



POLITÉCNICA



TEMA 29 : Hidrotecnias de corrección de cauces torrenciales (I)



JOSÉ LUIS GARCÍA RODRÍGUEZ
UNIDAD DOCENTE DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL
E.T.S. DE INGENIEROS DE MONTES
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



EROSIÓN EN LA CUENCA ALIMENTADORA

- Erosión en ladera
- Erosión en cauces

¿Cómo reducir la tasa de erosión? Adoptando medidas de control

¿Para qué?

- 1) Evitar que se forme el caudal sólido**
- 2) Si se produce disminuirlo**

OBJETIVO

Regulación y control (total o parcial) de los efectos provocados por la erosión y el transporte.



PRINCIPIOS
DE
HIDRAULICA TORRENCIAL
SU APLICACION
A LA CORRECCION DE TORRENTES

POR
JOSE MARIA GARCIA NAJERA
INGENIERO DE MONTES



INSTITUTO FORESTAL DE INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS
MADRID
1 9 4 3

**Siempre hay que
reparar a aquéllos
que dejaron huella**



**Cuenca
de
recepción**

Garganta

**Cono de
deyección**



Sistema corrector de una cuenca torrencial.

| Acciones | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Localización | Características | | Propósito | |
| En la cuenca | | Acciones biológicas Coberturas vegetales Forestación | Control de erosión laminar y en regueros Mejoras de la infiltración Control de escorrentías directas | |
| | | Prácticas mecánicas Terrazas Drenajes | Control de erosión laminar y regueros Control de la humedad del suelo Control de los movimientos en masa | |
| | | Pequeñas obras transv. Albaradas, palizadas Fajinas | Control de cárcavas Control de la erosión remontante | |
| En el cauce (Régimen torrencial) | Area de erosión | Diques de consolidación | Perfil de equilibrio o compensación (control de erosión del lecho) Consolidación de laderas marginales | |
| | | Obras transversales | Diques de retenida | Total Retención de sedimentos (defensa de embalses, vegas, etc) Retención parcial de sedimentos Selectiva Defensa de instalaciones hidroeléctricas, obras de infraestructuras |
| | Area de sedimentación | | Obras longitudinales | Umbrales de fondo Cubiertas vegetales y revestimientos Espigones Muros de defensa Soleras |
| | | Obras mixtas | | Perfil escalonado con tramos erosionables (muros longitudinales, solera, rastrillos) |
| En el cauce (Régimen fluvial) | | Obras longitudinales Revestimientos y espigones Malecones | Defensa de márgenes contra erosiones laterales Defensa contra inundaciones y rectificación del eje hidráulico | |

Fuente: TRAGSA (1998)



Sistema protector de una cuenca

Laderas

Uso del suelo agrícola

Fajas

Terrazas

Cultivo a nivel

Uso del suelo forestal

Drenajes

Zanjas de infiltración

Canales de evacuación

Empalizadas

Bioingeniería

Cauces

Hidráulica Torrencial

Hidráulica Fluvial



Cauces

Hidráulica Torrencial

Obras transversales

Obras longitudinales

Hidráulica Fluvial

Obras transversales

Obras longitudinales



EFECTOS DE LAS OBRAS TRANSVERSALES

- 1) Disminución de la velocidad de las aguas por embalse de las mismas. Pérdida de energía viva. Depósito de suspensiones y acarreos.
- 2) El cauce se “levanta” hasta alcanzar la pendiente de equilibrio para el caudal líquido. Los depósitos forman un aterramiento en el paramento aguas arriba del dique.
- 3) Aumento del tiempo de concentración de la onda de avenida.
- 4) Si se produce la regulación del torrente se consigue la estabilización del cauce. A este tipo de obras se las denomina por esto, estructuras de fijación.



ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN DIQUE

I ETAPA

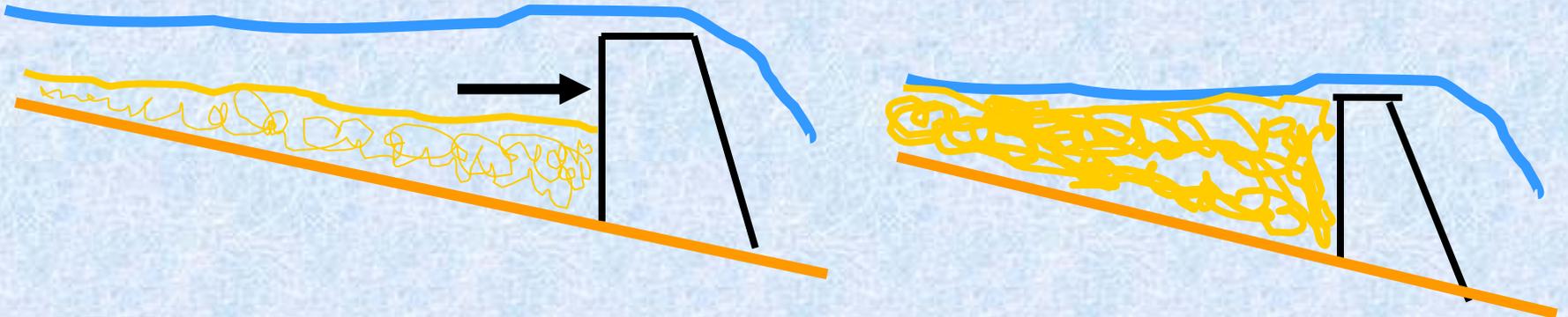
Dique sin aterrar

Fuerza actuante desfavorable, E (empuje hidrostático)



II ETAPA. Dique colmatado pero sin consolidación de los sedimentos

Atenuación del empuje hidrostático por medio de los mechinales del cuerpo de la obra



