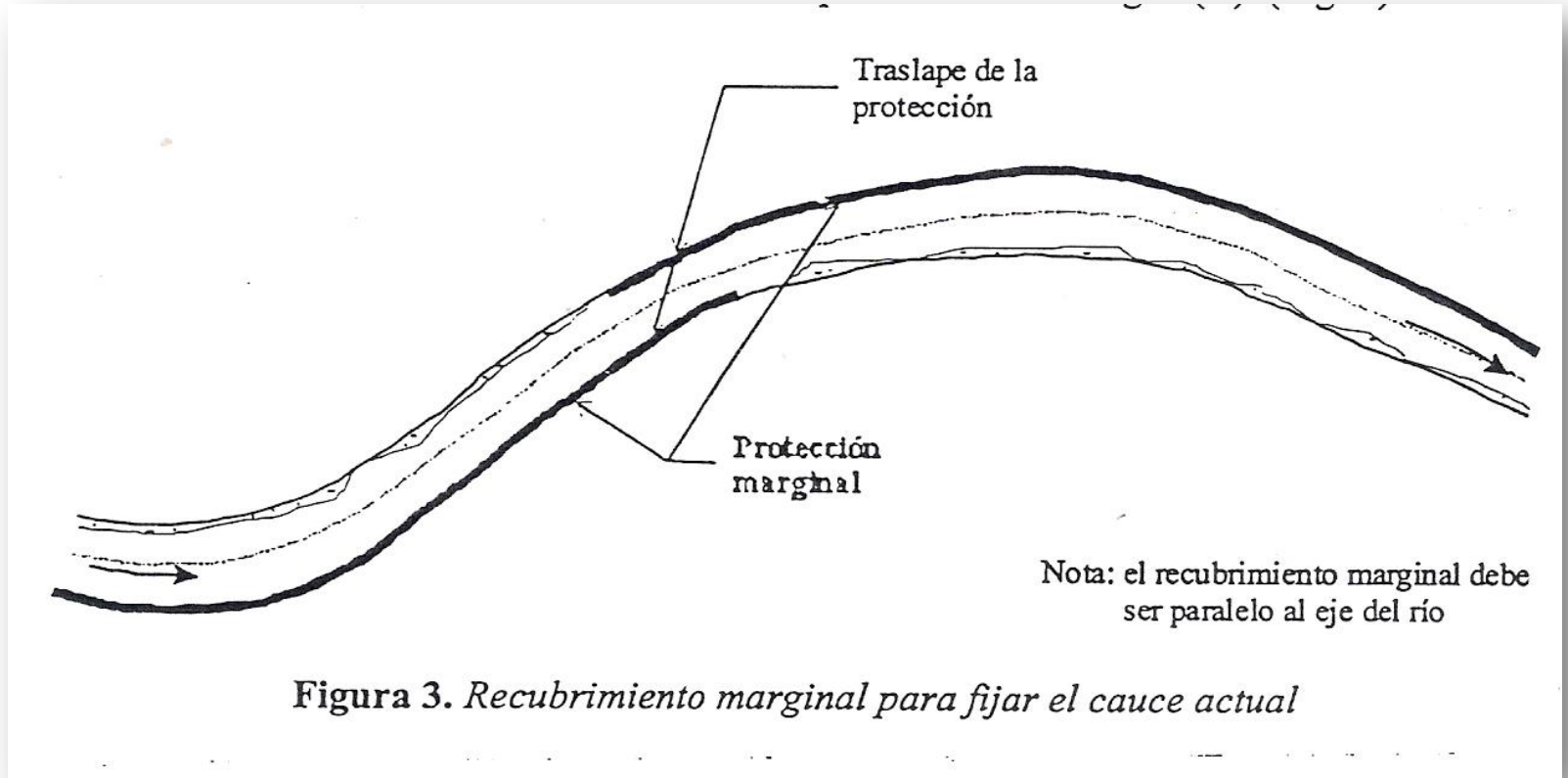


Figura 2. Trazo de un recubrimiento marginal

MUROS LONGITUDINALES



MUROS LONGITUDINALES



MUROS LONGITUDINALES



MUROS LONGITUDINALES



MUROS LONGITUDINALES



¿CUÁNDO USAR MUROS LONGITUDINALES?

