

JORNADA DE PRESENTACIÓN DEL MANUAL DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BALSAS

TIPOLOGÍA DEL DIQUE DE CIERRE

Madrid 18 de Mayo de 2.009



José Manuel Martínez Santamaría

José Estaire Gepp

Aurea Perucho Martínez

Laboratorio de Geotecnia.CEDEX

ÍNDICE

1. Objetivos y alcance (*)
2. Normativa de referencia (*)
3. Estudios previos del terreno y de los materiales (G)
4. Estudios previos de carácter hidráulico
5. Criterios generales de diseño (*)
6. Tipología del dique de cierre (*)
7. Análisis de estabilidad (G)
8. Sistemas de impermeabilización
9. Recomendaciones constructivas generales (*)
10. Control de la seguridad durante la explotación
11. Criterios generales de mantenimiento. Patologías
12. Bibliografía (*)

Anejos

Nota: (G): Geotecnia (*): Geotecnia y otros

TIPOLOGÍA DEL DIQUE DE CIERRE

Criterio de selección: en función de la existencia o no de materiales impermeables ($k \leq 10^{-5}$ cm/sg) procedentes de la excavación o préstamos próximos

1. SIN ELEMENTO DE IMPERMEABILIZACIÓN EXTERNO

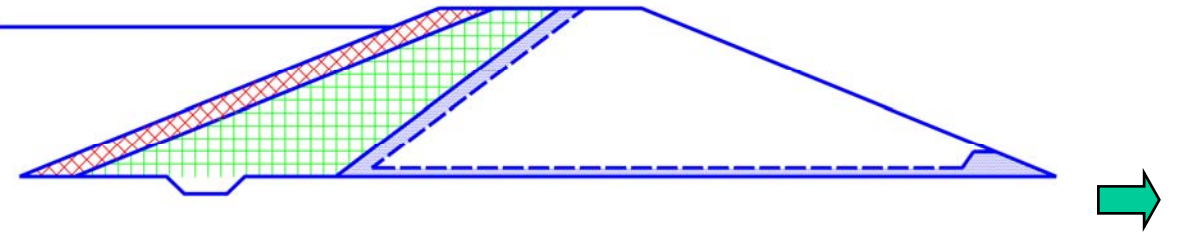
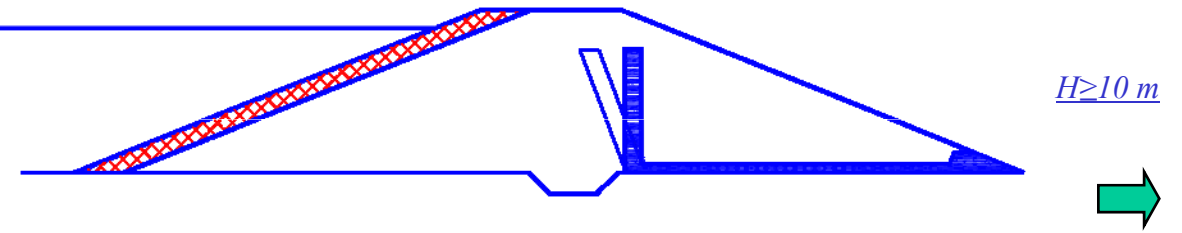
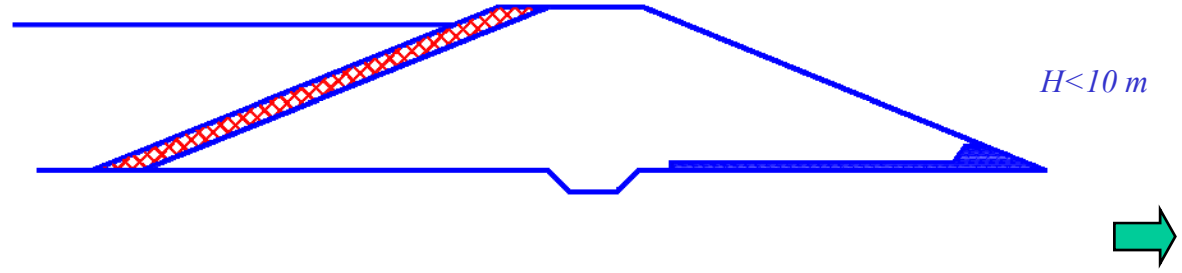
- Diques homogéneos
- Diques heterogéneos

