

### 3 – Empujes de tierra y muros de contención



1



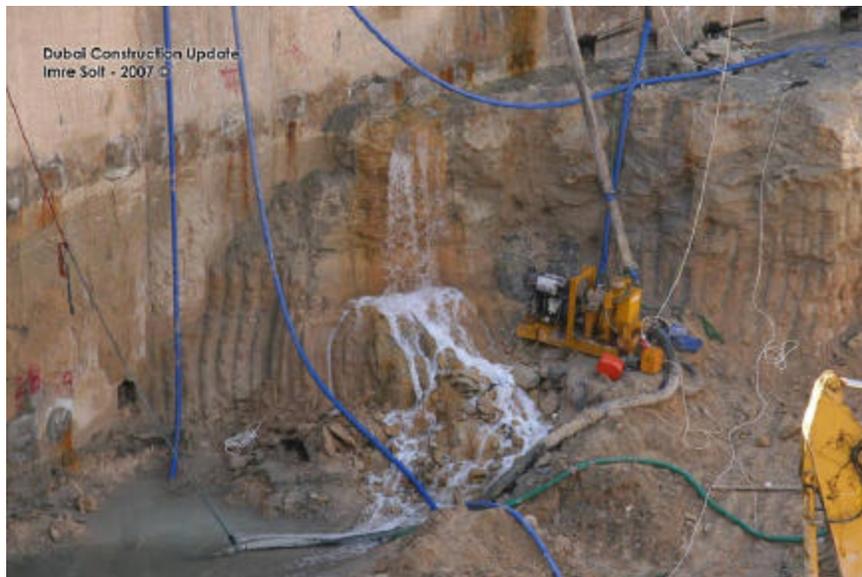
## Introducción

2



## Introducción

3



## Introducción

4



## Introducción

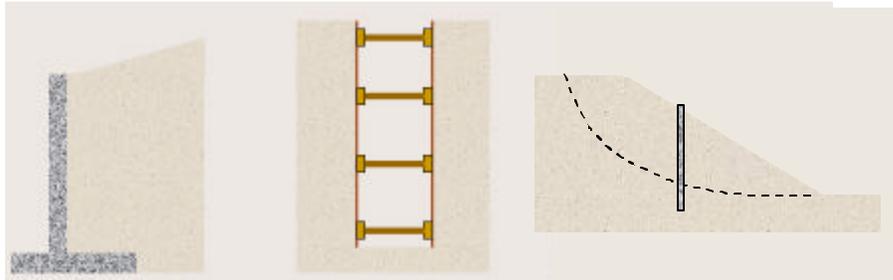
5



## Introducción

6

- En proyectos de ingeniería civil es muy común tener que contener los empujes del suelo.
- Es necesario estimar estos empujes para poder diseñar las estructuras de contención.



Muros de contención

Excavaciones

Estabilización de taludes

## Introducción

7

Las tres principales situaciones de diseño se pueden resumir en:

1. Excavaciones
  - Es necesario distinguir las estructuras de contención temporales de las permanentes.
  - La estabilidad debe mantenerse en todas las etapas.
  - Control de deformaciones es por lo general el problema mas importante en la práctica.
  - Problemas asociados a la napa.
2. Muros de contención
  - El relleno es especificado.
  - La compactación y el drenaje son aspectos importantes.
3. Estabilización de taludes