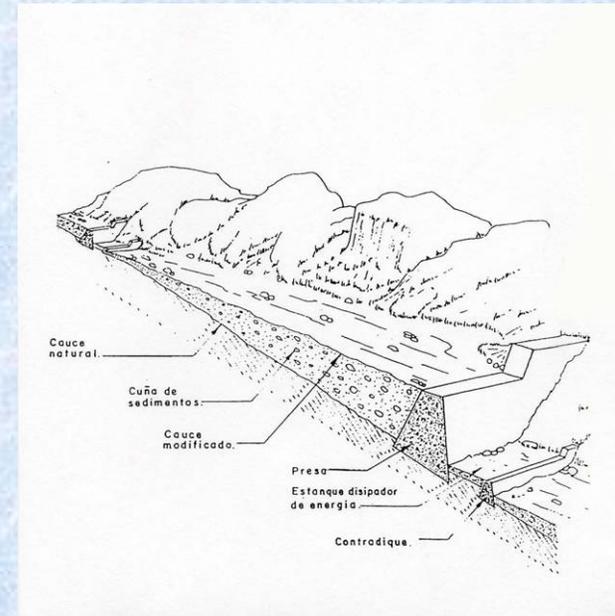
III. ETAPA

Comienza la consolidación y el nuevo lecho con la pendiente de equilibrio

EFECTOS HIDROLÓGICOS DE LOS DIQUES

SOBRE EL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LA CORRIENTE

- AGUAS ARRIBA DEL DIQUE
 - DEPÓSITO DE SEDIMENTOS (Retención total ó selectiva)
 - ELEVACIÓN DEL LECHO, ENSANCHAMIENTO DE LA SECCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA PENDIENTE
 - ALMACENAMIENTO DE AGUA
 - (Coadyuva a laminación; recarga de acuíferos)
- AGUAS ABAJO DEL DIQUE
 - FLUJO CON ALTA CAPACIDAD EROSIVA Y DE TRANSPORTE
 - (Control con estructuras de disipación)



EFECTOS HIDROLÓGICOS DE LOS DIQUES (II)

FUNCIONALES

- RETENCIÓN DE SEDIMENTOS
- CONSOLIDACIÓN DE LECHO Y LADERAS INESTABLES
- RECARGA DE ACUÍFEROS
- LAMINACIÓN
- CONTROL DE ALUDES



EFECTOS HIDROLÓGICOS DE LOS DIQUES (III)

SOBRE INFRAESTRUCTURAS

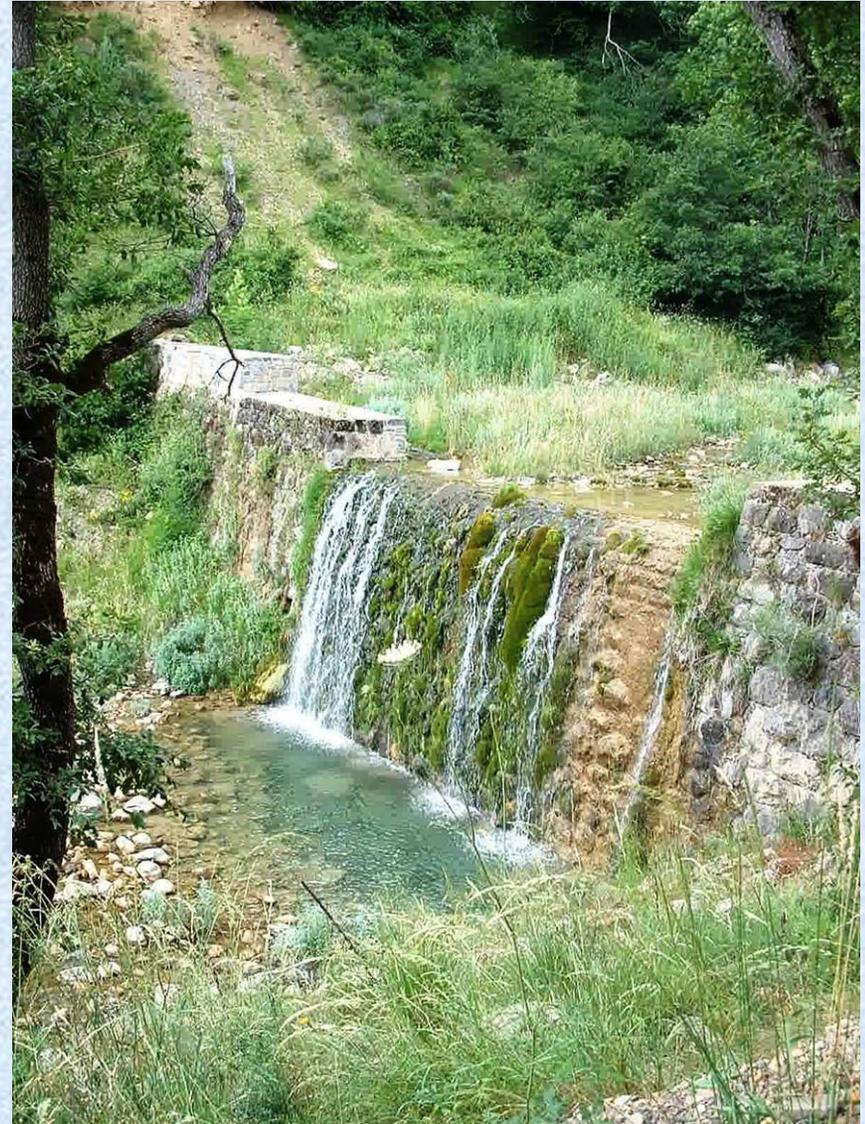
- DEFENSA DE PUENTES, DRENAJES, ENCUAZAMIENTOS E INFRAESTRUCTURAS VIÁRIAS
- PROLONGACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE EMBALSES
- REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE CIRCULACIÓN DE CAUDALES LÍQUIDOS Y SÓLIDOS EN ENTORNOS URBANOS Y PERIURBANOS



EFECTOS HIDROLÓGICOS DE LOS DIQUES (IV)

AMBIENTALES

- ALTERACIÓN DE LA DINÁMICA MORFOLÓGICA DE BARRANCOS, TORRENTES Y RAMBLAS
- ALTERACIÓN DE LA TRANSITABILIDAD PARA LA ICTIOFAUNA



EJEMPLOS

BARRANCO DE ARRATIECHO. BIESCAS (HUESCA)



EJEMPLOS

BARRANCO DE ARRATIECHO. BIESCAS (HUESCA)



EJEMPLOS

CABECERA DE LA RAMBLA DE “EL CORTIJILLO” ESFILIANA (GRANADA)



EJEMPLOS

TORRENTE DE ARÁS. BIESCAS (HUESCA)