2. CON ELEMENTO DE IMPERMEABILIZACIÓN EXTERNO

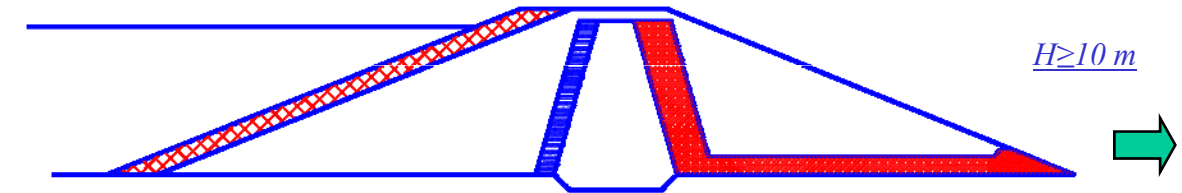


DIQUES SIN ELEMENTO DE IMPERMEABILIZACIÓN EXTERNO

DIQUES
HOMOGENEOS

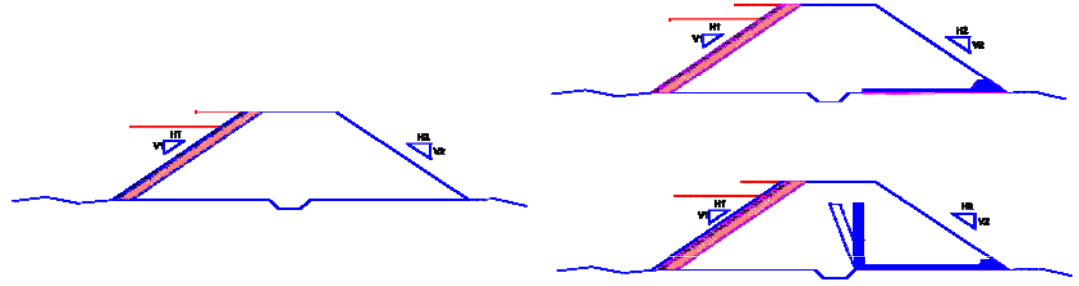


DIQUES
HETEROGENEOS
ZONADOS



DIQUES CON ELEMENTO DE IMPERMEABILIZACIÓN EXTERNO

**GEOMEMBRANAS
GBR-P**



GEOSINTÉTICOS GBR-C

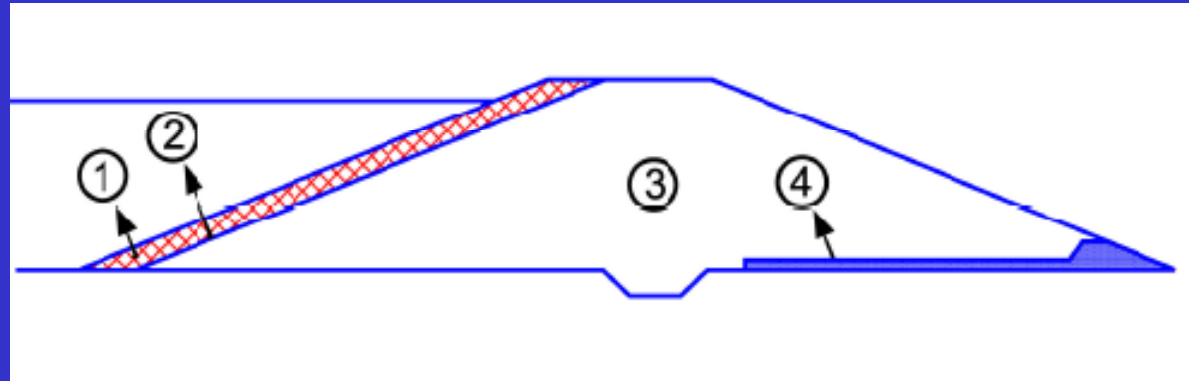
PANTALLA ASFÁLTICA

PANTALLA HORMIGÓN

PANTALLA GUNITA



DIQUE HOMÓGENEO. DREN HORIZONTAL



① Rip-rap. Manto de protección contra la erosión por la acción del oleaje. Puede ser una capa granular (de espesor mínimo entre 0,5 y 1 m en dirección perpendicular al talud), un manto formado por elementos cerámicos u hormigón, o bien protegerse mediante cables con boyas que rompan el oleaje, poliestireno expandido u otros elementos.

② Filtro rip-rap (en caso de ser necesario). Se recomienda utilizar un geotextil diseñado y especificado en función de la curva granulométrica del material del cuerpo de dique y de las características del rip-rap (tamaño de bloque, etc.).

③ Material cuerpo de dique.