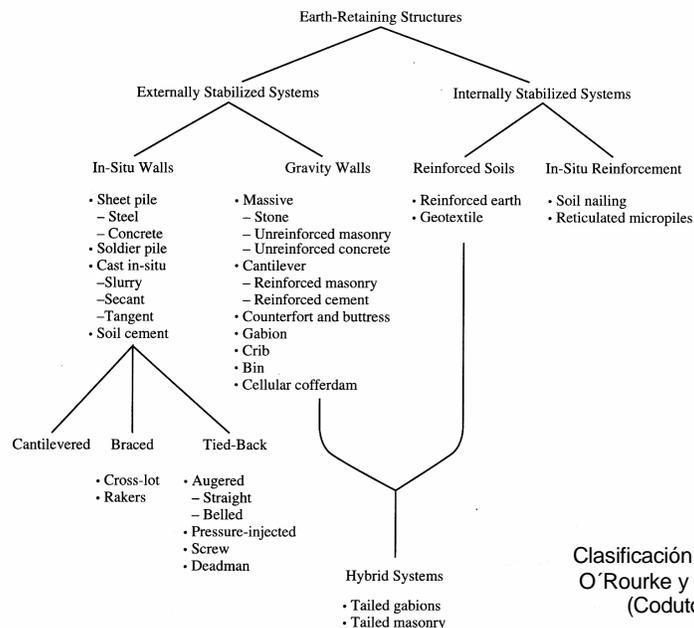
## Muros de contención

8

- Un muro de contención es una estructura que se utiliza para proporcionar soporte lateral a un terreno, que en ocasiones es un suelo natural y en otras es un relleno artificial.
- Existen muchos tipos de estructuras de contención, cada una adecuada para diferentes aplicaciones.
- La siguiente tabla clasifica a los muros de contención en dos grandes categorías: sistemas estabilizados externamente y sistemas estabilizados internamente.
- Los sistemas estabilizados externamente resisten los empujes de tierra por su peso propio y rigidez.
- Los sistemas estabilizados internamente refuerzan el suelo para proveer la estabilidad necesaria.

## Clasificación de muros de contención

9

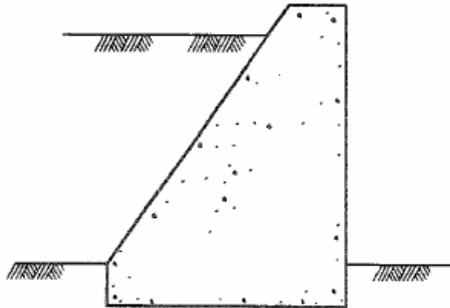


Clasificación adaptada de  
O'Rourke y Jones, 1990.  
(Coduto P., 1999)

## Muros gravitacionales

10

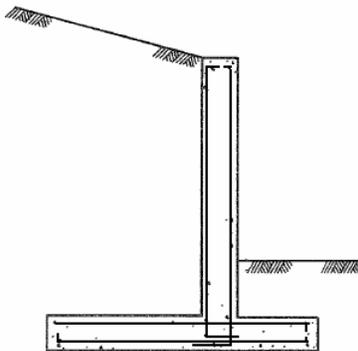
- Los muros de gravedad se construyen por lo general de hormigón o de mampostería en piedra, con un gran espesor, de tal manera que sean despreciables o no se produzcan los esfuerzos de tensión en ninguna parte de la estructura.
- El muro solo cuenta con su masa y su resistencia a la compresión para resistir las fuerzas que sobre él actúan.



## Muros cantilever

11

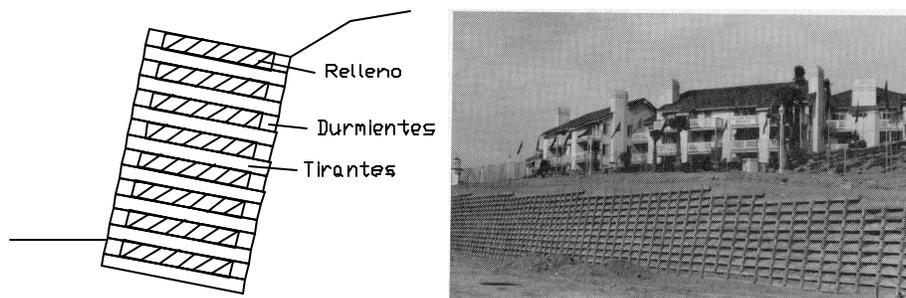
- El muro cantilever (de hormigón armado) consta de un cuerpo vertical o alzado que contiene la tierra y se mantiene en posición gracias a la zapata o losa base.
- El peso del relleno por encima del talón, además del propio peso del muro, contribuye a la estabilidad de la estructura.



## Muros criba

12

- El sistema está formado por vigas entrelazadas las cuales forman un armazón que se rellena con suelo granular.
- El conjunto actúa como un muro de gravedad y tiene la ventaja de permitir una tolerancia de asentamientos diferenciales apreciables.



