

# **DISEÑO DE PRESAS**

**MECANICA DE FLUIDOS**

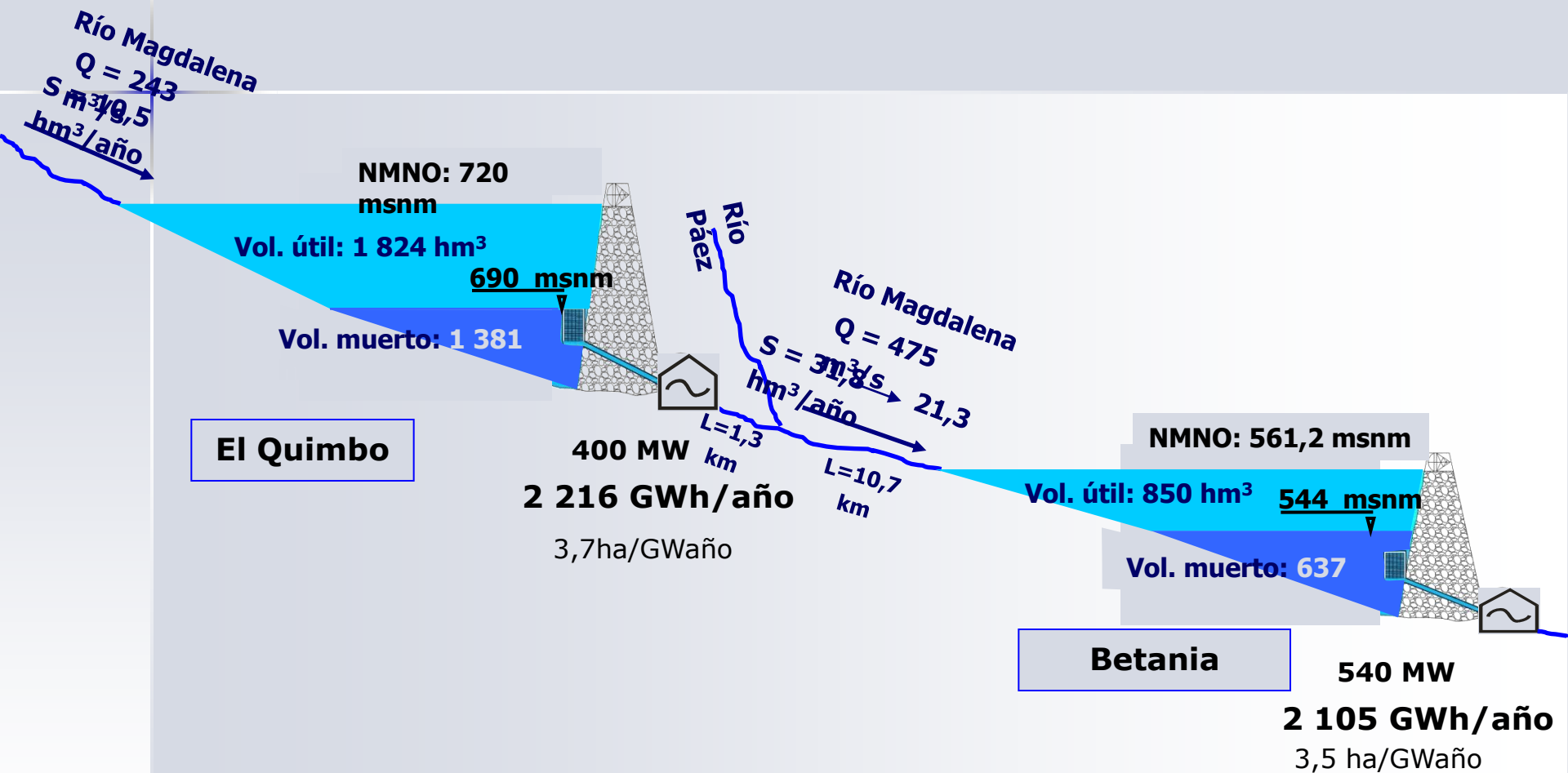
**2010 – 2011**

**Gastón Proaño Cadena**

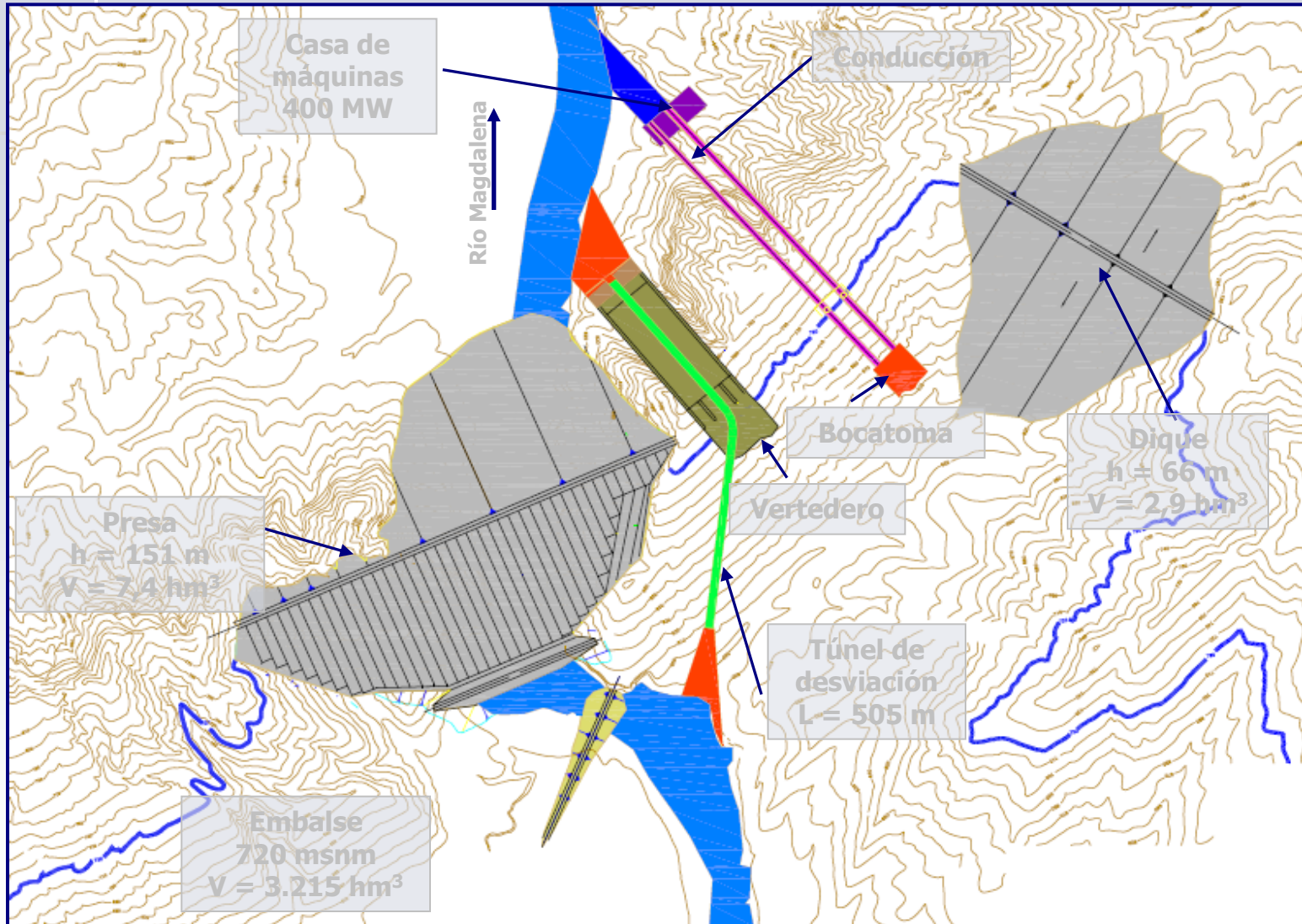
# Justificación

- Las presas se construyen para almacenar agua durante la época de lluvias y luego utilizarla en época seca.
- El agua se aprovecha en riego, tratamiento de agua potable, generación de energía eléctrica y turismo.

# Perfil Esquemático



# Presas y Obras



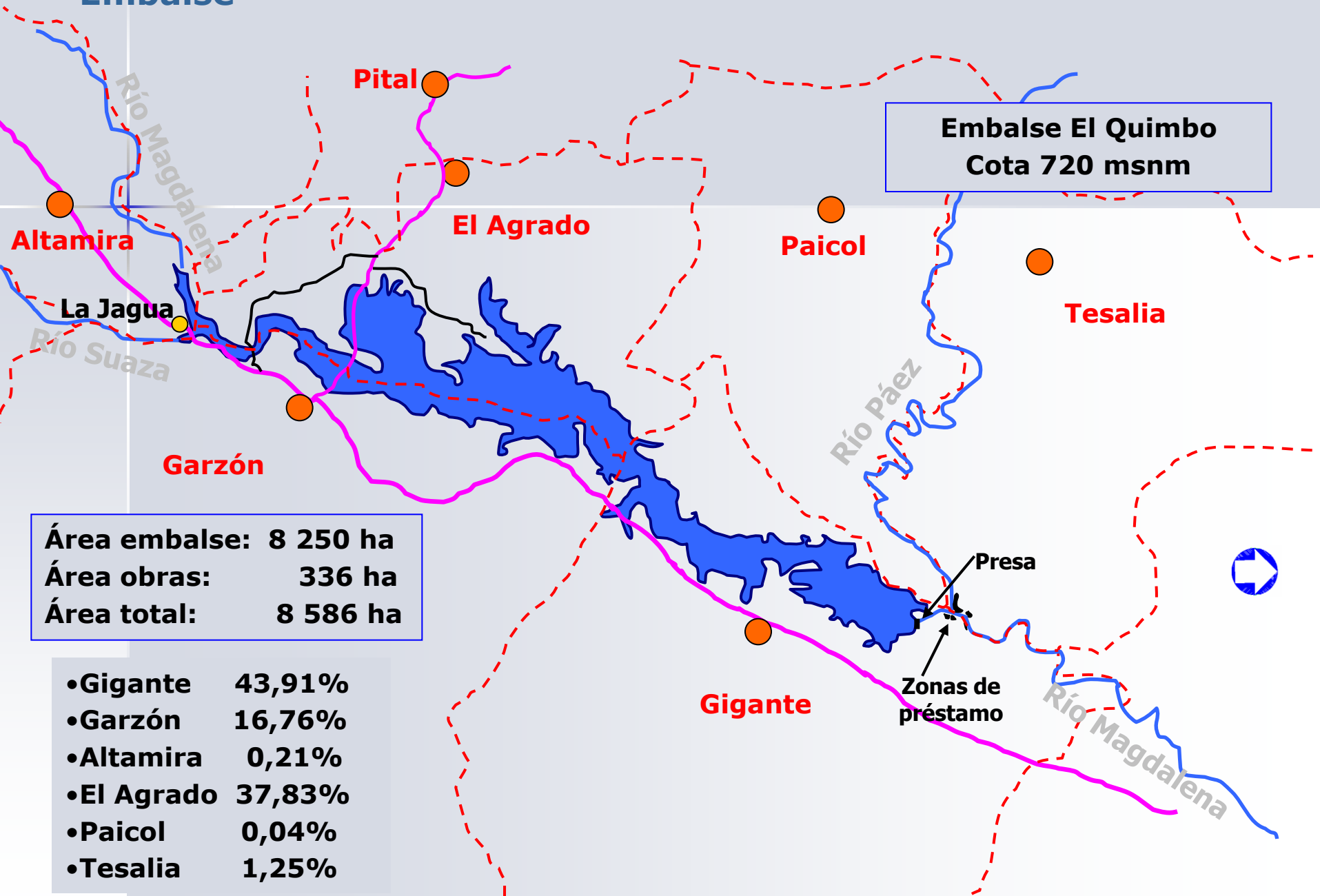


## Sitio de Presa

Sitio El Quimbo, vista desde  
aguas arriba



# Embalse



Área embalse: 8 250 ha  
Área obras: 336 ha  
Área total: 8 586 ha

- Gigante 43,91%
- Garzón 16,76%
- Altamira 0,21%
- El Agrado 37,83%
- Paicol 0,04%
- Tesalia 1,25%