④ Dren horizontal. Se recomienda que tenga un espesor mínimo de 0.5 m y que se empleen para ejecutarlo arenas o arenas con gravas debidamente graduadas. Debe cumplir las condiciones de filtro indicadas en 6.3.2. En el caso de que resulte difícil cumplir estas condiciones se puede colocar un geotextil como filtro, diseñado y especificado en función de la curva granulométrica del material del cuerpo de dique y del dren horizontal.

Debe asegurarse que el dren horizontal quede fuera del rastrillo.

Los espesores mínimos se establecen por condiciones constructivas.

Drenes (filtro): Horizontal, chimenea

Su permeabilidad debe ser muy superior a la del material del dique

Su granulometría debe cumplir determinadas condiciones de filtro para que no penetren en él las partículas del material del dique, por lo que en algunos casos es necesario el diseño de capas de filtro. En general arenas o arenas con gravas debidamente graduadas

Se pide:

- $d_{\text{máx}} < 20 \text{ mm}$
- % pasa tamiz UNE $0.08 < 5\%$
- coeficiente de uniformidad, c_u , entre 4 y 20

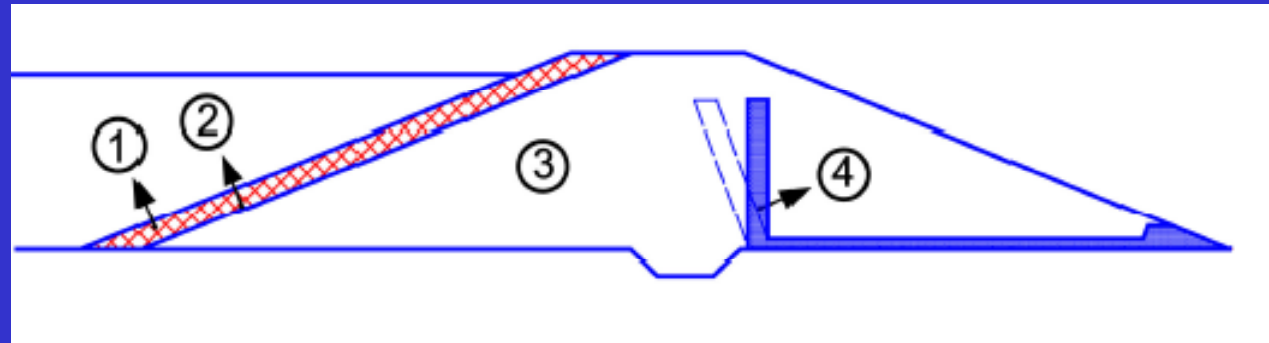
No se pide

$$5 D_{15} < F_{15} < 5 D_{85}$$

En el caso de que resulte difícil cumplir estas condiciones se puede colocar un geotextil como filtro, diseñado y especificado en función de la curva granulométrica del material del cuerpo de dique y del dren.