## Gaviones

13

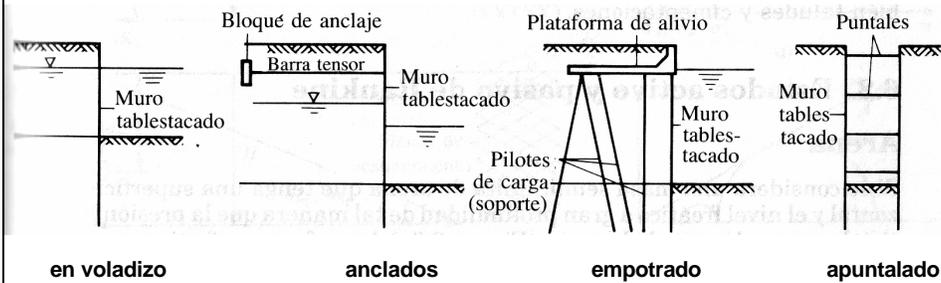
- Los muros de gaviones están formados por cajas metálicas apiladas llenas de rocas o agregados, que por lo general tienen dimensiones de 1 m x 1 m de sección transversal por 2 m de largo.



## Tablestacas

14

- Están formados por delgados pilotes (entrelazados) que son hincados en el suelo.
- Son estructuras flexibles cuya estabilidad depende del anclaje en la parte empotrada, del soporte lateral, o de la fijación a una estructura rígida.



Berry y Reid, 1993

## Tablestacas

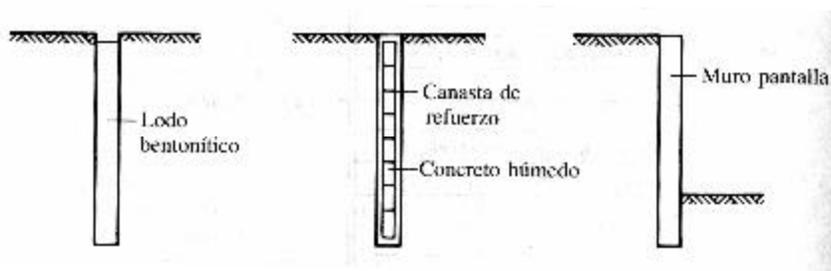
15



## Muros pantalla

16

- Los muros pantalla se construyen en zanjas sostenidas mediante el uso de lodo bentonítico.
- Después de introducir la armadura se introduce el hormigón, el cual desplaza el lodo bentonítico.
- Finalmente se realiza la excavación.



## Muros pantalla

17

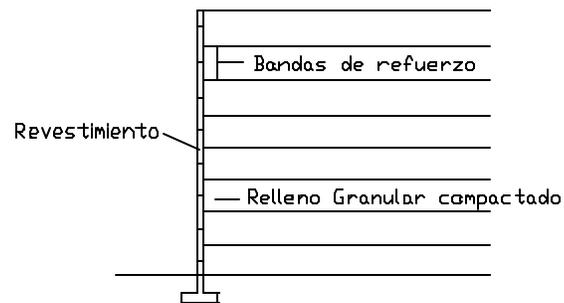


[www.aquafin.net/ic\\_slurry\\_walls.htm](http://www.aquafin.net/ic_slurry_walls.htm)

## Tierra armada

18

- Se introducen bandas de refuerzo horizontales en un suelo granular con el fin de estabilizar la masa mediante la movilización de la resistencia a la fricción que tiene lugar en el suelo del entorno.



## Tierra armada

19



[http://cee.engr.ucdavis.edu/faculty/boulanger/geo\\_photo\\_album/index.html](http://cee.engr.ucdavis.edu/faculty/boulanger/geo_photo_album/index.html)