EJEMPLOS

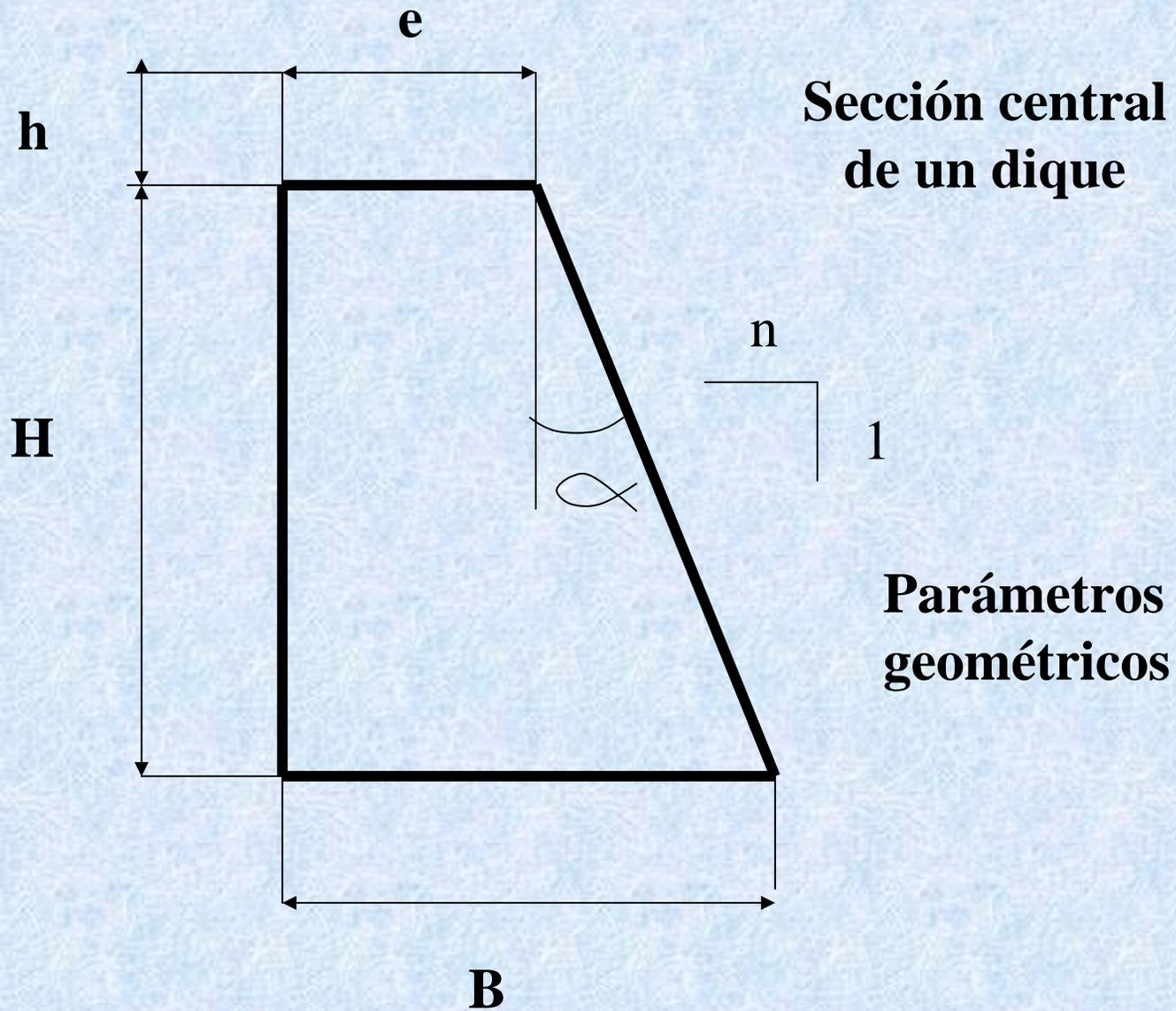
TORRENTE DE ARÁS. BIESCAS (HUESCA)



GENERALIDADES DE LAS OBRAS TRANSVERSALES

- 1) Solución más simple y eficaz. Utilización extendida.**
- 2) Perfil más conveniente. Sección Trapezoidal. Variedades.**
- 3) Materiales de construcción:**
 - Mampostería hidráulica.**
 - Hormigón ciclópeo y posterior chapeado de roca.**
 - Mampostería gavionada (red de drenaje secundaria).**
 - Mampostería en seco.**
 - Postes y tablones de madera (red de drenaje secundaria y riberas de ríos).**
 - Estructuras metálicas (problemática nival).**
 - Obras mixtas.**
- 4) Limitación de 15 m de altura incluyendo la cimentación.**





CONDICIONANTES DE CÁLCULO

1) NO DEBEN PRODUCIRSE TENSIONES DE TRACCIÓN.