Embalse El Quimbo  
Cota 720 msnm

Presa  
Zonas de préstamo

# Clasificación de las Presas

- De Tierra
- De Hormigón
  - Gravedad
  - Contrafuerte
  - Arco

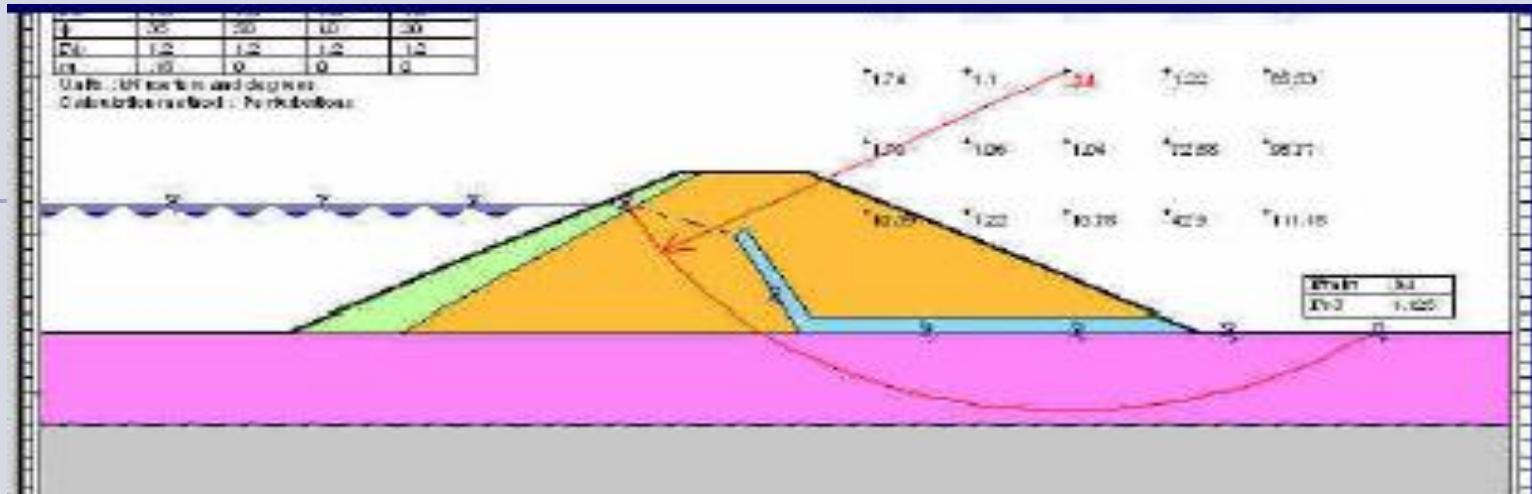
# Partes de una Presa

- **Cuerpo de la Presa**
- **Túneles de desvío**
- **Túneles de carga**
- **Aliviadero**
- **Salto Hidráulico**
- **Chimenea de equilibrio**
- **Ataguías**
- **Canales a cielo abierto**





# DISEÑO DE PRESAS



## DETALLES A DISEÑAR

- TIPO DE PRESA
- BORDE LIBRE
- ZONIFICACION DE MATERIALES
- FUNDACION
- CONTROL DE FILTRACIONES
- ANCHO DE CRESTA
- PENDIENTE DE TALUDES
- PROTECCION CONTRA LA EROSION
- ETC.



# DISEÑO DE LA CIMENTACION



- CAPACIDAD DE SOPORTE
- ESTABILIDAD GENERAL
- ASENTAMIENTOS
- FILTRACIONES



# CIMENTACION

DEFINIR EL MATERIAL QUE SE VA A REMOVER PARA GARANTIZAR CAPACIDAD DE SOPORTE, SUFICIENTE ESTABILIDAD Y ASENTAMIENTOS ACEPTABLES.



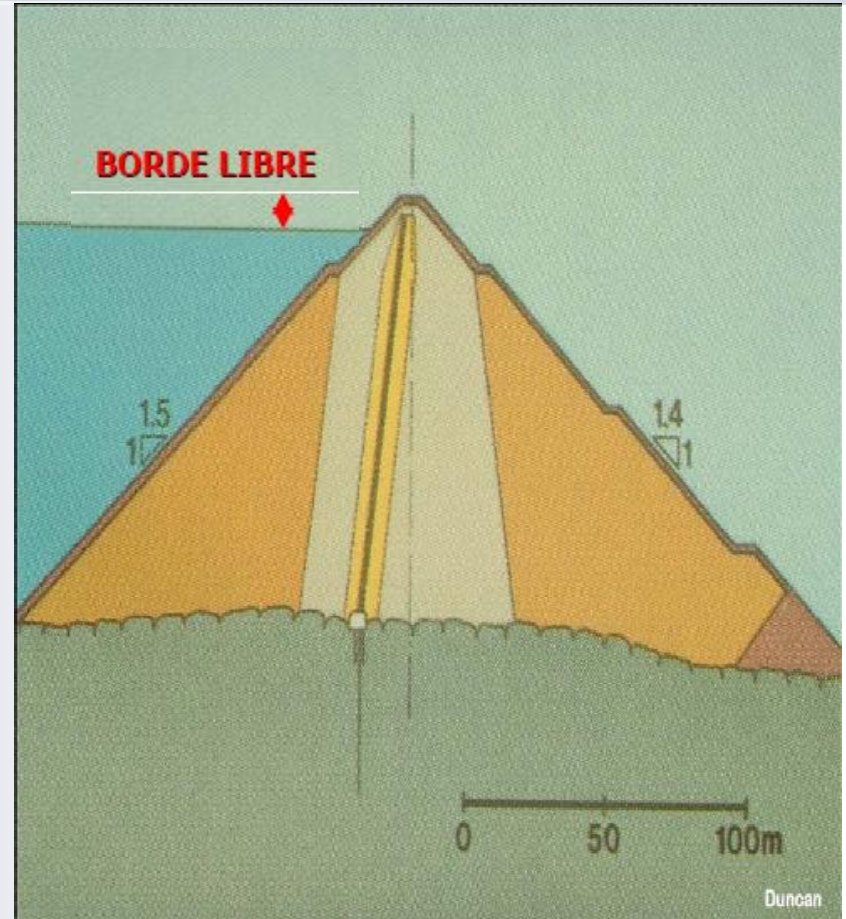
# CIMENTACION

Mejorar la calidad del suelo si se requiere.



# DISEÑO BORDE LIBRE

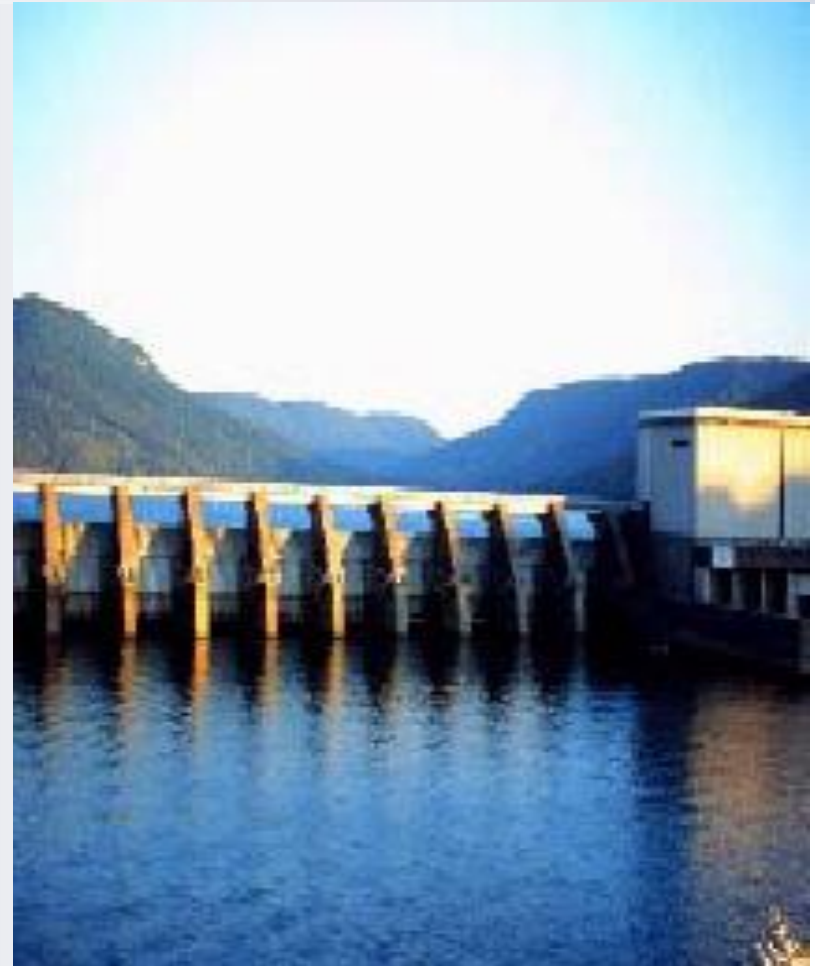
Es la distancia vertical entre la cresta de la presa y la altura máxima del agua en el vertedero para la inundación de diseño.





# **FACTORES A TENER EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE BORDE LIBRE**

- ❑ Efectos del viento
- ❑ Acción de las olas
- ❑ Efectos de los sismos
- ❑ Asentamientos de la presa.
- ❑ Factor de seguridad (3% altura de la presa).



# BORDE LIBRE

$$H_1 + H_2 + H_3 + \Delta H + H_s$$

Sobre elevación de agua por viento  $H_1$ .

Altura de cresta de olas  $H_2$ .

Rodamiento de las olas  $H_3$ .

Asentamiento  $\Delta H$ .

Altura de seguridad  $H_s$ .



# ANCHO DE LA CRESTA

- Depende principalmente del uso que va a tener la cresta (via, mantenimiento, etc.)
- El U.S. ARMY CORPS Of ENGINEERS recomienda un ancho de mínimo 7.5m para permitir una compactación adecuada de la presa.



# ALINEAMIENTO DEL EJE DE LA PRESA



- Para presas largas se recomienda que sea recto.
- Deben evitarse los cambios fuertes de alineamiento para evitar concentraciones de esfuerzos y agrietamientos.
- Las presas cortas y altas deben ser convexas hacia aguas arriba para que el agua comprima los núcleos contra los estribos. El radio de curvatura varía de 300 a 1.000m

# DETALLES DE DISEÑO JUNTO A LOS ESTRIBOS

El espesor del núcleo debe aumentarse junto a los estribos.