- En zonas donde se pretenda proteger las márgenes del río
- En curvas con pequeños radios (menores de 2.5 veces el ancho estable)

MATERIALES

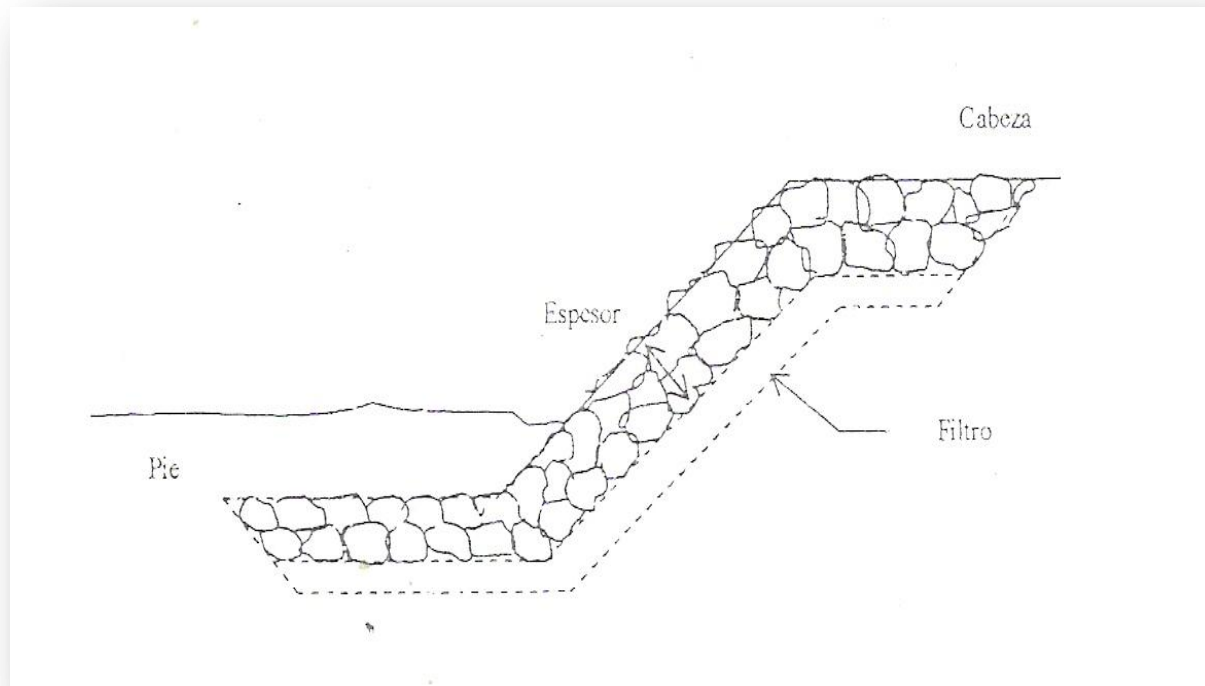
- Enrocado
- Concreto
- Gaviones
- Suelo - cemento

MATERIALES

- **Enrocado**
- Concreto
- **Gaviones**
- Suelo - cemento

ENROCADO

El muro de enrocado está formado por la agrupación de elementos pétreos naturales, siendo estructuras permeables y de poca resistencia.