## Tierra armada

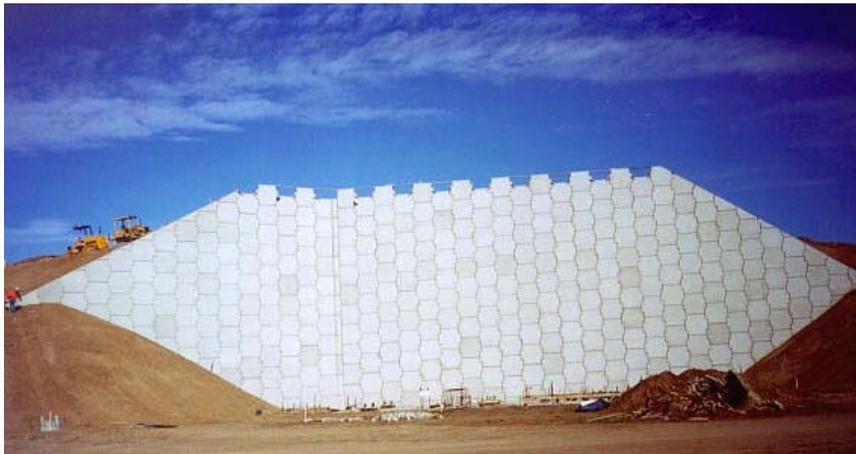
20



The reinforced earth company

## Tierra armada

21



The reinforced earth company

## Empujes de tierra

22

- La presión del terreno sobre un muro esta fuertemente condicionada por la deformabilidad del muro.
- Si el muro y el terreno sobre el que se fundan son tales que las deformaciones son prácticamente nulas, se está en el caso de **empuje en reposo**.
- Si el muro se desplaza, permitiendo la expansión lateral del suelo se produce una falla por corte del suelo retenido y se crea una cuña. El empuje disminuye desde el valor del empuje al reposo hasta el denominado valor del **empuje activo**, que es el mínimo valor posible del empuje.
- Por el contrario, si se aplican fuerzas al muro de forma que éste empuje al relleno, la falla se produce mediante una cuña mucho más amplia. Este valor recibe el nombre de **empuje pasivo** y es el mayor valor que puede alcanzar el empuje.

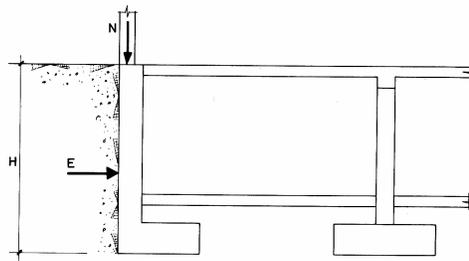
## Caso en reposo

23

- Coeficiente de empuje de tierra en reposo

$$K_o = \frac{s'_h}{s'_v} \quad \text{En suelos granulares:} \quad K_o = 1 - \sin f' \quad (\text{Jaky, 1944})$$

- Por lo general, los muros de subterráneos se diseñan con los empujes en repc

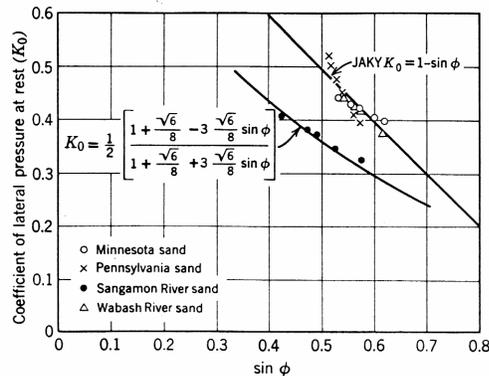


Calavera J., 1989

## Caso en reposo (cont.)

24

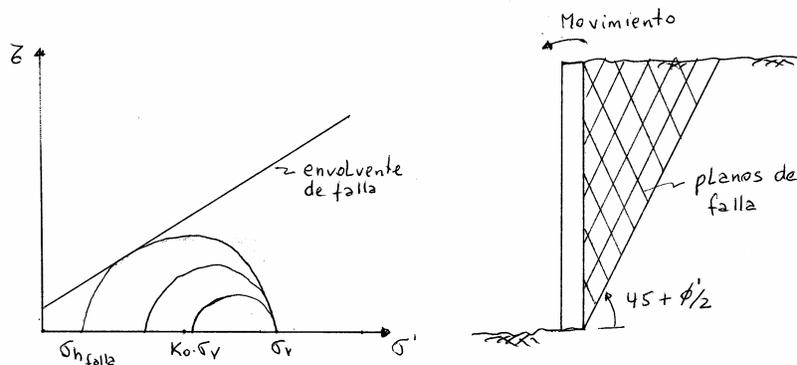
- La expresión propuesta por Jaky (obtenida experimentalmente) utiliza el ángulo de fricción en la falla (peak).
- En algunos casos esta expresión puede no ser la más adecuada, sin embargo tiende a entregar buenos resultados.