# ESTRIBOS LATERALES

- Debe evitarse la entrega del alineamiento sobre salientes angostos de la ladera.
- Deben excavarse los materiales meteorizados o sueltos (talud, etc.)
- Puede requerirse bajar la pendiente de los taludes del terraplén cerca de los estribos.
- Puede requerirse inyectar los estribos.
- Debe proveerse un sistema de control de erosión en la unión del talud de la presa y de los estribos.



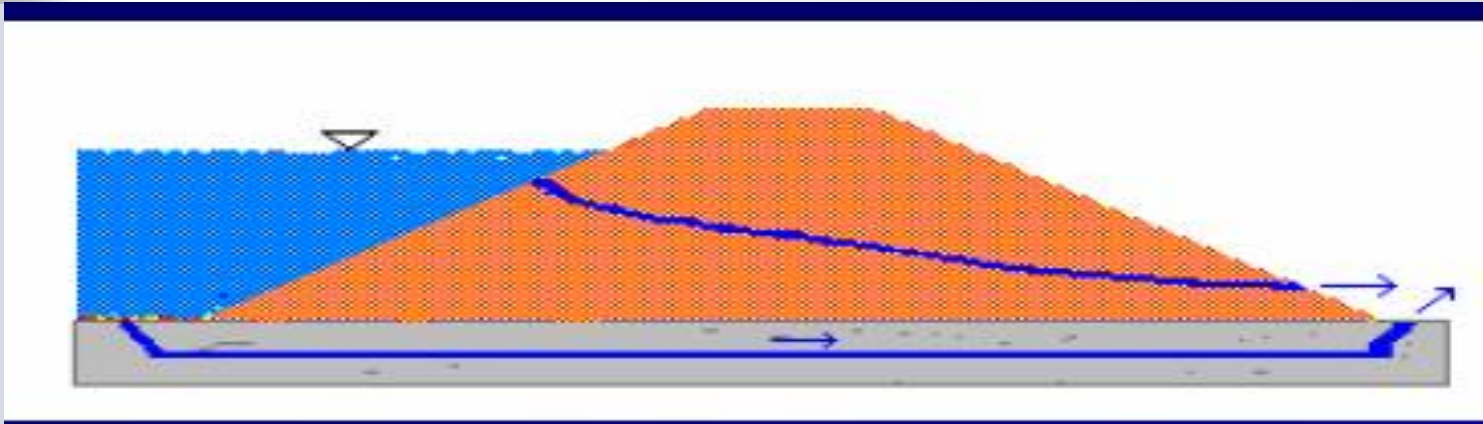


# TALUDES DE LOS ESTRIBOS

Las pendientes fuertes de los estribos producen grietas por asentamiento del terraplén de la presa, especialmente en la parte mas alta de la presa.



# CONTROL Y MANEJO DE LAS FILTRACIONES DE AGUA



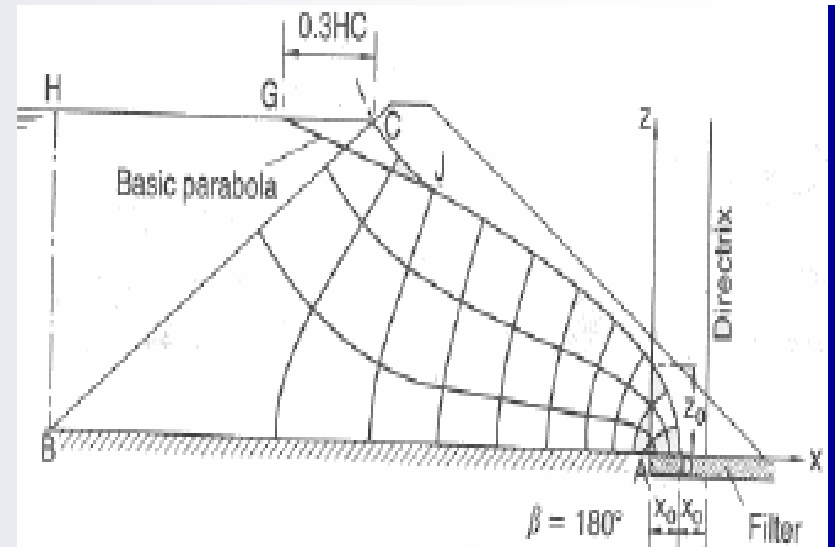
- Todas las presas de tierra sufren filtraciones de agua a través del terraplén, la fundación y los estribos.
- Deben diseñarse elementos para prevenir:
  - \* Supresiones excesivas.
  - \* Inestabilidad del talud aguas abajo.
  - \* Sifonamiento.
  - \* Erosión Interna.



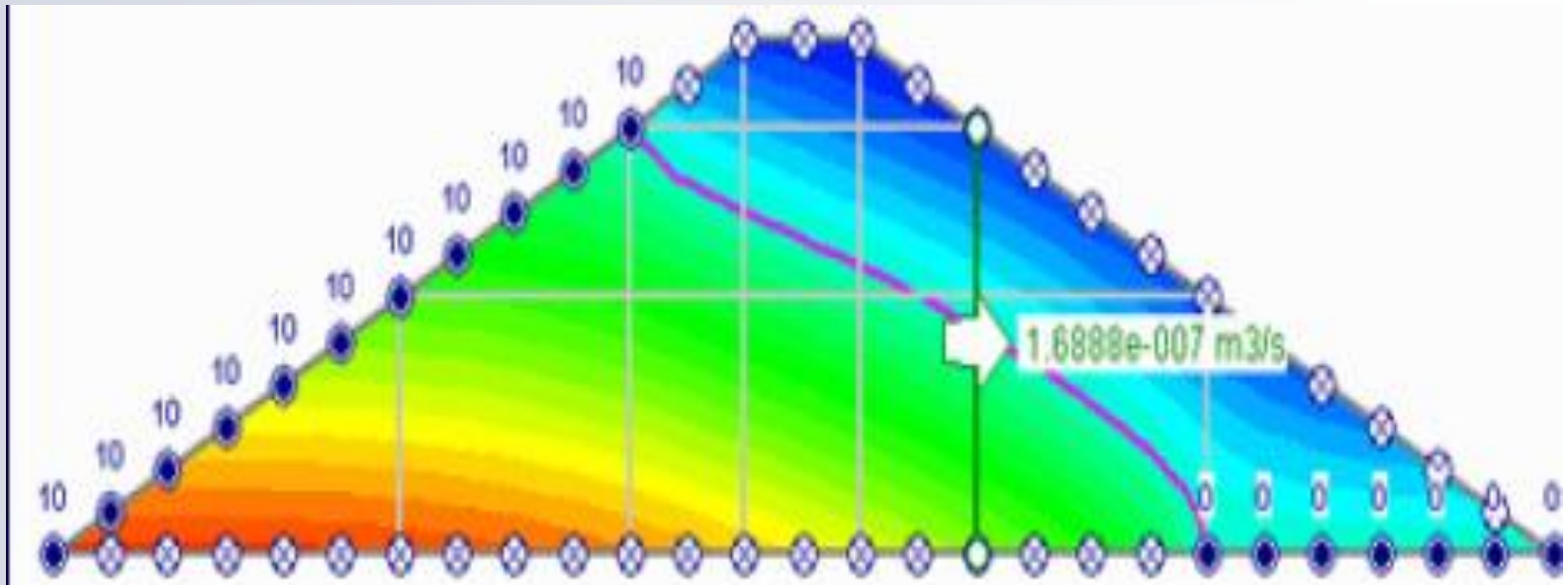
# CONTROL Y MANEJO DE LAS FILTRACIONES A TRAVES DEL TERRAPLEN

## METODOS:

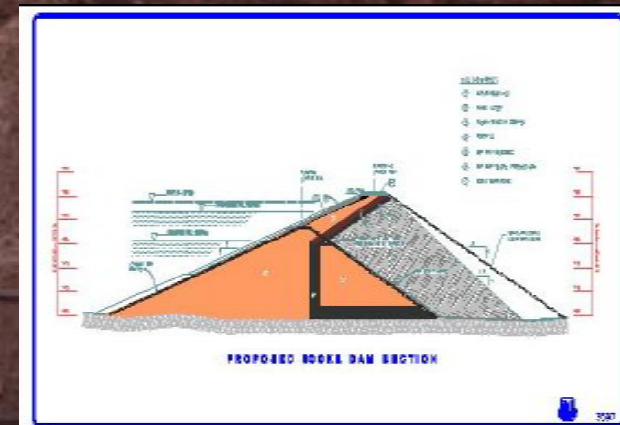
- Zonificación gradual del terraplén de fino a grueso.
- Chimeneas verticales o inclinadas y/o colchones horizontales de subdrenaje.
- Tuberías colectoras de agua abajo del pie de la presa (no debe haber tuberías dentro del terraplén).