DISEÑO DEL ENROCADO

El tamaño mínimo de los elementos a utilizar en el enrocado debe ser:

$$\frac{d_{30}}{y_n} = 0,36 \left[\left(\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \right)^{0,5} \frac{V}{\sqrt{g y_n}} \right]^{2,5}$$

Donde:

d_{30} : Diámetro mínimo que deja pasar el 30% del material(m)

y_n : Profundidad normal (m)

V : Velocidad media del flujo (m/s)

γ_s, γ : Peso específico del sedimento y del agua (Kg/m^3)

DISEÑO DEL ENROCADO

El espesor mínimo del enrocado debe estar entre 1,5 a 2 veces el d_{30}

VENTAJAS DEL ENROCADO

Según Hattinger (1979):

- Construcción sencilla
- Corto tiempo
- Económico
- Flexible
- Mantenimiento sencillo

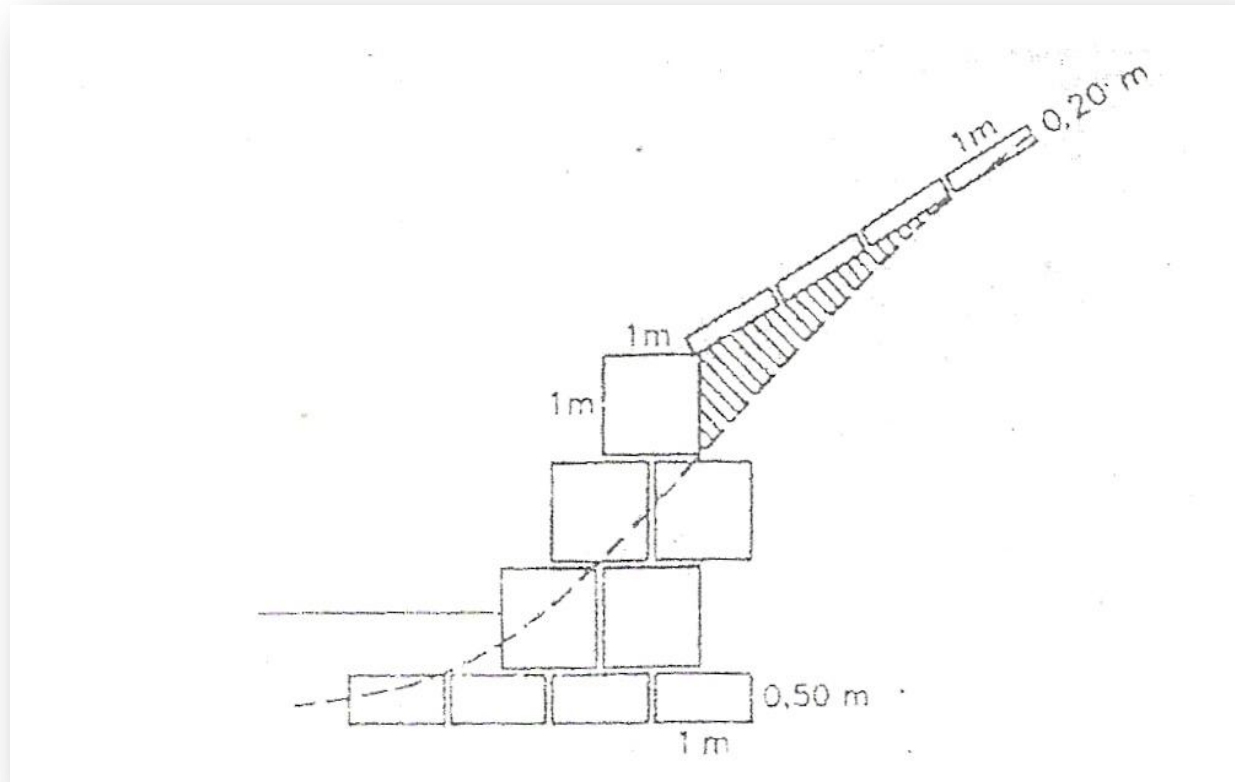
EJERCICIO DE APLICACIÓN

$$\frac{d_{30}}{y_n} = 0,36 \left[\left(\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \right)^{0,5} \frac{V}{\sqrt{g y_n}} \right]^{2,5}$$

GAVIONES

“Las estructuras de gaviones se forman por elementos metálicos hechos con **malla hexagonal de doble torsión, llenados con piedras** u otro material similar”
(Aceves y Audefroy, 2007)