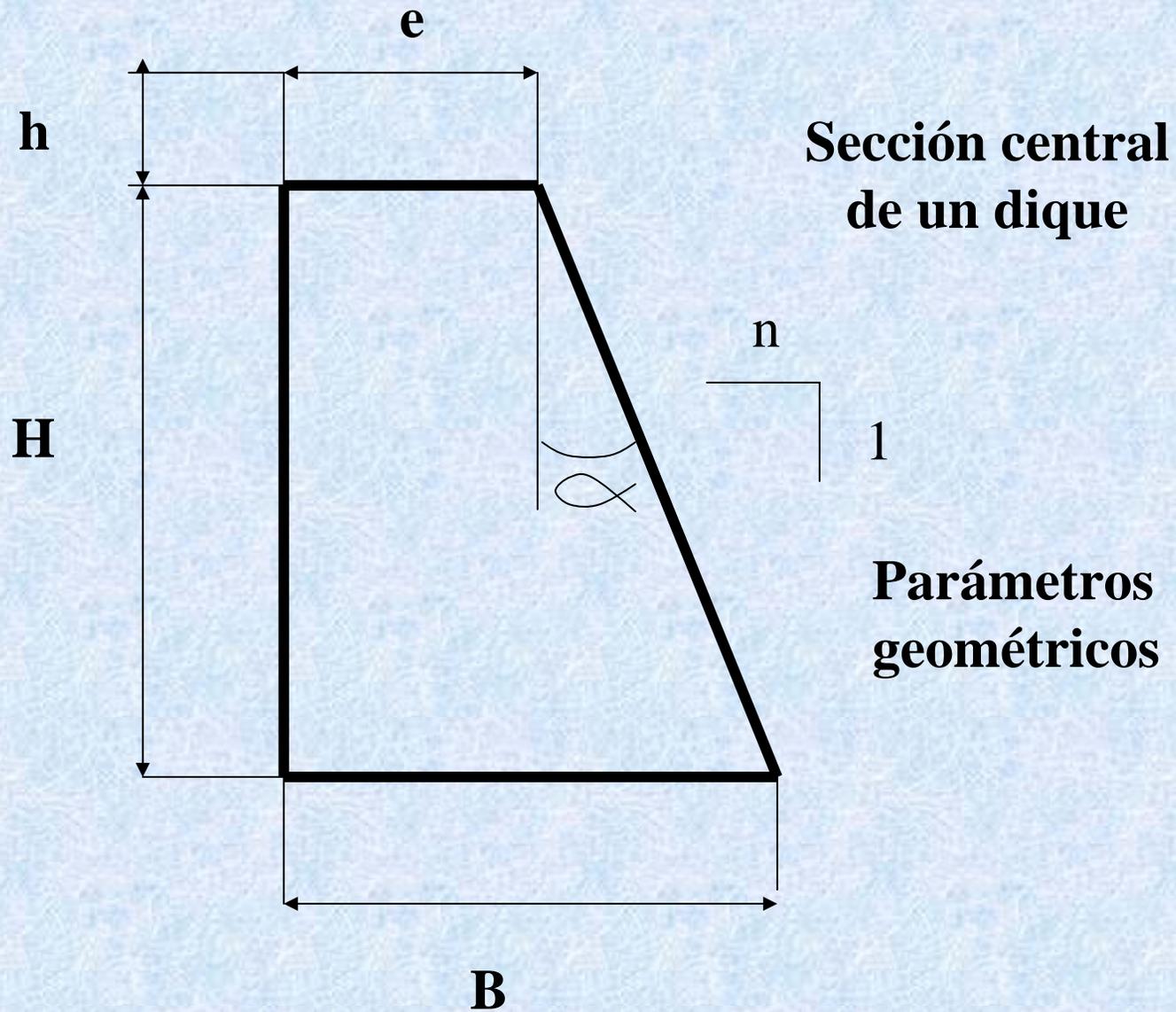
CONDICIÓN DE NO VUELCO

2) LA OBRA NO DEBE DESLIZAR.

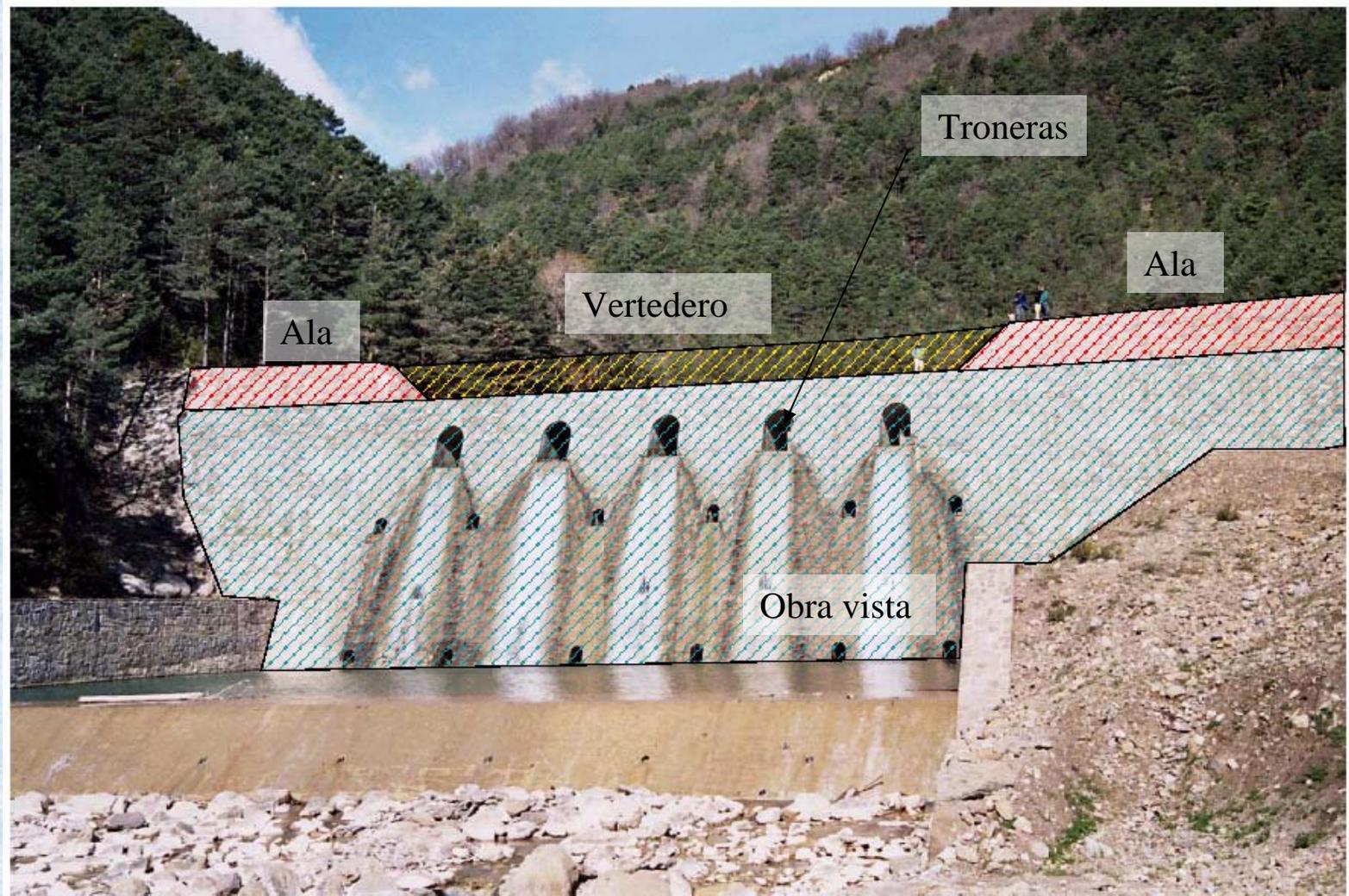
CONDICIÓN DE NO DESLIZAMIENTO

3) LAS TENSIONES DE COMPRESIÓN HAN DE SER MENORES QUE LAS ADMISIBLES POR EL TERRENO.