# CONTROL Y MANEJO DE LAS FILTRACIONES A TRAVES DEL TERRAPLEN

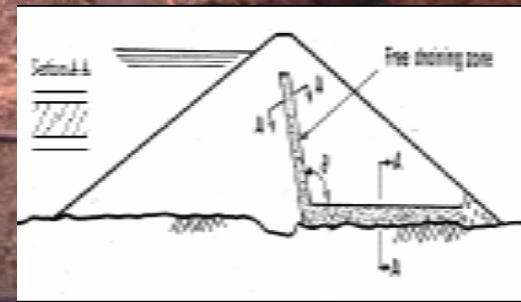


# DREN VERTICAL O DE CHIMENEA





# CHIMENEA INCLINADA



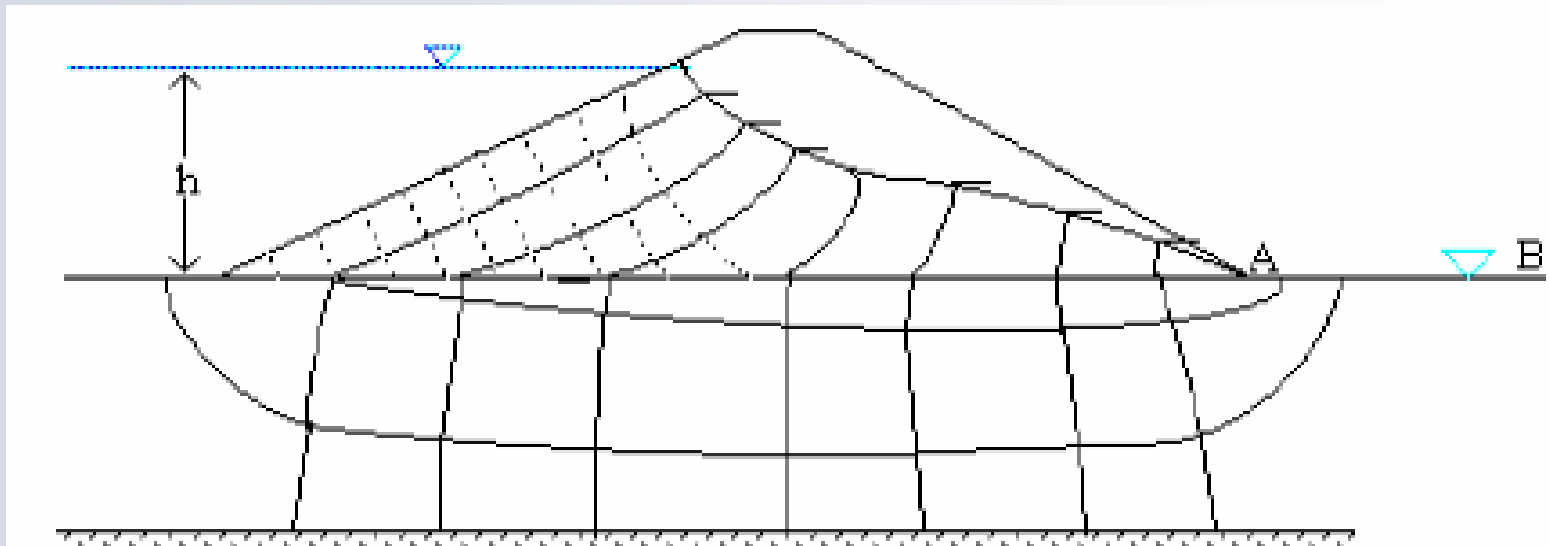


# FILTROS SINTETICOS



# CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

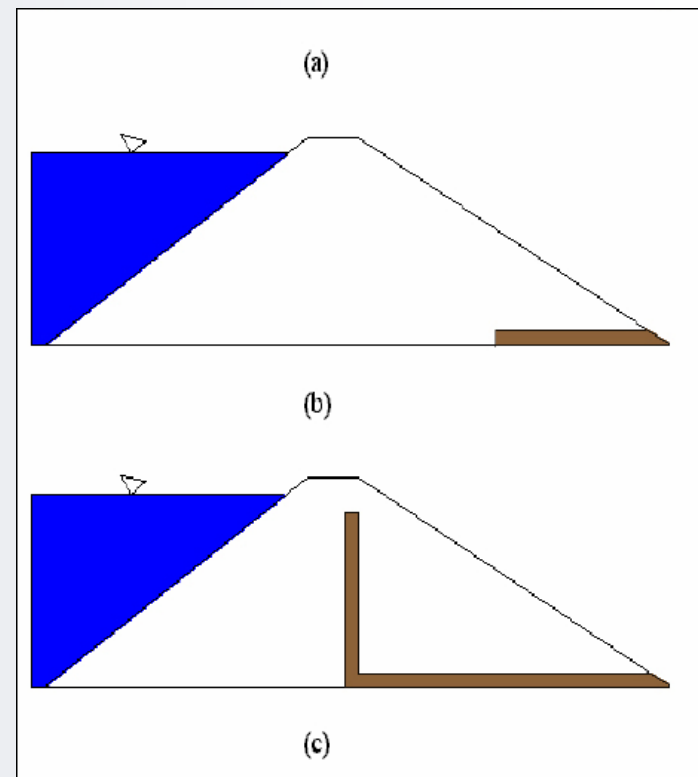
- Deben analizarse los diversos métodos utilizando redes de flujo o por métodos aproximados.
- Deben analizarse los factores de seguridad contra subpresiones.





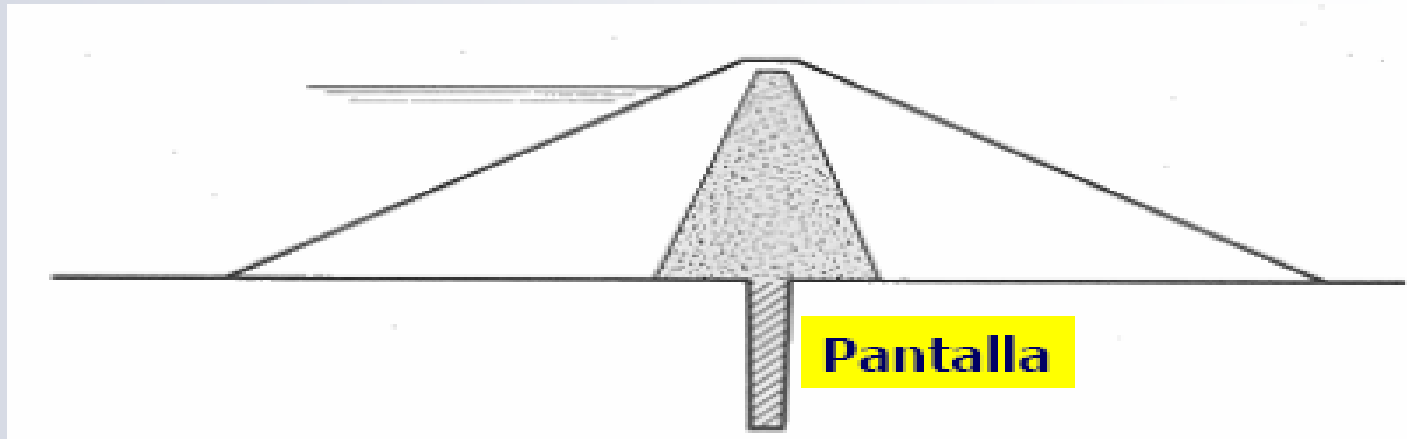
# CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

- a) **COLCHONES DE DRENAJE**
- Manejan la filtración tanto a través de terraplén como de la fundación.
  - Previenen las subpresiones excesivas en el pie de la presa.
  - Los colchones de drenaje aumentan los caudales de filtración por debajo del terraplén.



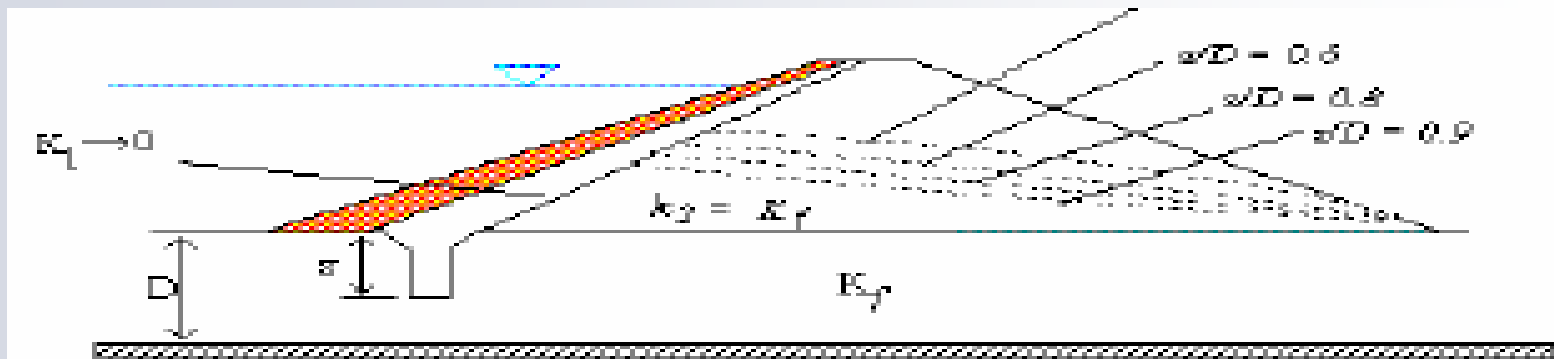
# CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

## b) ZANJA O PANTALLA IMPERMEABILIZANTE



Pueden ser de suelo impermeable compactado, relleno fluido o concreto.

# CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION



Effects of Partial Cutoff on Position of Line of Seepage

## ZANJA O PANTALLA IMPERMEABILIZANTE

1. Pantalla total (atravesando el manto permeable).
2. Pantalla parcial, su efectividad pende de la profundidad, para que sea efectiva bajar a un manto menor permeabilida.



# CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

## ZANJA O PANTALLA IMPERMEABILIZANTE

### PANTALLA COMPACTADA:

- Permite ver el suelo de fundación.
- Permite el tratamiento del fondo de la pantalla.
- Para mayor eficiencia, penetrar dentro del manto impermeable.
- Su ancho debe ser mayor al 20% de la altura del agua de la presa y no menor de 6m.
- Debe incluir filtros para evitar erosión interna.
- Puede requerir desagüe durante la construcción.



# **CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION**

**ZANJA – PANTALLA - COMPACTADA**





# **CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION**



## **ZANJA PANTALLA EN SLURRY (RELLENO FLUIDO).**

- Para la excavación puede requerirse todo de bentonita.
- El relleno fluido de cemento se utiliza con frecuencia
- No se recomienda cuando hay bloques o cantos de roca en la fundación.



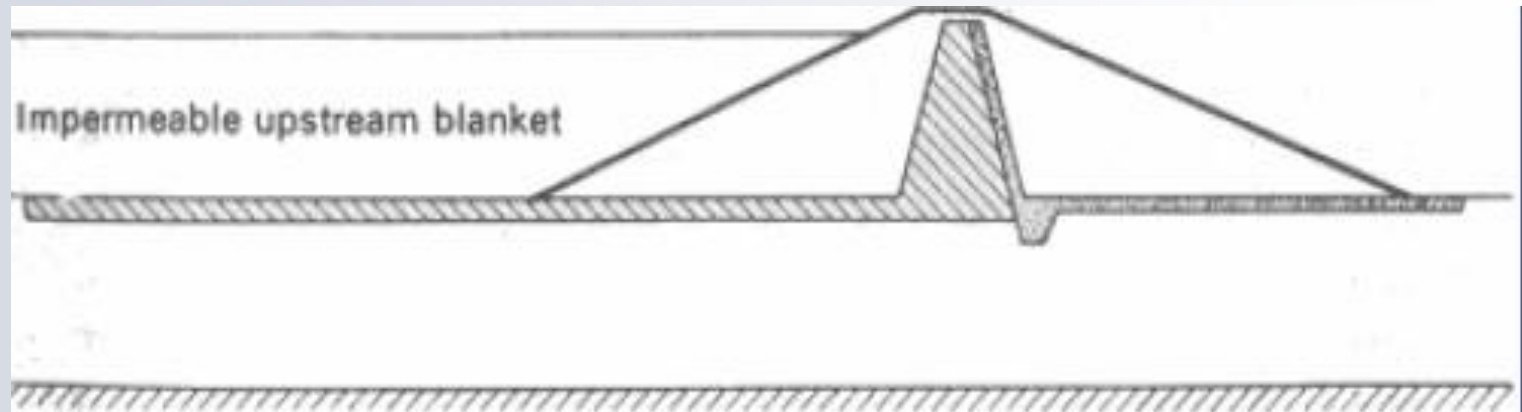
# **CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION**

## **ZANJA O PANTALLA EN CONCRETO**

- Puede requerirse excavación con lodo de bentonita.
- Puede romperse en sismos de gran magnitud.



# CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION



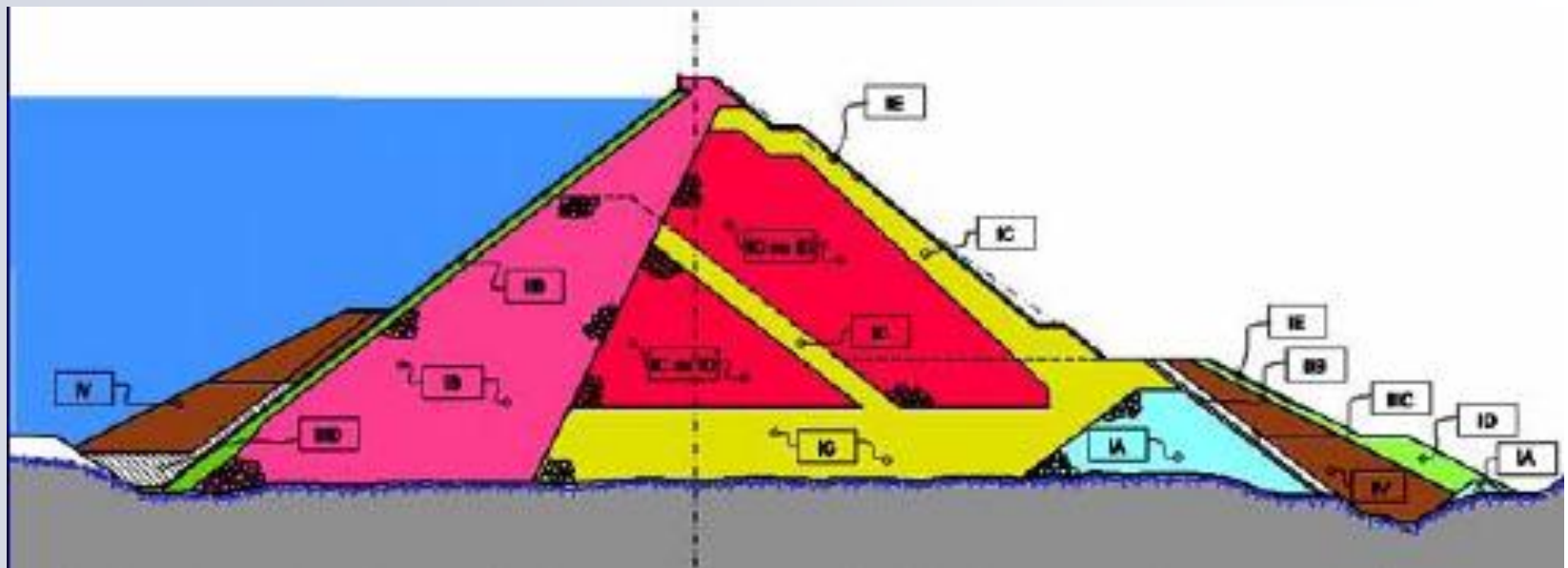
## COLCHONES IMPERMEABLES AGUAS ARRIBA

- Disminuye las subpresiones aumentando la longitud de las líneas de flujo.
- No se recomiendan para presas de mas de 30m de altura o para fundaciones muy permeables.
- Pueden requerirse colchones de drenaje o drenes en el pie.

# CONTROL Y MANEJO DE FILTRACIONES POR LA FUNDACION

BERMA EN EL PIE DE PRESA PARA MITIGAR EFECTOS DE LAS SUBPRESIONES.

- Debe adicionarse subdrenajes en el pie.





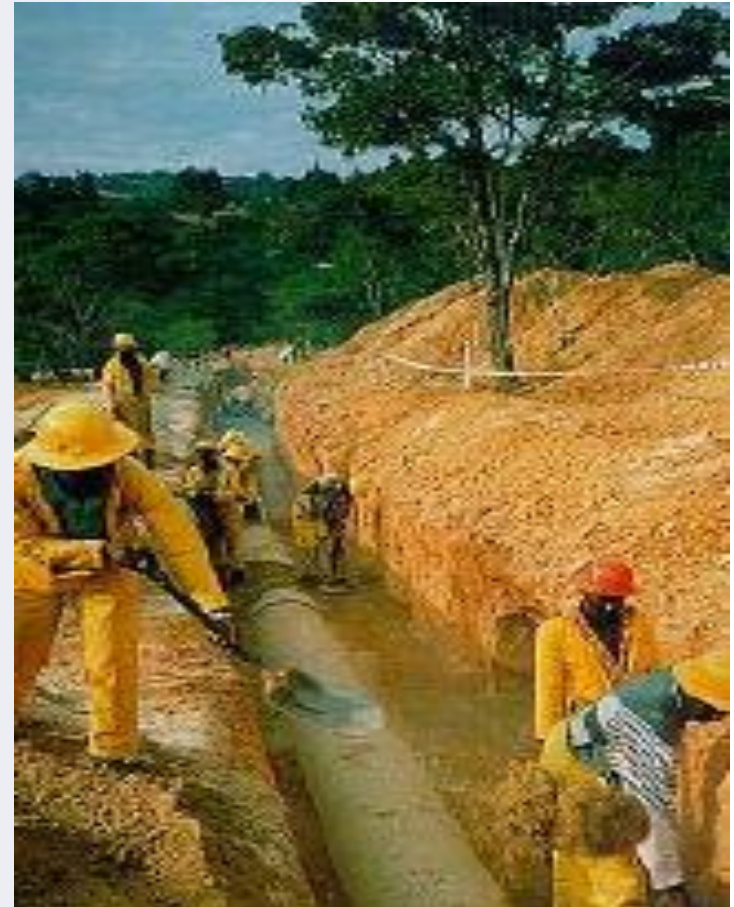
# CONTROL DE FILTRACIONES POR LOS ESTRIBOS

Los criterios son similares a los de la fundación.



# CONTROL DE FILTRACIONES A LO LARGO DE LOS DUCTOS

- Colocación de collares para bloquear el paso de agua alrededor del ducto.
- Compactar muy bien alrededor del ducto o utilizar concreto o relleno fluido.



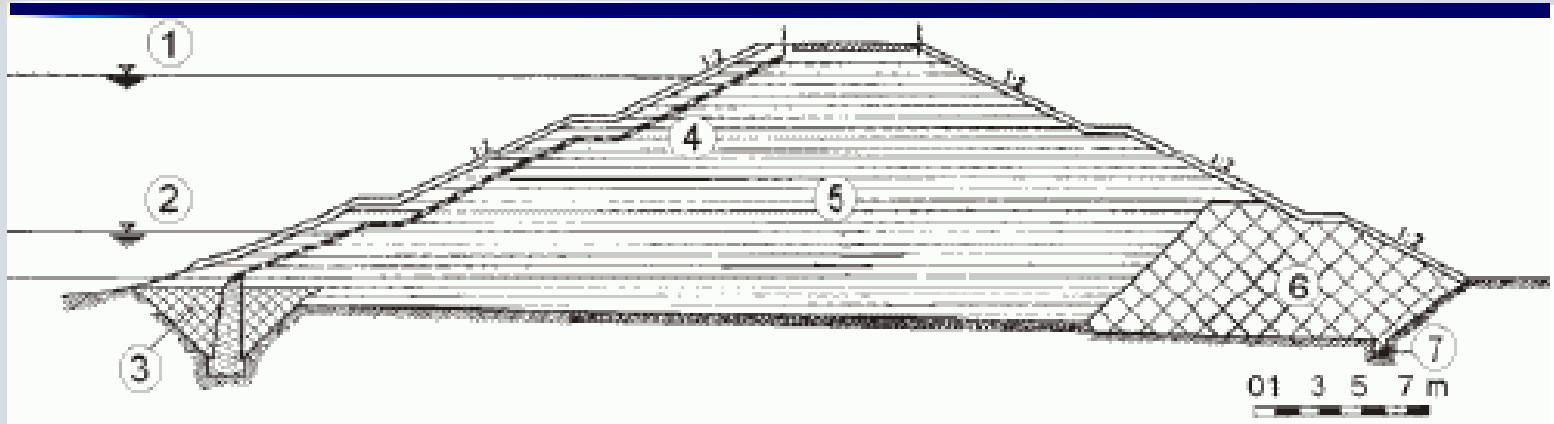
# **CONTROL DE FILTRACIONES POR DEBAJO DE LOS VERTEDEROS**

- Drenes debajo de las placas de vertedero para disminuir subpresiones.
- Pantallas impermeabilizantes.





# DISEÑO DE LA SECCION DE TERRAPLEN



## MATERIALES

- ❖ La mayoría de los suelos pueden utilizarse para la construcción de presas de tierra.
- ❖ No deben utilizarse materiales orgánicos.
- ❖ No deben utilizarse limos, finos o roca molida.
- ❖ No deben utilizarse arcillas con límites líquidos de más de 80%.

# UTILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS

- Algunos suelos arcillosos son inestables debido a su exceso de humedad.
- Es impracticable en la mayoría de los casos bajar la humedad de los suelos muy húmedos en temporada de lluvias.





# UTILIZACION DE ENROCADOS



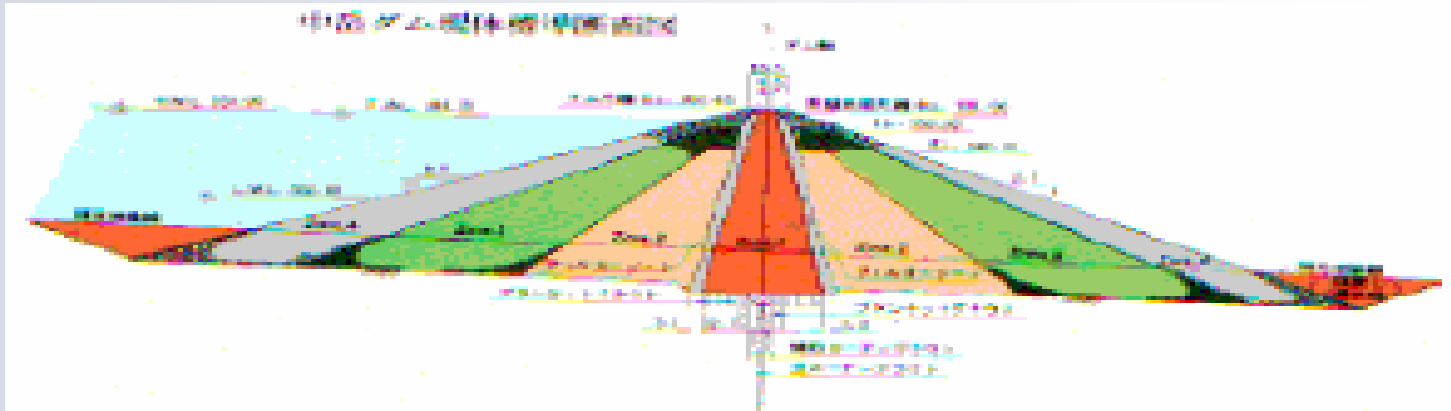
- La roca sana dura es la ideal para los enrocados pero algunas rocas débiles o meteorizadas pueden utilizarse.
- No se recomienda la utilización de lutitas arcillosas.
- Las rocas que se trituran al compactarse deben diseñarse como suelos y no como enrocados.
- En algunos casos se requiere eliminar los sobre tamaños.