GAVIONES



Colocación de las cestas del Gavión

DISEÑO DE GAVIONES

El peso específico del gavión es:

$$\gamma_g = \gamma_r (1 - p)$$

Donde:

γ_g, γ_r : Peso específico del gavión y de la roca respectivamente (Kg/m^3)

p : Porosidad del gavión (%)

VENTAJAS DE GAVIONES

Según González de Vallejo, et al. (2002) los muros de gaviones:

- Son flexibles
- Son permeables
- Son contruidos con fragmentos rocosos

GAVIONES

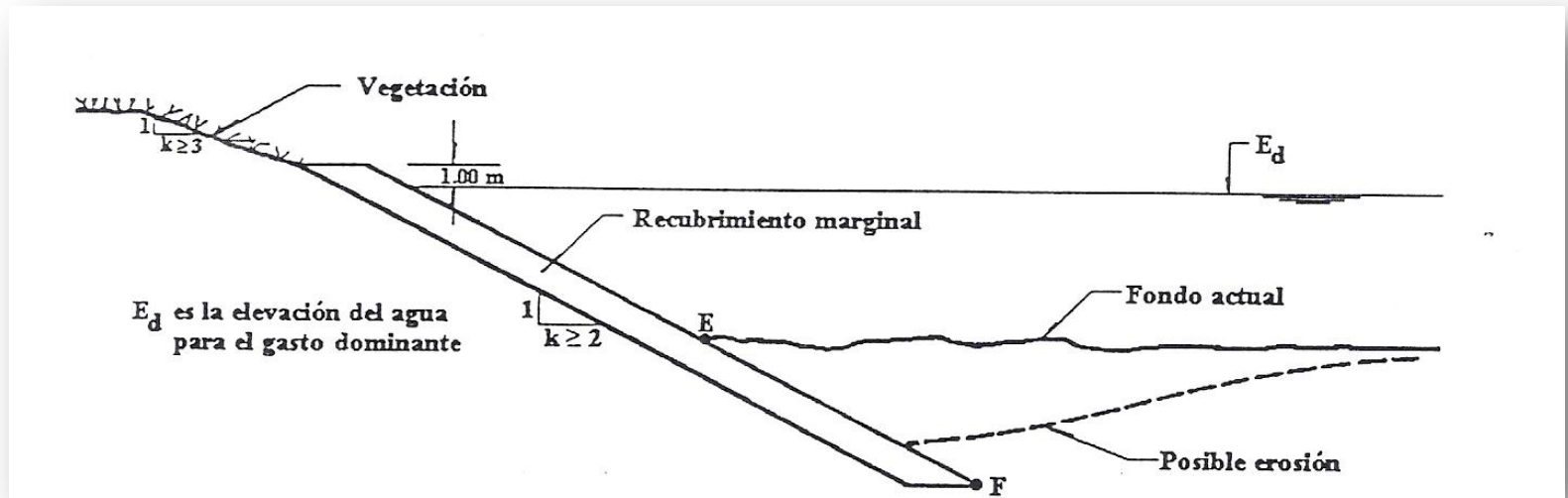


Gavi3n utilizado como muro de contenci3n



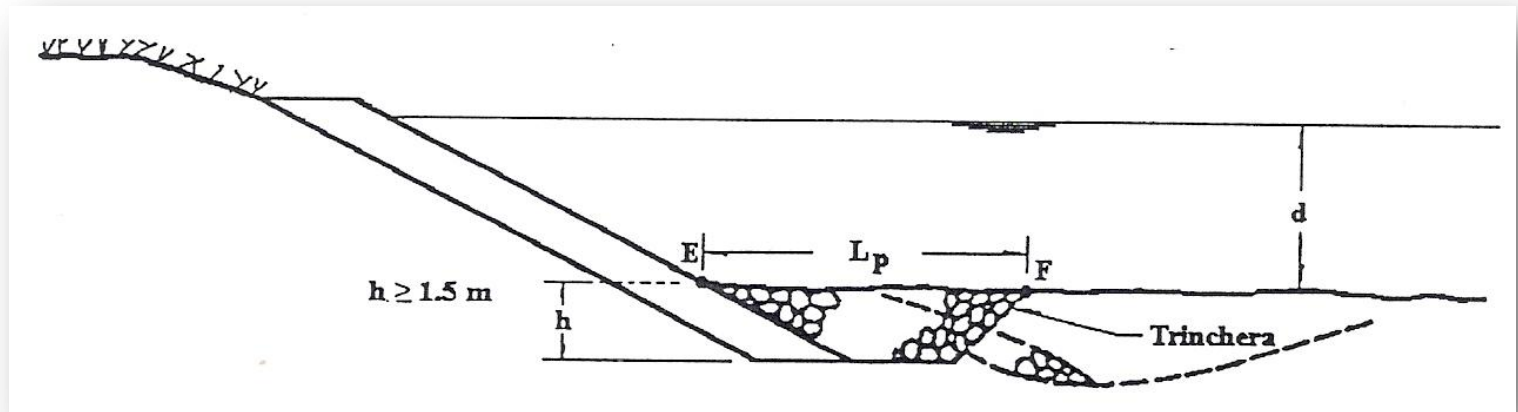