DIQUE HOMÓGENEO. DREN CHIMENEA



① Rip-rap. Manto de protección contra la erosión por la acción del oleaje. Puede ser una capa granular (de espesor mínimo entre 0,5 y 1 m en dirección perpendicular al talud), un manto formado por elementos cerámicos u hormigón, o bien protegerse mediante cables con boyas que rompan el oleaje, poliestireno expandido u otros elementos.

② Filtro rip-rap (en caso de ser necesario). Se recomienda utilizar un geotextil diseñado y especificado en función de la curva granulométrica del material del cuerpo de dique y de las características del rip-rap (tamaño de bloque, etc.).

③ Material de cuerpo de dique.

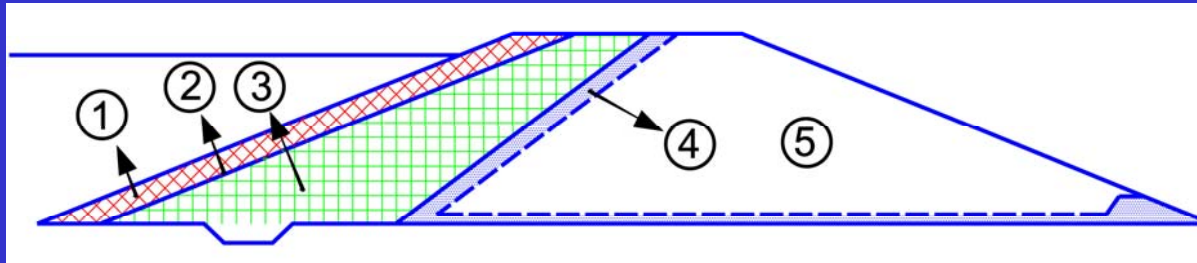
④ Dren chimenea. Se recomienda que tenga una altura mayor $2/3 H$ (siendo H la altura de la balsa). Debe tener un espesor mínimo de 1 m, pudiéndose reducirse a 0.5 m en el tramo horizontal. El tramo vertical puede estar inclinado. Como materiales se pueden emplear arenas o arenas con gravas debidamente graduadas. Debe cumplir las condiciones de filtro indicadas en 6.3.2. En el caso de que resulte difícil cumplir estas condiciones se puede colocar un geotextil como filtro, diseñado y especificado en función de la curva granulométrica del material del cuerpo de dique y del dren.

Debe asegurarse que el dren chimenea quede fuera del rastrillo.

Los espesores mínimos se establecen por condiciones constructivas.



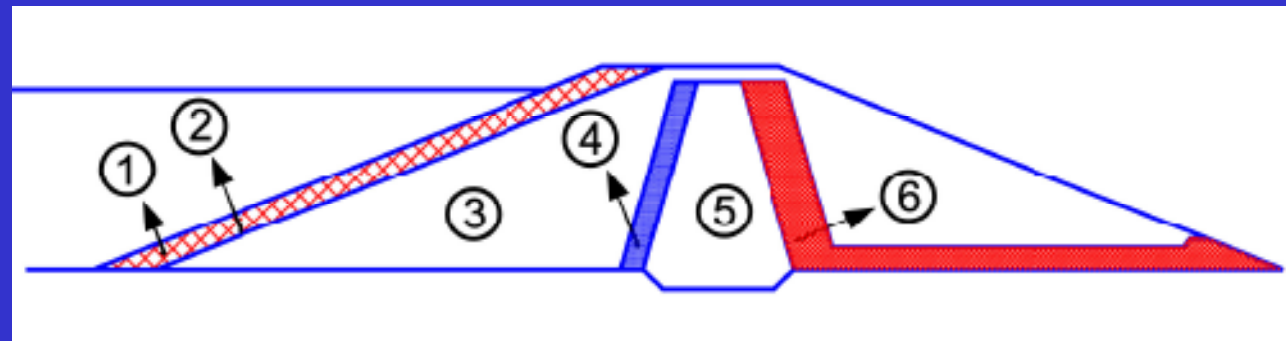
DIQUE CON IMPERMEABILIZACIÓN ARCILLOSA HACIA EL INTERIOR DE LA Balsa