# UTILIZACION DE ENROCADOS



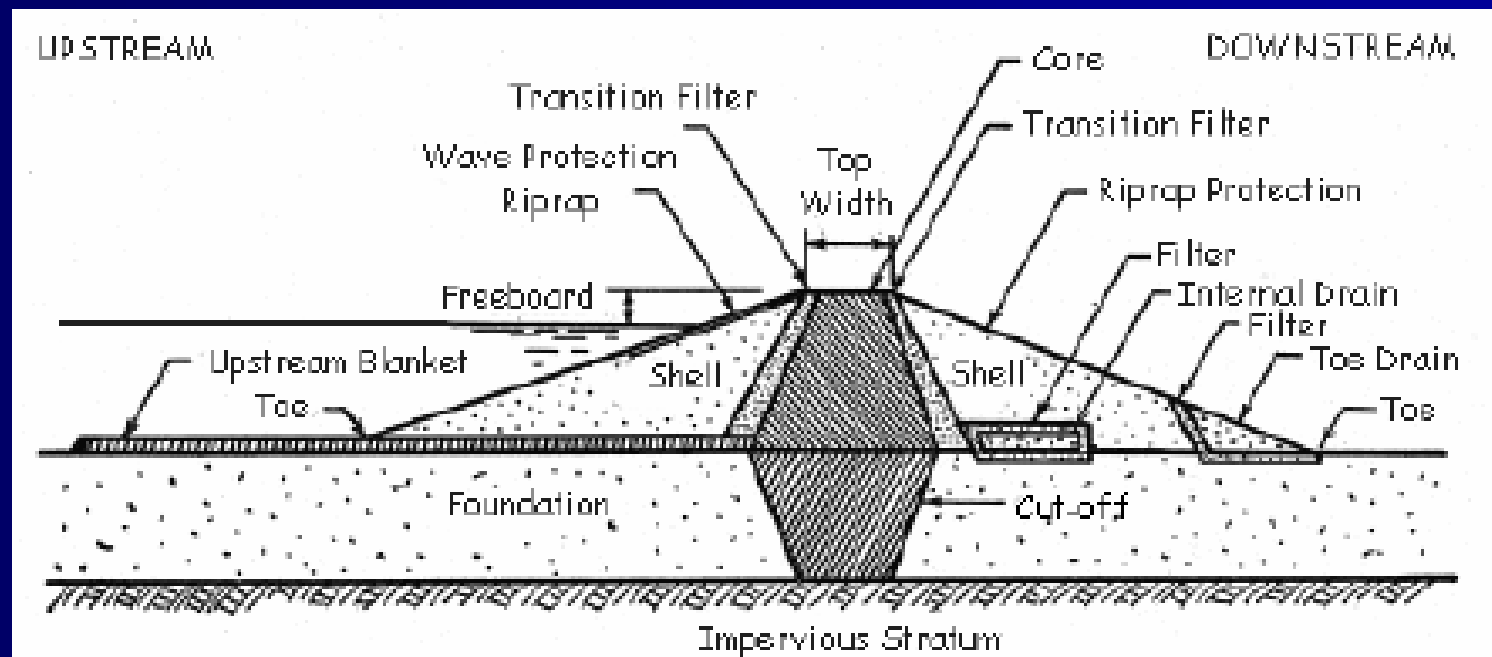
# ZONIFICACION DE LA PRESA



- El terraplén debe zonificarse para utilizar la mayor cantidad de materiales posibles de las excavaciones en la obra y de las zonas de cantera cercanas al sitio.
- Es común el diseño de un núcleo el cual está rodeado de filtros y de materiales más gruesos y resistentes.
- El espaldón aguas abajo no sirve de drenaje y da estabilidad a los taludes.
- Igualmente el espaldón aguas arriba da estabilidad a los taludes respectivos.

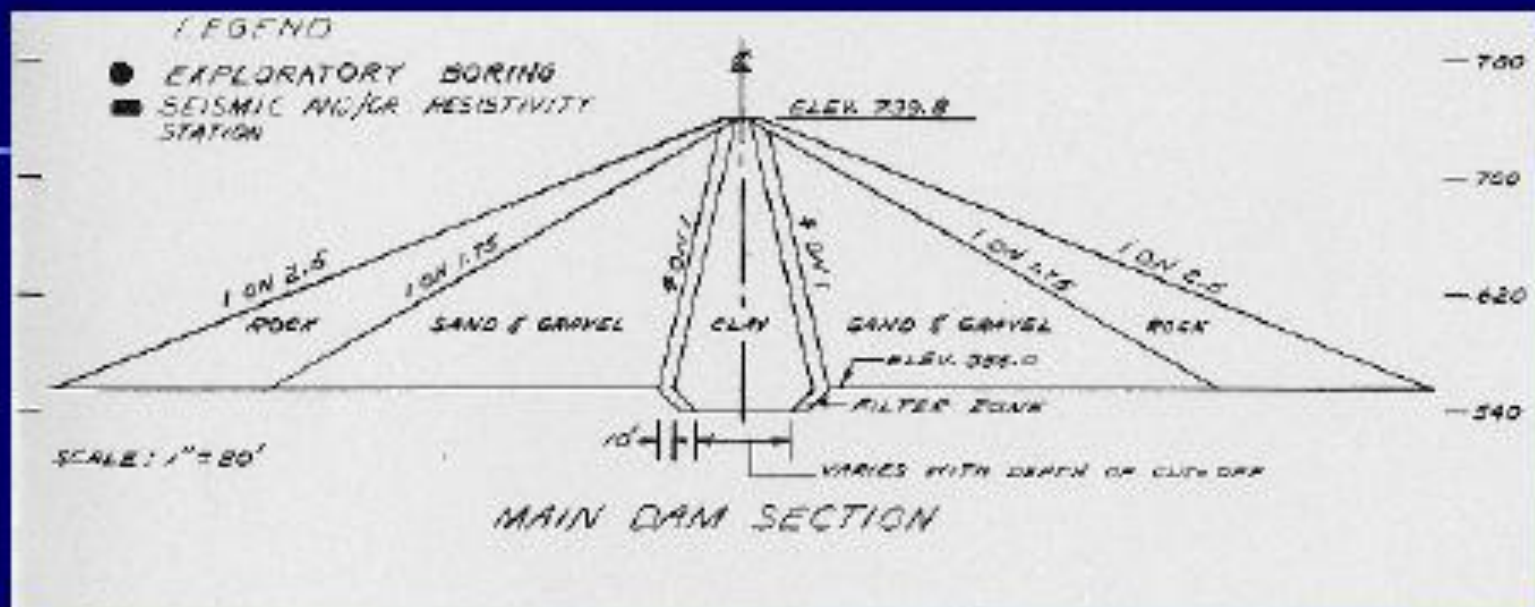
# DISEÑO DE LAS CAPAS DE MATERIALES

- EL ESPESOR MÍNIMO DE NUCLEOS, FILTROS O ZONAS DE TRANSICIÓN DEBE SER DE 3.0 METROS
- EN TODAS LAS TRANSICIONES DE MATERIALES FINOS Y GRUESOS DEBE CONSTRUIRSE UN FILTRO





# DISEÑO DEL NUCLEO



- EL ESPESOR DEL NUCLEO DEBE ESTABLECERSE TENIENDO EN CUENTA CONSIDERACIONES DE FILTRACION DE AGUA Y EROSION INTERNA
- EN GENERAL EL ESPESOR DEL NUCLEO DEBE SER IGUAL O MAYOR AL 25% DE LA ALTURA DE AGUA EN EL SITIO
- EL ESPESOR MÍNIMO EN LA CORONA DEL NUCLEO DEBE SER DE 3.0 METROS PARA PERMITIR SU COMPACTACION

# NUCLEO





# FILTROS



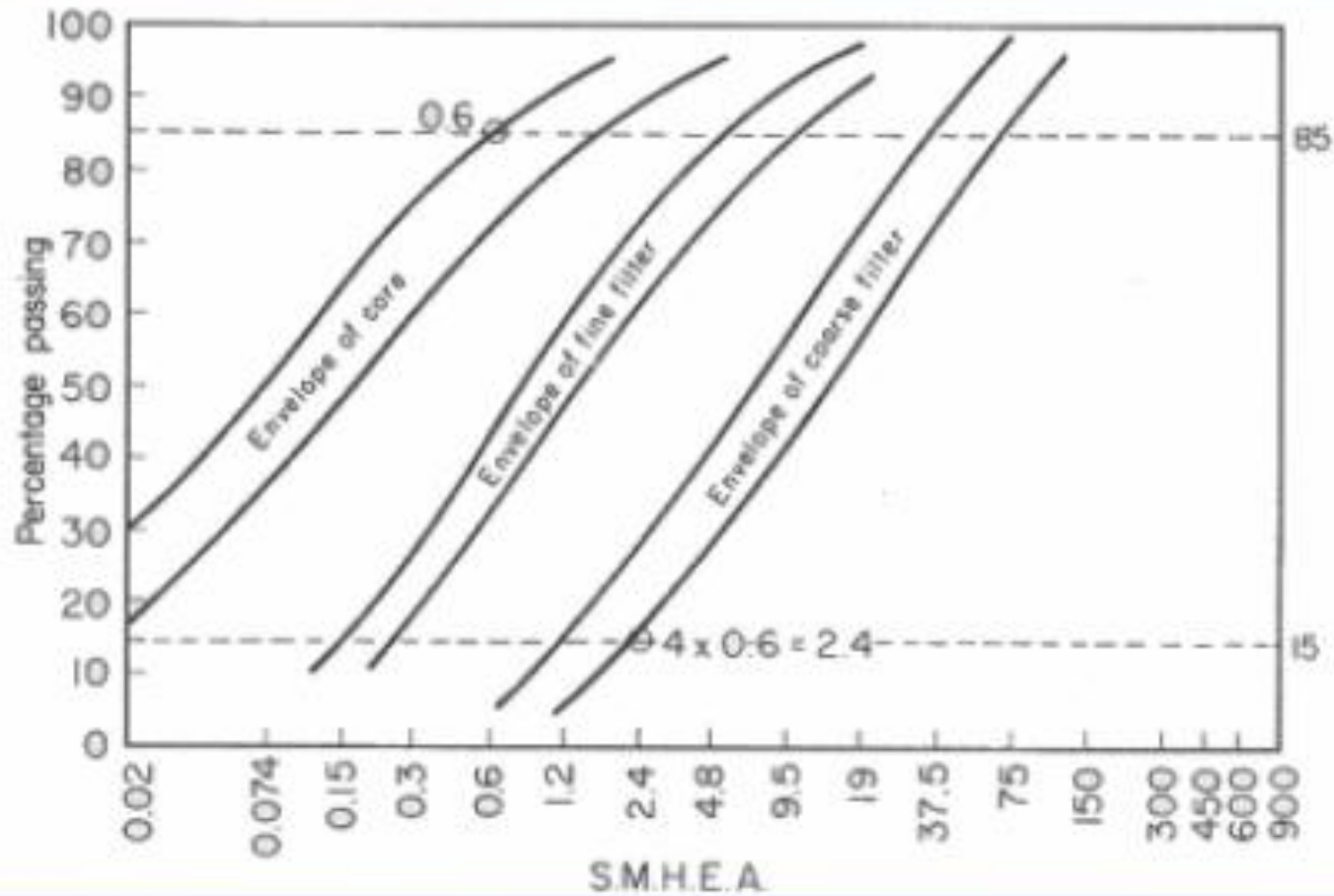








# FILTROS





## **FILTROS DE GEOSINTETICOS**

**□ EL U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS RECOMIENDA NO SE UTILICEN FILTROS DE GEOTEXTIL EN PRESAS DE TIERRA, SIN EMBARGO SE PUEDEN UTILIZAR GEOSINTETICOS PARA COMPLEMENTO DE LOS FILTROS DE MATERIAL DE SUELO**