PROTECCIÓN CONTRA SOCAVACIÓN LOCAL

- Recubrimiento colocado a una cota inferior a la posible erosión



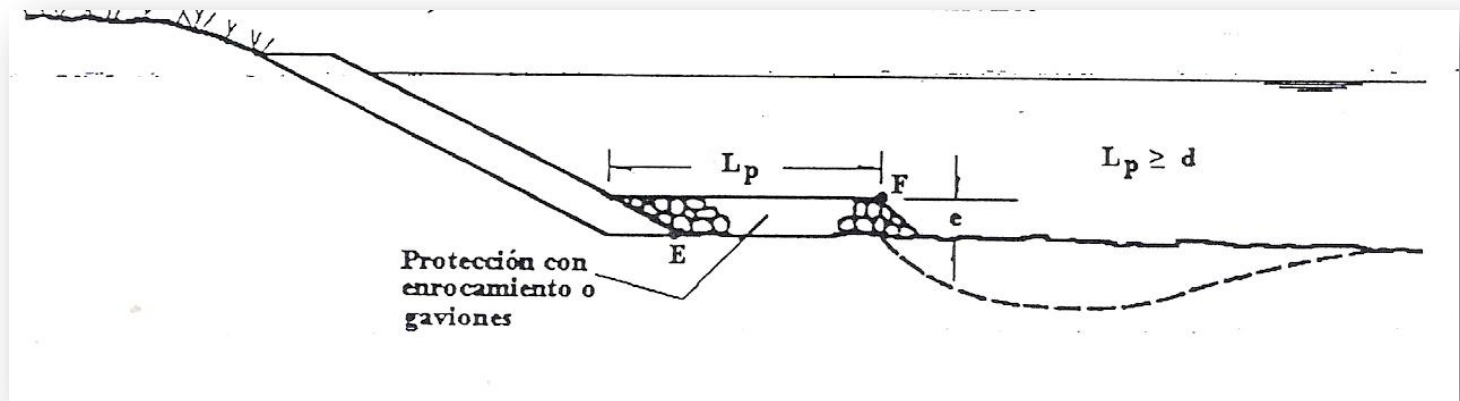
PROTECCIÓN CONTRA SOCAVACIÓN LOCAL

- Trinchera rellena con enrocamiento



PROTECCIÓN CONTRA SOCAVACIÓN LOCAL

- Delantal de protección



DISEÑO DE FILTROS

Un filtro es un **material granular** (grava, arena o piedra picada) colocado entre dos materiales de granulometría muy diferente, con el propósito de **evitar el proceso de tubificación** (Flórez y Aguirre, 2006).