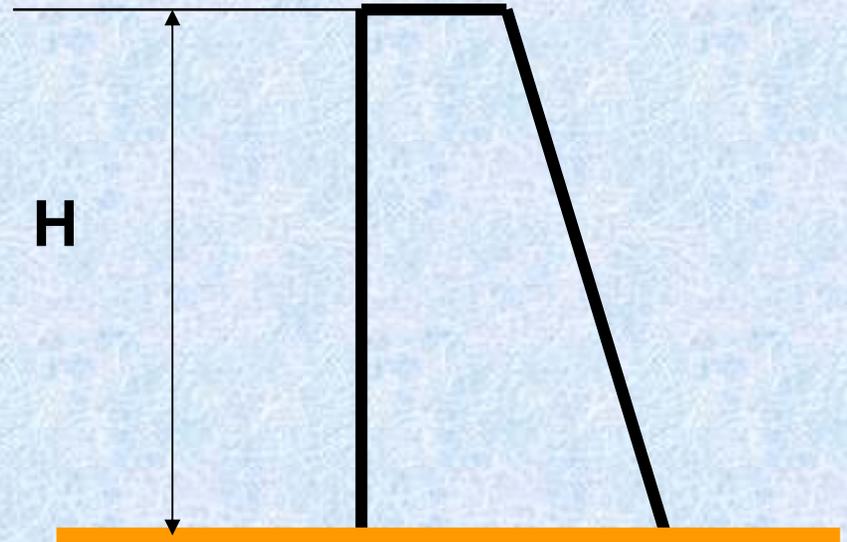
DIQUE DE CORRECCIÓN. Obra vista

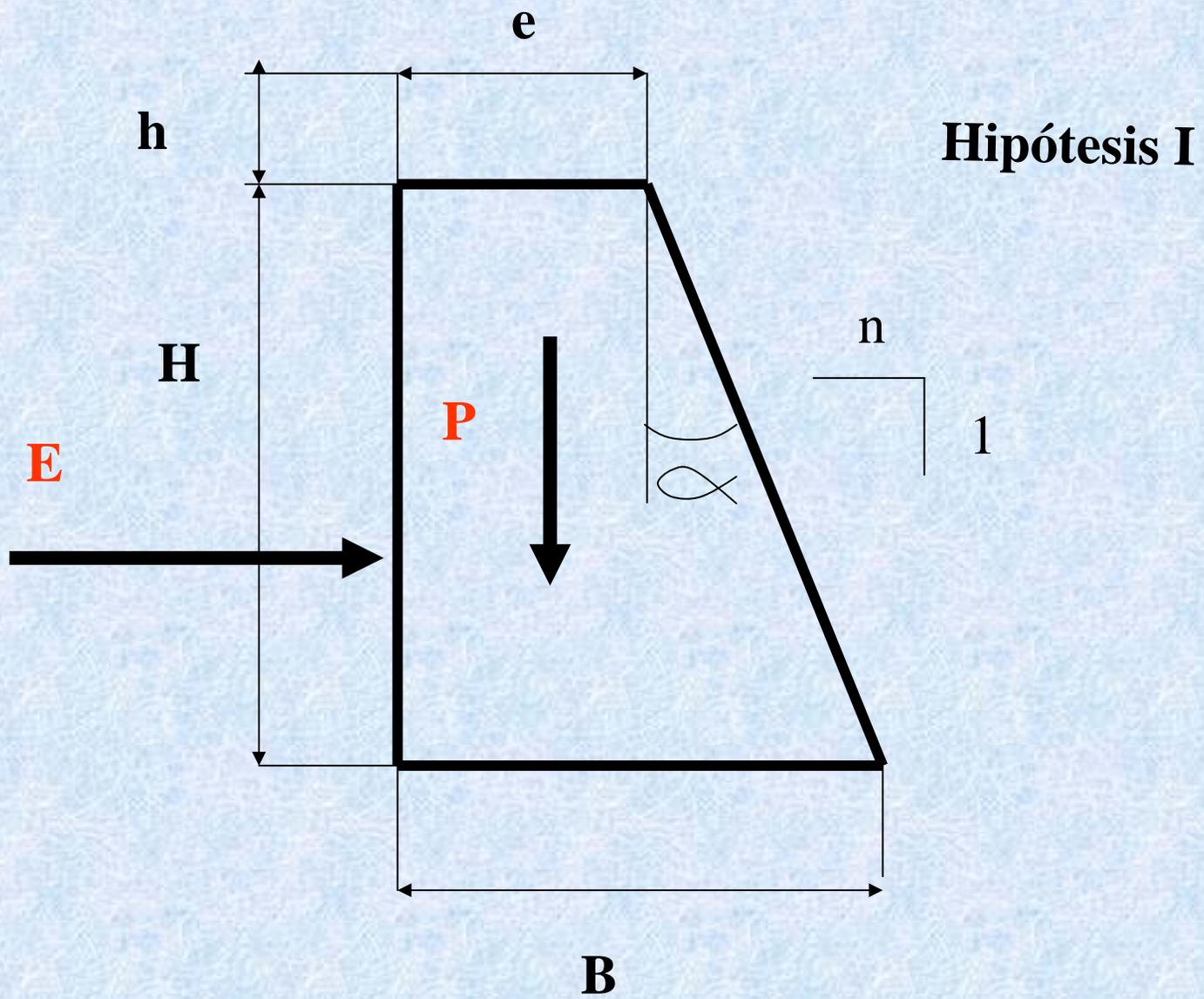


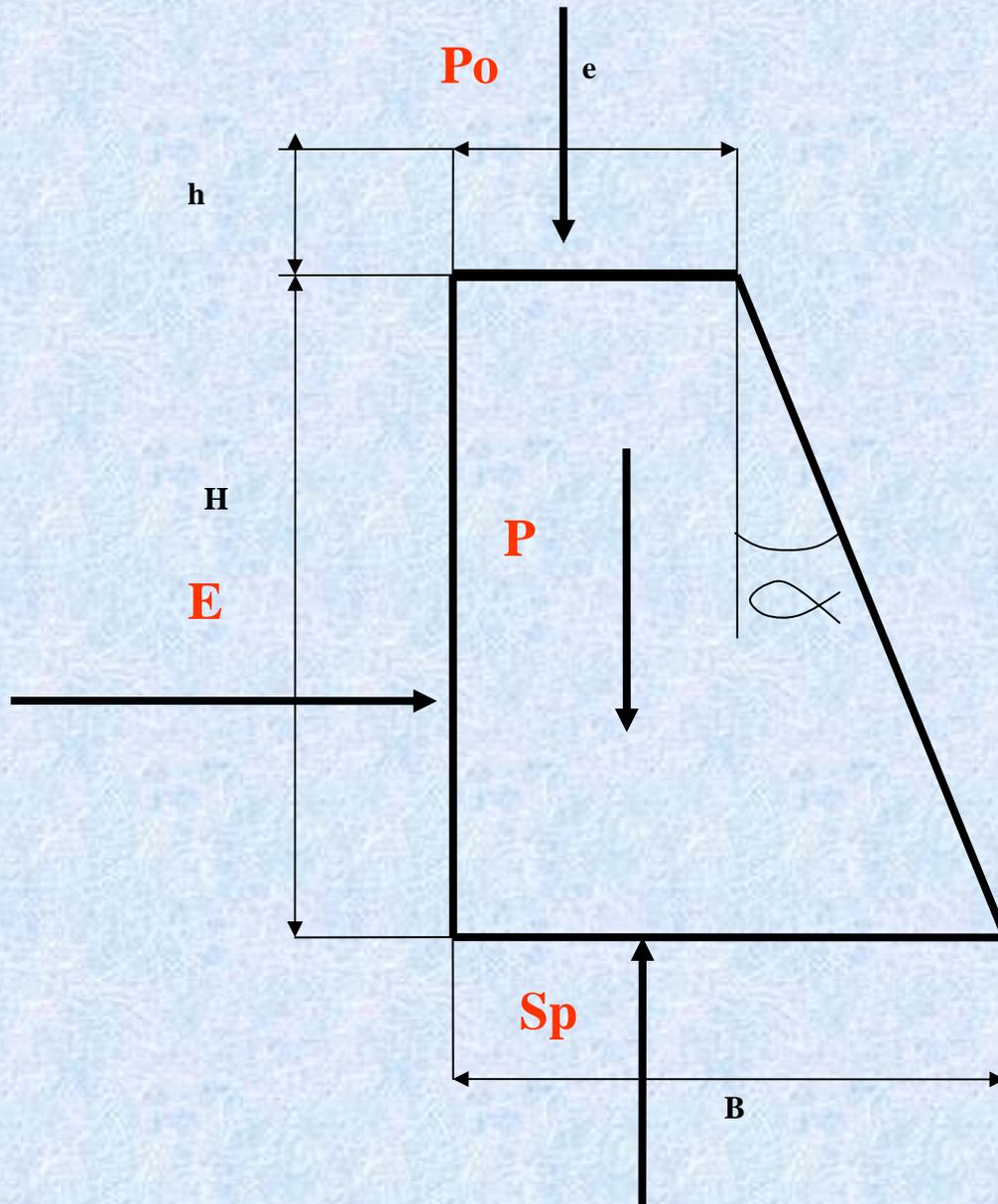
DIMENSIONES DE LA OBRA VISTA

Altura, H

- Se fijará según el problema torrencial a corregir.
- Se estudiará en la sección transversal donde se ubique procurando ajustarse a la geometría del terreno.
- En un dique de consolidación Se procurará la necesaria para un buen funcionamiento.
- En un dique de retención. Se establece la máxima posible que retenga el mayor número de material.