- ① Rip-rap. Manto de protección contra la erosión por la acción del oleaje. Puede ser de escollera (de espesor mínimos entre 0,5 y 1 m) o bien mediante cables con boyas que rompan el oleaje, poliestireno expandido u otros elementos.
- ② Filtro rip-rap (en caso de ser necesario). Se recomienda utilizar un geotextil diseñado y especificado en función de la curva granulométrica del material del cuerpo de dique y de las características del rip-rap (tamaño de bloque, etc.).
- ③ Material arcilloso de impermeabilización
- ④ Posible filtro-dren, según la granulometría del tapiz arcilloso y del cuerpo de dique. En caso de ser necesario debe cumplir las condiciones de filtro indicadas en 6.3.2. Cuando resulte difícil cumplir estas condiciones se puede colocar un geotextil como filtro, diseñado y especificado en función de la curva granulométrica del material del cuerpo de dique y del dren.
- ⑤ Material de cuerpo de dique



DIQUE ZONADO. NUCLEO VERTICAL

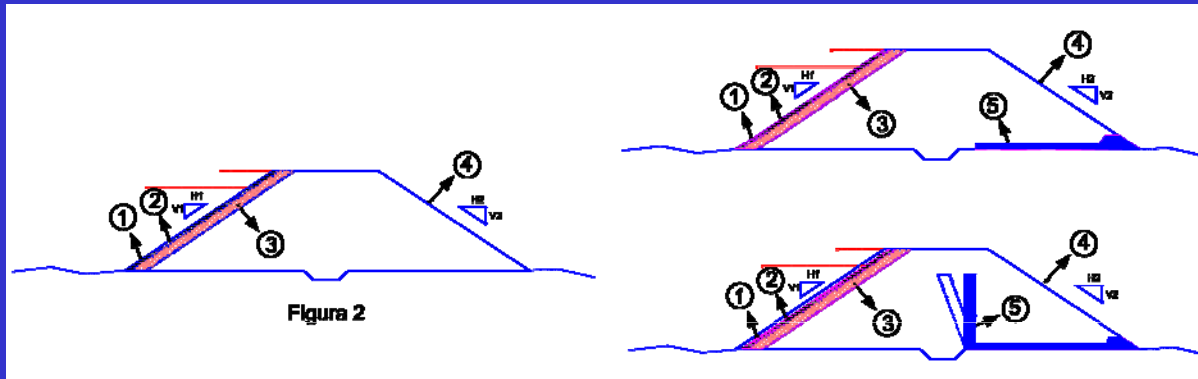


- ① Rip-rap. Manto de protección contra la erosión por la acción del oleaje. Puede ser de escollera (de espesor mínimo entre 0,5 y 1 m) o bien mediante cables con boyas que rompan el oleaje, poliestireno expandido u otros elementos.
- ② Filtro rip-rap (en caso de ser necesario). Se recomienda utilizar un geotextil diseñado y especificado en función de la curva granulométrica del material del cuerpo de dique y de las características del rip-rap (tamaño de bloque, etc.).
- ③ Material cuerpo de dique
- ④ Filtro lado interior de la balsa Se recomienda que tenga un espesor mínimo de 1 m (por motivos constructivos) y que se utilicen arenas o arenas con gravas debidamente graduadas para ejecutarlo. Debe cumplir las condiciones de filtro indicadas en 6.3.2.
- ⑤ Núcleo
- ⑥ Filtro-dren lado exterior de la balsa. Se recomienda que tenga un espesor mínimo de 2 m y que se utilicen arenas o arenas con gravas debidamente graduadas. Debe cumplir las condiciones de filtro indicadas en 6.3.2.

Los espesores mínimos se establecen por condiciones constructivas.