CONDICIONES DE FILTROS

1.
$$5 \leq \frac{d_{15}(\text{filtro})}{d_{15}(\text{material base})} \leq 40$$

2. El filtro no debe tener más de un 5 % de material más fino que el tamiz n° 200 (menor de 0,074 mm).

CONDICIONES DEL FILTRO

3.

$$1 \leq \frac{d_{15}(\text{filtro})}{d_{85}(\text{material base})} \leq 5$$

4. La curva granulométrica del filtro debe ser más o menos paralela a la del material a proteger o material base.

5. El tamaño máximo de partículas a utilizar en un filtro, debe ser de 7,5 cm (3 pulg)

CORTE DE MEANDROS

- “Algunos de los problemas que mueven a la necesidad de encauzar provienen de las curvas de los ríos. (...) Los ríos de gran sinuosidad tienen mayor longitud (...) Las curvas significan también una resistencia al flujo (...) el ataque en las curvas puede causar erosión en las márgenes” (Martín, 2003, p. 104)

CONSECUENCIAS DEL CORTE DE MEANDROS

- Si las orillas están desprotegidas, el río tenderá a volver a su pendiente original formando meandros nuevamente.
- Si las orillas están protegidas, el río buscará su pendiente original erosionando el fondo aguas arriba del tramo rectificado.

DIMENSIONES DEL CAUCE PILOTO

- Condiciones que deben cumplirse:
 - La velocidad del agua en el cauce piloto debe ser capaz de incrementar la sección transversal
 - El diseño del cauce piloto se hará para el caudal formativo
 - El tirante en el cauce piloto debe ser igual a la profundidad en el meandro

DISEÑO DEL CAUCE PILOTO

- 1) Calcular:
 - $\lambda = (1/L)^{1/2}$
- 2) Estimar la velocidad mínima que debe llevar el cauce piloto como:
 - $V_{min} = 3V_{maxima \text{ no erosiable}}$
- 3) Hallar V_1 :
 - $V_1 = V_c/V_r$
- 4) Definir el ancho del cauce piloto, b , como el mayor de los siguientes valores:
 - $b = 0,10B$ ó $b = 1,25H$
- 5) Calcular
 - $\Phi = (2r_r)/b$
 - $C = \lambda(1+\Phi)^{2/3}$

DISEÑO DEL CAUCE PILOTO

- 6) Recalcular V_1 como:
 - $V_1 = 1/C$
- 7) Comparar con V_1 del paso 3, si V_1 del paso 6 es mayor, seguir con el paso 8. Si en cambio, V_1 del paso 6 es menor, aumentar el ancho b y repetir el procedimiento, desde el paso 4.
- 8) Calcular A_1 , A_2 , V_2 y Q_2 :
 - $A_1 = (b \cdot r_r) / Ar$
 - $A_2 = (1 - A_1 / C)^{3/5}$
 - $V_2 = V_m / V_r$
 - $Q_2 = A_2 \cdot V_2$
- 9) Definir las características del meandro luego del corte:
 - $A_m = A_2 \cdot Ar$
 - $V_m = V_2 \cdot V_r$
 - $Q_m = Q_2 \cdot Q_r$

REFERENCIAS CITADAS

- Aceves, H. y Audefroy, J. 2007. **Sistemas constructivos contra desastres**. Trillas, S.A. México, D.F.
- Arocha, A. 1998. **Introducción a la Hidráulica fluvial**. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.
- Flórez, I., y Aguirre J. 2006. **Hidráulica Fluvial**. Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Mérida - Venezuela.
- González de Vallejo, Ferrer, M.; Ortuño, L y Oteo, C. 2002. **Ingeniería geológica**. Prentice Hall. Madrid - España.
- Hattinger, H. 1979. **Corrección de torrentes II**. Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida – Venezuela.
- Martín, J. 2003. **Ingeniería de ríos**. Alfaomega – Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona - España.
- Mejía, R. y Lara, B. 1998. **Manual de diseño de obras fluviales**. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.