## Caso activo

25

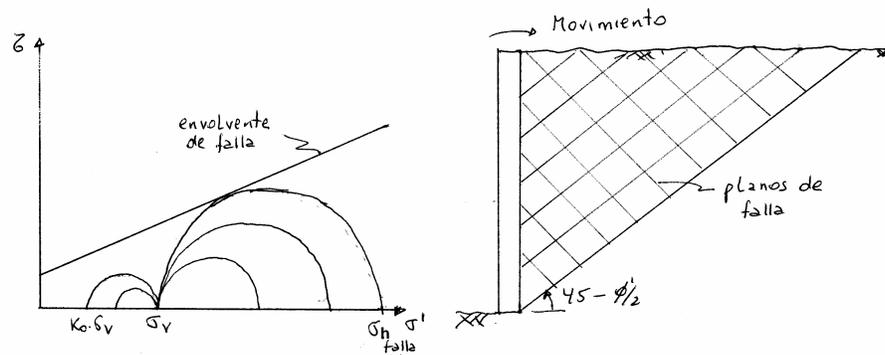
- Si el muro se mueve (traslación o rotación) hacia fuera los esfuerzos horizontales disminuyen.
- Finalmente se puede alcanzar la falla por corte, desarrollándose una cuña activa.



## Caso pasivo

26

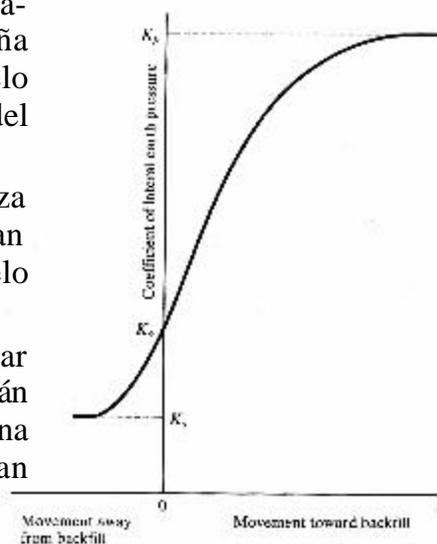
- Si el muro se mueve hacia el suelo, los esfuerzos horizontales aumentan.
- Finalmente se puede alcanzar la falla por corte, desarrollándose una cuña activa.



## Desplazamiento necesario para alcanzar el caso activo y pasivo

27

- Basta un pequeño desplazamiento para producir una cuña activa ( $\approx 0.001H$  en suelo granular suelto; H: altura del muro).
- El empuje pasivo se moviliza en su totalidad con una gran deformación ( $\approx 0.02H$  en suelo granular denso).
- Muros no impedidos de rotar libremente en su base están sujetos por lo general a una pequeña rotación y se diseñan con el empuje activo.



Coduto D., 1999

## Teoría de Rankine

28

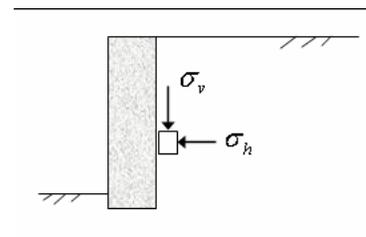
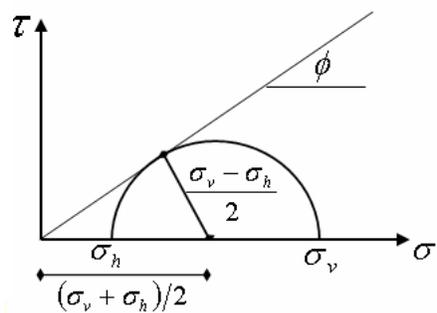
Rankine desarrolló su teoría a mediados del siglo XIX, asumiendo que:

- El suelo es homogéneo e isotrópico.
- La superficie de falla es plana.
- La superficie posterior del muro es vertical.
- No existe fricción entre el suelo y la parte posterior del muro.