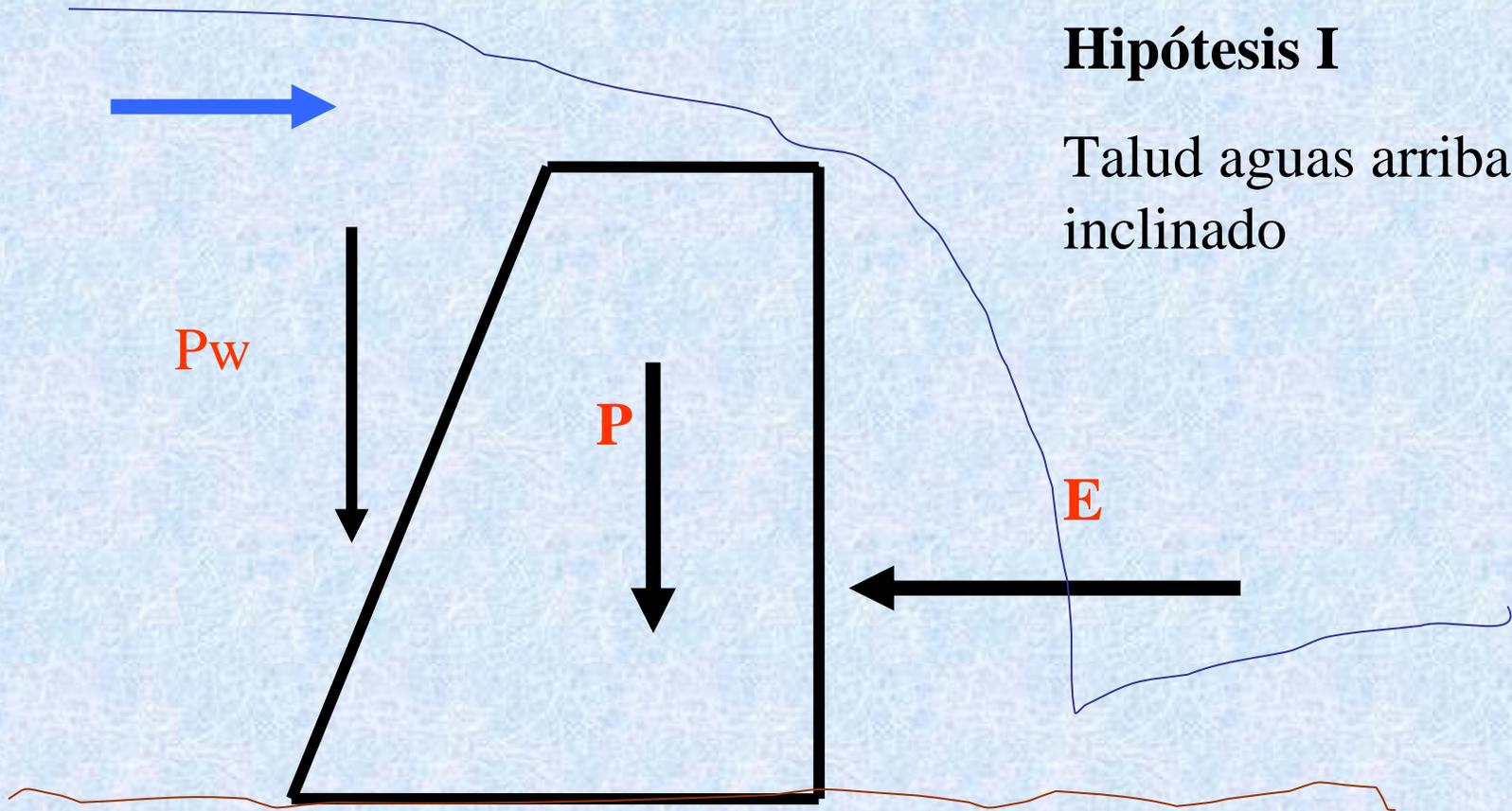




Hipótesis II

Hipótesis I

Talud aguas arriba
inclinado



DIMENSIONES DE LA OBRA VISTA

Espesor en coronación, e

Para obtener su expresión se una sección en la coronación del dique (A-A') y se estudia el deslizamiento

$$e = \frac{\gamma \cdot h \cdot c}{\gamma_s \cdot f}$$

$$c E = P \cdot f$$

$$c \cdot \gamma \cdot x \cdot (h + x/2) = \gamma_s \cdot (e \cdot x + \frac{1}{2} \cdot x^2 \cdot \operatorname{tga}) \cdot f$$

donde,

e, es el espesor en coronación (m)

x, es la distancia coronación-sección A-A'

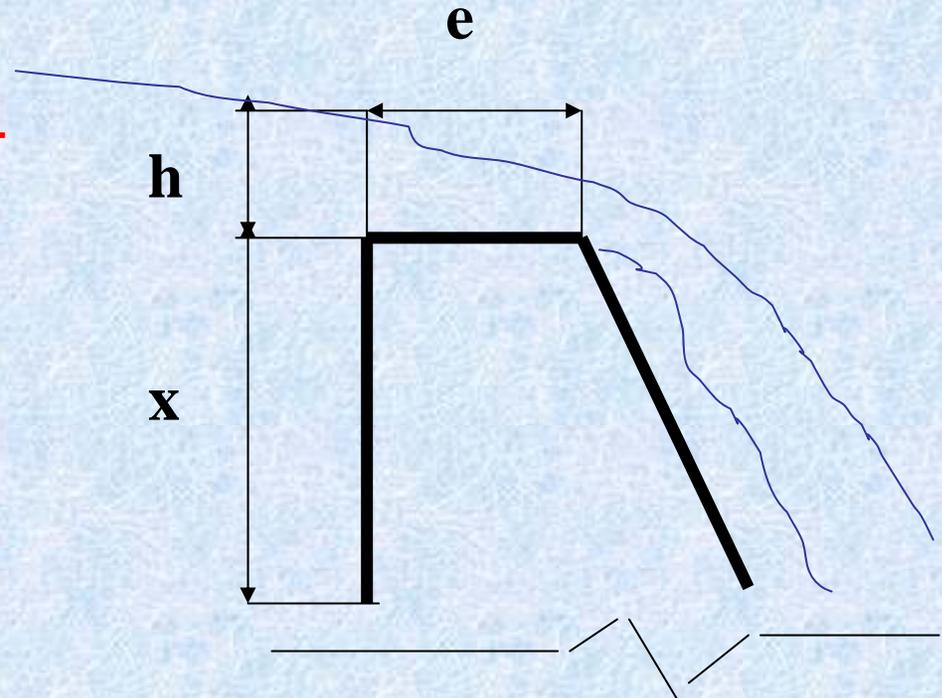
γ y γ_s , son los pesos específicos γ de la suspensión y de la fábrica (k/m³)

a, es el ángulo del talud

f, es el coeficiente de rozamiento fábrica-fábrica

c, es un coeficiente de seguridad (1,0 – 1,3)

h, es la altura de la lámina vertiente (m)



Río Manubles. Marzo 2005



Solicitaciones y sus brazos de cálculo en la hipótesis II

$$P_0 = e \cdot h \cdot \gamma$$

$$X(P_0) = \frac{(4aH + e)}{6}$$

$$P = \frac{(a \cdot H + 2e)}{2} H \cdot \gamma_s$$

$$X(P) = \frac{(a \cdot H + e)^2 + e(a \cdot H + e) - e^2}{3(a \cdot H + 2 \cdot e)}$$

$$E = H \left(\frac{H}{2} + h \right) \gamma$$

$$X(E) = \frac{H(H + 3h)}{3(H + 2h)}$$

$$S_p = \left(\frac{a \cdot H + e}{2} \right) (H + h) \gamma_0 \cdot k$$

$$X(S_p) = \frac{(aH + e)}{3}$$



Cimentación



DIMENSIONES DE LA CIMENTACIÓN

Datos básicos.

1) Asentamiento en el terreno.

Tipo de materiales del cauce y de los taludes de las márgenes de la sección elegida.

Cuando la ocasión lo requiera se realizarán ensayos geotécnicos.

2) Se parte de la hipótesis del reparto de la subpresión a lo largo de la longitud de la cimentación (L_c).

3) Se sabrá con anterioridad a los cálculos la tensión de compresión admisible por el terreno (σ_{adm}), según la norma MV-101 de edificación.

4) Se adopta una altura inicial de 1m de altura para la zapata, que se podrá sustituir si no se consiguen cumplir los condicionantes de cálculo.

5) La cimentación se podrá prolongar en una longitud conveniente para evitar las socavaciones al pie de la estructura. Esta longitud puede ser el comienzo de la solera del conjunto disipador, de un encachado o de un zampeado.