# DISEÑO DE LOS TALUDES



## 1. DISEÑO EMPÍRICO

**TABLAS: CONSULTAR MANUAL DE PRESAS PEQUEÑAS**  
**U.S. Bureau of reclamation**



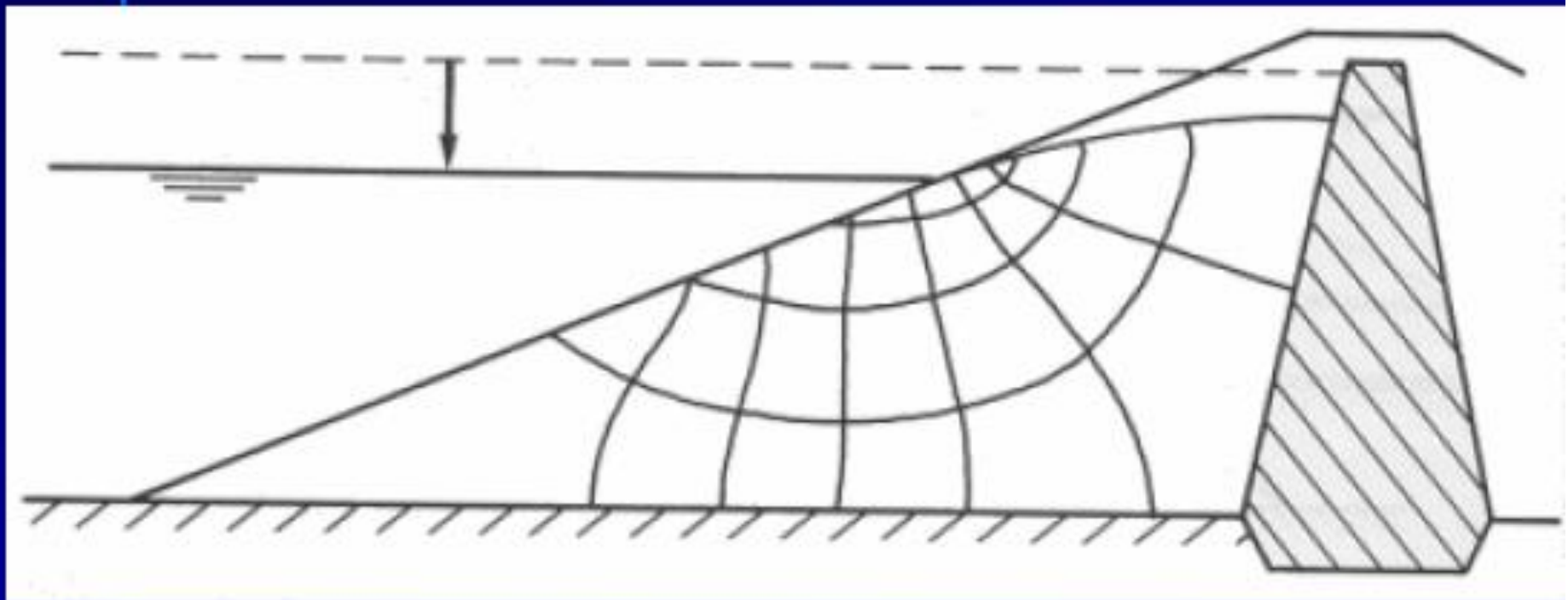
# TALUDES EN ENROCADO

ALTURA(M )	TALUD
15	0.5 H:1V
15 30	0.75 H:1V
30 45	1 H:1V
45	1.3 H:1V

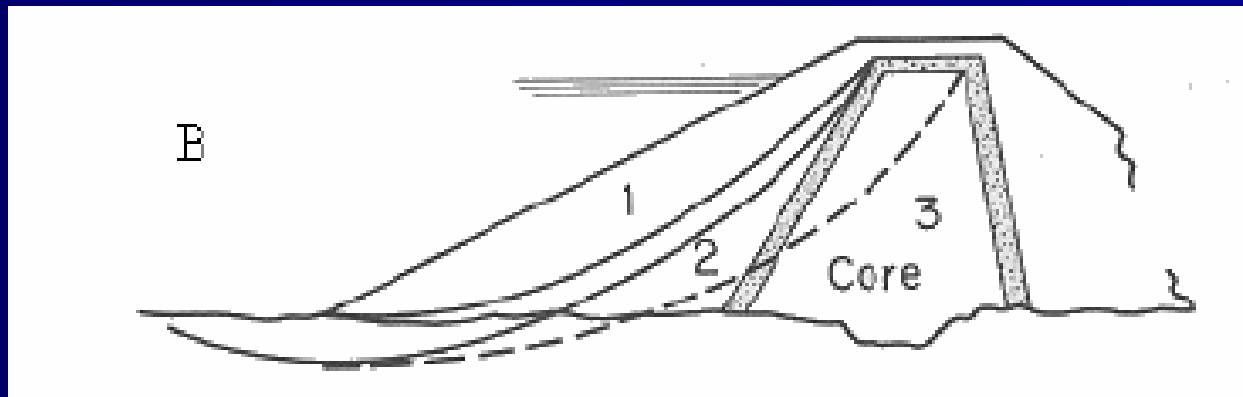
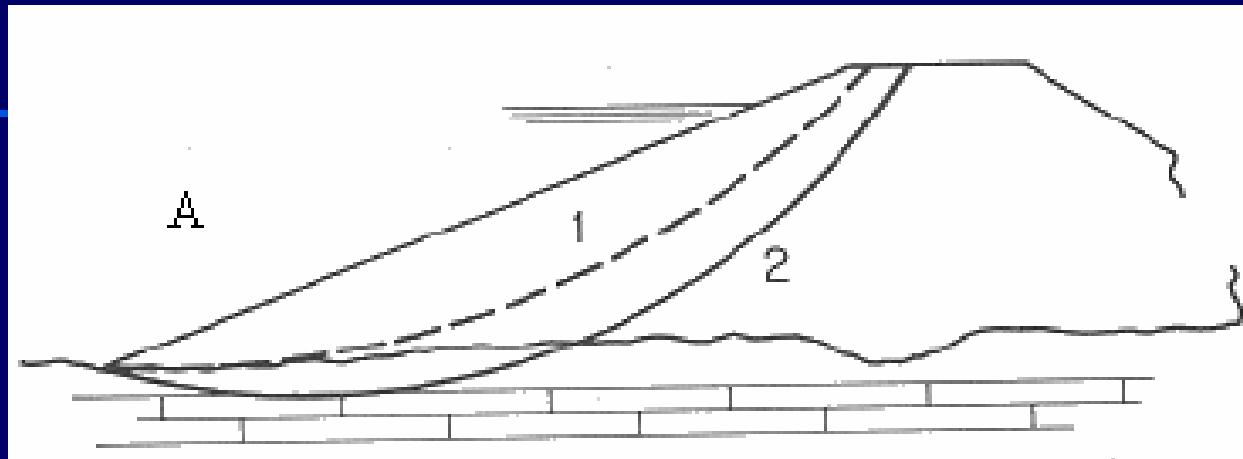




## CASO DE DESEMBALSE RAPIDO



# CALCULO DE ESTABILIDAD DEL TALUD



# PANTALLA DE CONCRETO ARMADO



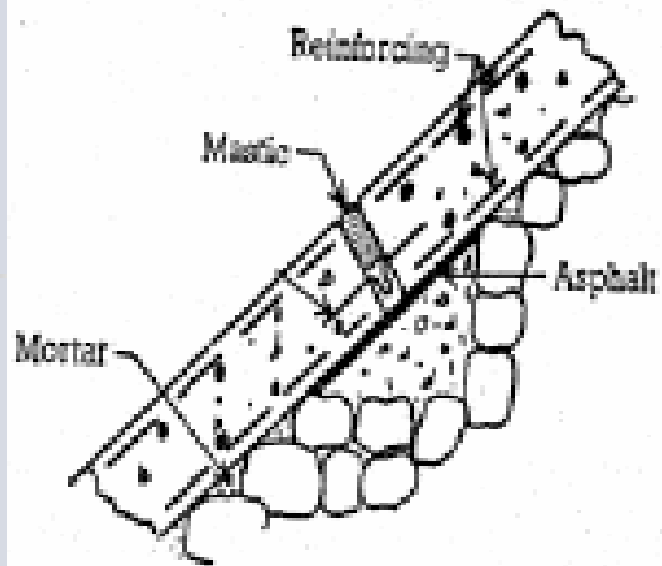
**ESPESOR EN PIES:**

$$t \approx 1 + 0.00735 H$$

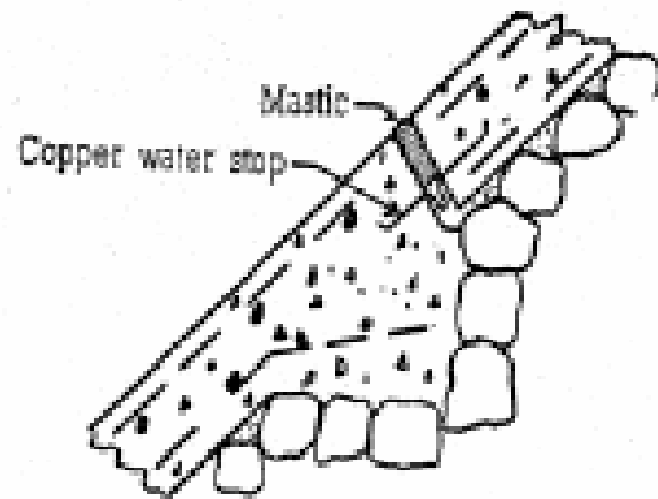
**REFUERZO : 0.5% DEL AREA EN AMBAS DIRECCIONES**