IMPERMEABILIZACIÓN CON GEOMEMBRANA GBR-P



- ① Geomembrana (GBR-P) (espesor $\geq 1,5$ mm)
- ② Geotextil
- ③ Soporte base de la impermeabilización
- ④ Elemento de protección
- ⑤ Dren (horizontal/chimenea). Debe cumplir las condiciones de filtro indicadas en 6.3.2. En el caso de que resulte difícil cumplir estas condiciones se puede colocar un geotextil como filtro, diseñado y especificado en función de la curva granulométrica del material del cuerpo de dique y del dren.

Posibles alternativas de impermeabilización para balsas con elemento de impermeabilización externo mediante geosintéticos.

GBR-P: Gomembranas

GBR-C: Geobentonitas

GCD: Geodrenes

GTX: Geotextil

SECCIONES

SENCILLAS



CON IMPERMEABILIZACION OCULTA



CON DRENAJE DE AGUAS DE AGUAS SUPERFICIALES



DOBLE IMPERMEABILIZACION



DOBLE IMPERMEABILIZACION CON CONTROL DE FUGAS

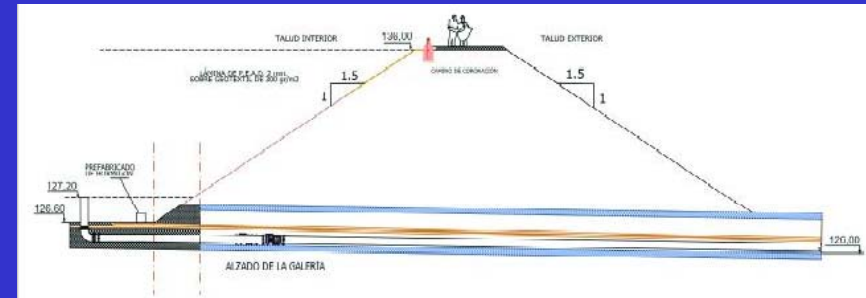


PARÁMETROS SECCIÓN DE DIQUE:

- TALUDES:

Análisis Estabilidad Capítulo 7

Protección



- ANCHURA DE CORONACIÓN:

$$C(m) = 3 + \frac{H(m)}{5}$$

Pendiente mínima 2% hacia el exterior de la balsa

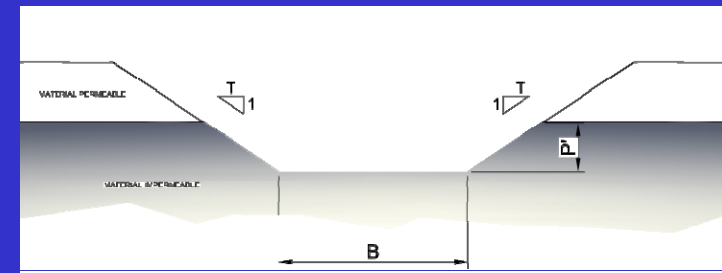
- RASTRILLO

Taludes: 1H:1V a 2H:1V

Profundidad entre 0,5 a 2 m

Base inferior > 3 m

Rellenar con material compactado



- RESGUARDO

Resguardo (R): se denomina a la diferencia entre el nivel de agua de la balsa en una situación concreta y la coronación del dique de cierre de la balsa (Z_{cor})

Resguardo normal (RN): Es el relativo al Nivel Máximo Normal (NMN) o máximo nivel que puede alcanzar el agua de la balsa en un régimen normal de explotación

$$RN (m) = Z_{cor} - NMN \geq r_1 + 1,5r_2$$

Siendo:

$$r_1 = NME - NMN$$

$$r_2 : \text{Altura de ola (m)} = 1,2 (F)^{1/4}$$

F: Fetch (Km)

Además: ≥ 1 m.

Resguardo mínimo (Rm): Es el relativo al Nivel Máximo Extraordinario (NME) o nivel correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero

$$Rm (m) = Z_{cor} - NME \geq 1,5r_2$$