Solicitaciones y sus brazos de cálculo para calcular la cimentación

Alcance de la lámina vertiente

$$D = \sqrt{2H \cdot h + h^2}$$

Longitud de cimentación

$$Lc \geq D+e$$

Subpresión

$$la = n - \left(\frac{c}{2c + \frac{Lc}{3}} \right) \cdot n$$

$$lb = n - \left(\frac{c + \frac{Lc}{3}}{2c + \frac{Lc}{3}} \right) \cdot n$$



Solicitaciones y sus brazos de cálculo para calcular la cimentación

Alcance de la lámina vertiente

$$D = \sqrt{2H \cdot h + h^2}$$

Longitud de cimentación

$$L_c \geq D + e$$

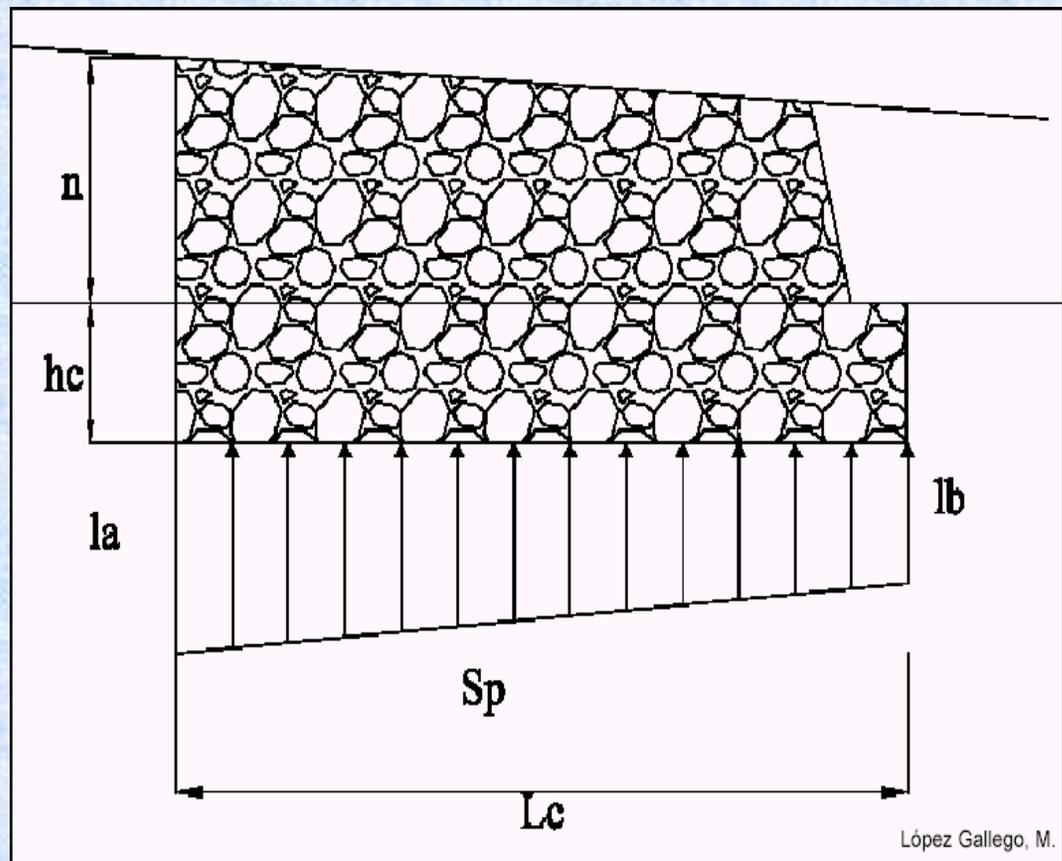


Solicitaciones y sus brazos de cálculo para calcular la cimentación

Subpresión

$$la = n - \left(\frac{c}{2c + \frac{Lc}{3}} \right) \cdot n$$

$$lb = n - \left(\frac{c + \frac{Lc}{3}}{2c + \frac{Lc}{3}} \right) \cdot n$$



López Gallego, M.

Solicitaciones y sus brazos de cálculo para calcular la cimentación

Solicitaciones y brazos

$$E = H \left(\frac{H}{2} + h \right) \gamma$$

$$X(E) = \frac{1}{3} (H + h) + h_c$$

$$P_0 = e \cdot h \cdot \gamma$$

$$X(P_0) = \frac{e}{2}$$

$$P_{11} = e \cdot H \cdot \gamma_s$$

$$X(P_{11}) = \frac{e}{2}$$

$$P_{12} = \frac{(B - e) \cdot H \cdot \gamma_s}{2}$$

$$X(P_{12}) = \frac{1}{3} (B - e) + e$$

$$P_2 = L_c \cdot h_c \cdot \gamma_s$$

$$X(P_2) = \frac{L_c}{2}$$

$$Sp = \left(\frac{la + lb}{2} \right) \cdot Lc \cdot \gamma_0 \cdot k$$

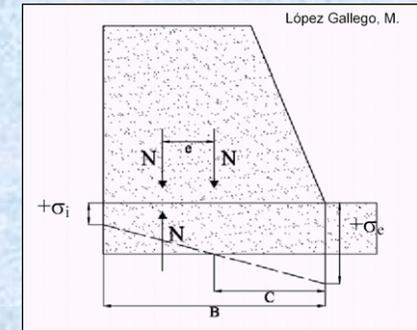
$$X(Sp) = \frac{Lc \cdot (2lb + la)}{3 \cdot (la + lb)}$$



Solicitaciones y sus brazos de cálculo para calcular la cimentación

Excentricidad

$$e \leq \frac{Lc}{6} \quad e = m - \frac{Lc}{2} = \frac{\sum M_A}{\sum F_V} - \frac{Lc}{2}$$



Tensiones de compresión que soporta el suelo

$$\sigma_B = \frac{\sum FV}{Lc} \cdot \left(1 + \frac{6e}{Lc}\right)$$

$$\sigma_A = \frac{\sum FV}{Lc} \cdot \left(1 - \frac{6e}{Lc}\right)$$

$$\sigma_m = \frac{1}{4} \cdot (3 \cdot \sigma_B + \sigma_A) \rightarrow \sigma_A > 0$$

$$\sigma_m = \frac{1}{4} \cdot (3 \cdot \sigma_B) \rightarrow \sigma_A < 0$$

Condición de deslizamiento

$$\frac{\sum F_H}{\sum F_V} \leq f_{\text{zapata-terreno}}$$