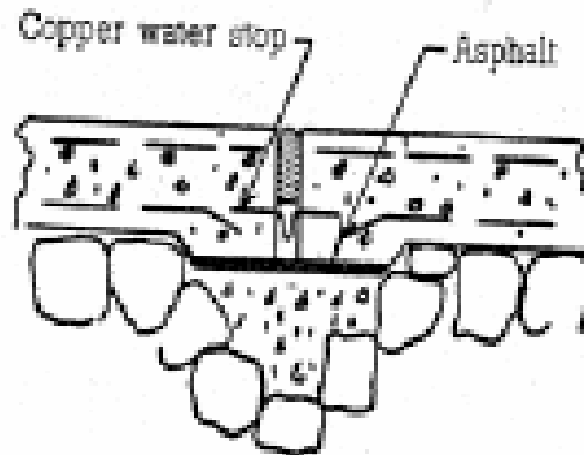
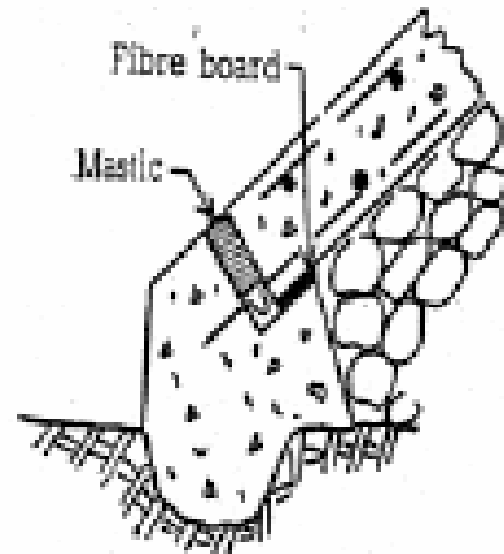




a. Horizontal joint



b. Horizontal joint with supporting rib



# **PROTECCION DE LOS TALUDES CONTRA LA EROSION**



**RIP RAP**

**ENROCAMIENTO: COLOCADO A MANO  
COLOCADO AL VOLTEO**





# COLOCACION DEL RIP-RAP



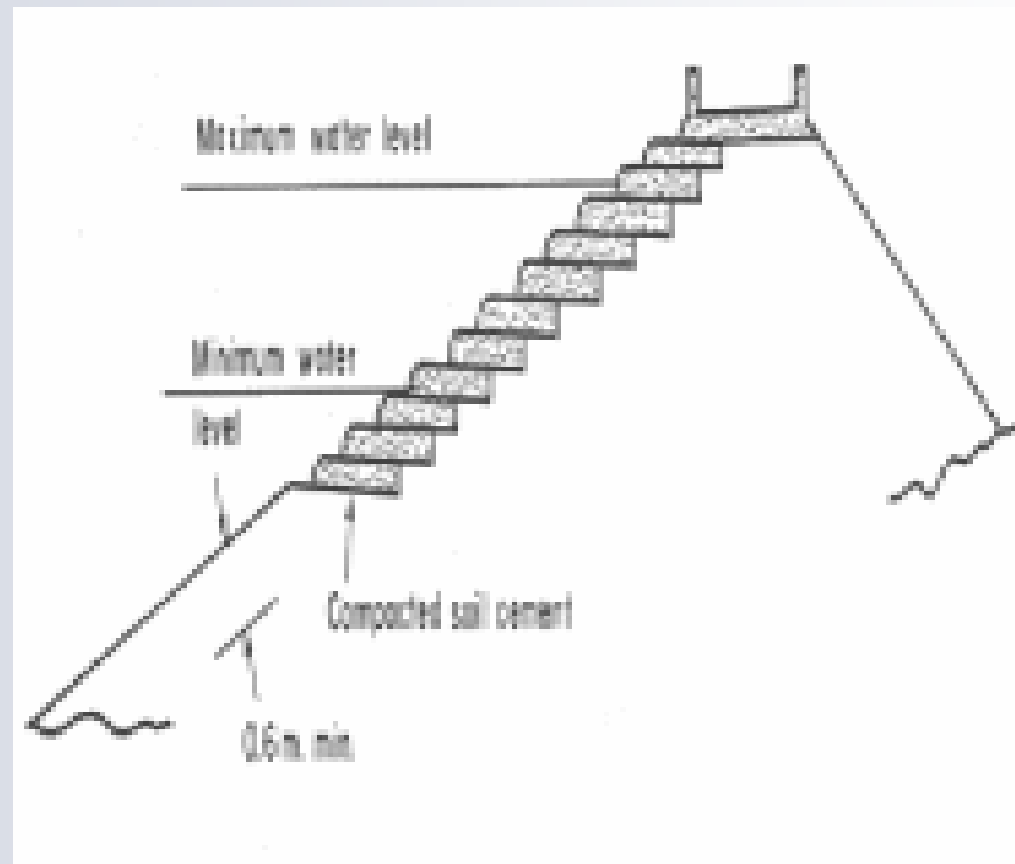








# PROTECCION CON SUELO-CEMENTO





# PROTECCION CON VEGETACION





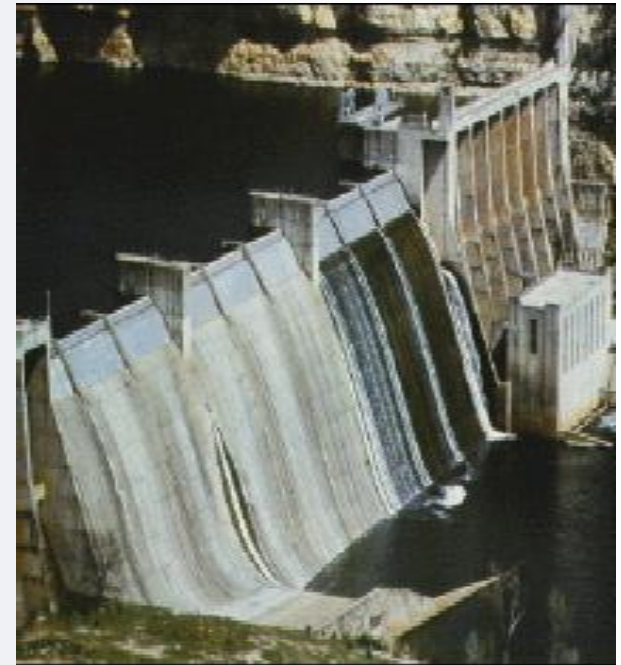


## **REFUERZO DE LOS TERRAPLENES CON GEOSINTETICOS**

- EN LOS ULTIMOS AÑOS SE HAN UTILIZADO GEOSINTETICOS COMO REFUERZO DE LOS TERRAPLENES DE PRESAS CON EL OBJETO DE DISMINUIR LOS VOLUMENES DE MATERIAL DE TIERRA. LA EXPERIENCIA MUESTRA EXITOS Y FRACASOS DEL SISTEMA, Y SE DESCONOCE EL COMPORTAMIENTO A LARGO PLAZO**
- TAMBIEN SE HAN UTILIZADO GEOMEMBRANAS PARA IMPERMEABILIZACION DEL TALUD AGUAS ARRIBA**
- EL USO DE GEOSINTETICOS DEBE LIMITARSE A PRESAS DE MAXIMO 15 METROS DE ALTURA**

# VERTEDEROS

En zonas de alto riesgo de sismos, los vertederos deben cimentarse sobre roca.





# VERTEDEROS PARA PECES



## **PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO**

- ES UN CONCRETO QUE SOPORTA EL PESO DE UN RODILLO VIBRATORIO DURANTE LA COMPACTACION**
- EL CONCRETO COMPACTADO TIENE UN COSTO ENTRE 25 Y 50% MENOS QUE EL CONCRETO CONVENCIONAL.**
- NO USA FORMALETA COMPLEJA**
- RENDIMIENTO DE TIEMPOS DE CONSTRUCCION (HASTA 10.000 M<sup>3</sup>/DIA)**



# AGREGADOS (PARA CONCRETO COMPACTADO)

- TAMAÑO MAXIMO 3"
- PERMITE HASTA EL 18% DE FINOS EN LA FRACCION ARENOSA







2002 6 14





2002 4 11

## AGREGADO GRUESO IDEAL

Tamaño de Tamiz	No. 4 a 3"	No. 4 a 1 1/2"	No. 4 a 3/4"
75 mm (3")	100		
63 mm (2 - 1/2")	88		
50 mm (2")	76		
37.5 mm (1 - 1/2")	61	100	
25.0 mm (1")	44	72	
19.0 mm (3/4")	33	55	100
12.5 mm (1/2")	21	35	63
9.5 mm (3/8")	14	23	41
4.75 mm (No. 4)	-	-	-



## **AGREGADO FINO IDEAL**

<b>Tamaño de Tamiz</b>	<b>% que pasa</b>
<b>9.5 mm (3/8")</b>	<b>100</b>
<b>4.75 mm (No. 4)</b>	<b>95 – 100</b>
<b>2.36 mm (No. 8)</b>	<b>75 – 95</b>
<b>1.18 mm (No. 16)</b>	<b>55 – 80</b>
<b>600 <math>\mu</math>m (No. 30)</b>	<b>35 – 60</b>
<b>300 <math>\mu</math>m (No. 50)</b>	<b>24 – 40</b>
<b>150 <math>\mu</math>m (No. 100)</b>	<b>12 – 28</b>
<b>75 <math>\mu</math>m (No. 200)</b>	<b>8 – 18</b>
<b>Fineness modulus</b>	<b>2.10 – 2.75</b>

# RELACION AGREGADO FINO/AGREGADO GRUESO

<b>Tamaño máximo</b>	<b>% de Agregado Fino</b>
<b>3" Triturado</b>	<b>29 a 36</b>
<b>3" Redondeado</b>	<b>27 a 34</b>
<b>1 ½ Triturado</b>	<b>39 a 47</b>
<b>1 ½" Redondeado</b>	<b>35 a 45</b>
<b>¾" Triturado</b>	<b>48 a 59</b>
<b>¾" Redondeado</b>	<b>41 a 45</b>

# MEZCLA DE CONCRETO COMPACTADO



- ❑ UTILIZA BAJOS CONTENIDOS DE AGUA Y POR CONSIGUIENTE DE CEMENTO
- ❑ EL SLUMP ES 0.0
- ❑ LA PREPARACION DE LA MEZCLA ES MUY SIMILAR A LA DEL CONCRETO CONVENCIONAL

2002 6 11

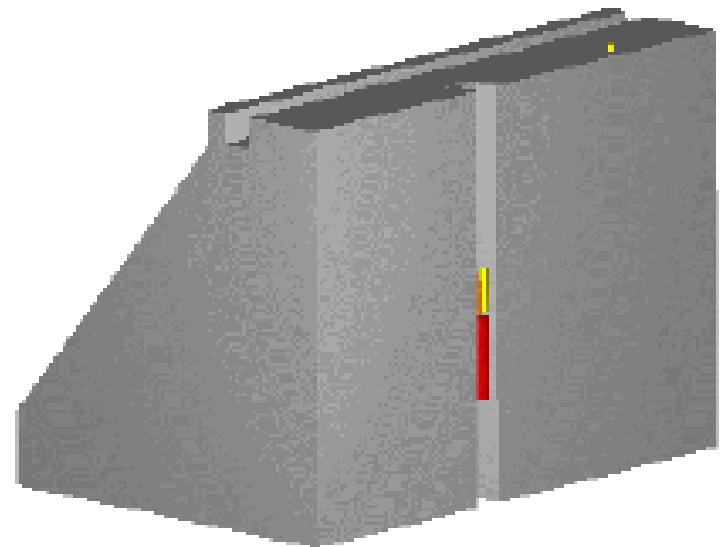


## COLOCACION



- ❑ **CAPAS DE 20 CMS A 60 CMS**
- ❑ **30 CMS ES EL ESPESOR TIPICO DE CAPA**
- ❑ **JUNTAS DE CONTRACCION ENTERRANDO UNA LAMINA METALICA ANTES DE COMPACTAR**

# DISEÑO DE PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO



Roller compacted concrete lock wall section

**PENDIENTES TÍPICAS**

**TALUD AGUAS ABAJO: 0.75H:1V A 1H:1V**

**TALUD AGUAS ARRIBA: SEMIVERTICAL**

**VERTEDERO: SOBRE LA PRESA**

# PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO





# Referencias

- Proyecto El Quimbo, del Departamento del Huila y de la Nación, Colombia.
- [WWW.dspace.espol.edu.ec](http://WWW.dspace.espol.edu.ec)
- Diseño y construcción proyecto Daule Peripa.
- Suarez D. Jaime, "Deslizamientos y Estabilidad de taludes en zonas tropicales" Ed. Ingeniería de suelos Ltda. Julio de 1998.
- También algunas imágenes y datos de internet.