## Estado de Rankine (caso activo)

29

En un terreno sin cohesión ( $c=0$ ) y con una superficie horizontal se tiene:



En la falla:

$$\text{sen}(f) = \frac{(s_v - s_h)/2}{(s_v + s_h)/2}$$

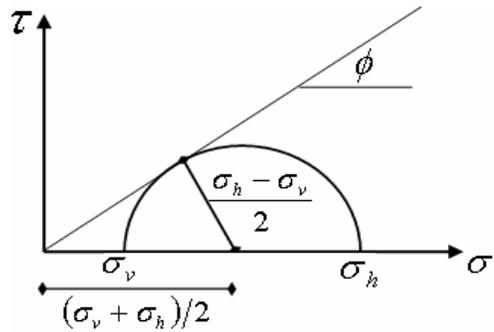
$$K_a = \frac{s'_h}{s'_v} = \frac{1 - \text{sen } f}{1 + \text{sen } f} = \tan^2(45 - f/2)$$

$K_a$ : coeficiente lateral de empuje activo

## Estado de Rankine (caso pasivo)

30

En un terreno sin cohesión ( $c=0$ ) y con una superficie horizontal se tiene:



$$K_p = \frac{s'_h}{s'_v} = \frac{1 + \text{sen}f}{1 - \text{sen}f} = \tan^2(45 + f/2) \quad K_p: \text{coeficiente lateral de empuje pasivo}$$

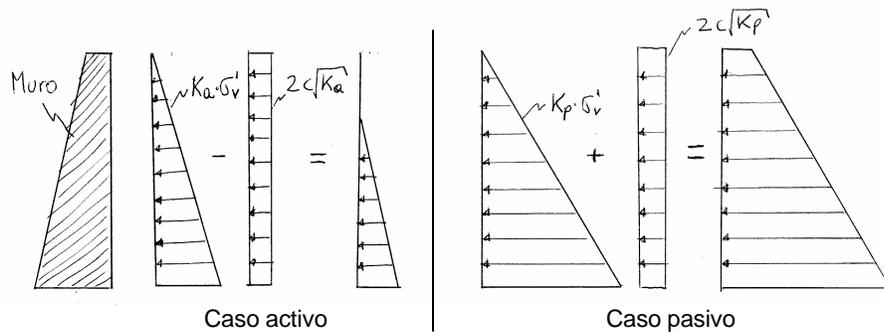
## Estados de Rankine (en suelos cohesivos)

31

$$s'_{h \text{ activo}} = K_a s'_v - 2c\sqrt{K_a}$$

$$s'_{h \text{ pasivo}} = K_p s'_v + 2c\sqrt{K_p}$$

La distribución de esfuerzos en ambos casos es:



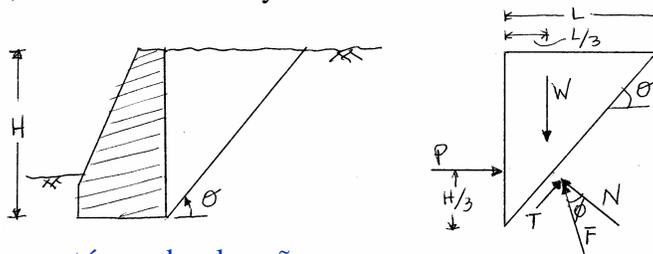
## Teoría de Coulomb (método de la cuña), 1776 32

- El método de Coulomb considera la fricción entre el muro (trasdós) y el terreno, y es mas general que el desarrollado por Rankine.
- El método considera una cierta cuña de suelo, la cual ejerce una fuerza P sobre el muro, fuerza que satisface las condiciones de equilibrio.
- La fuerza real que actuará sobre el muro en el caso activo será el valor máximo de P obtenido al considerar todas las cuñas posibles.
- A pesar de que el empuje activo es el mínimo posible con el que el terreno puede estar en equilibrio, debemos determinar la cuña correspondiente al máximo valor de este empuje.

## Método de la cuña 33

### Caso sencillo

- En caso sencillo de un muro de contención vertical, sin roce a trasdós, relleno horizontal y sin cohesión.



### Fuerzas que actúan sobre la cuña:

W : peso del suelo =  $\frac{1}{2} g H^2 \cotg(q)$

P : Resultante de las presiones existentes entre el suelo y el muro.

N : Resultante de los esfuerzos normales sobre el plano de falla elegido.

T : Resultante de los esfuerzos tangenciales sobre el plano de falla elegido =  $N \tan(f)$

## Método de la cuña

34

### Caso sencillo (cont.)

Condiciones de equilibrio:

$$\sum F_v = 0 \Rightarrow W = F \cos(\mathbf{q} - \mathbf{f})$$

$$\sum F_h = 0 \Rightarrow P = F \operatorname{sen}(\mathbf{q} - \mathbf{f})$$

$$P = \frac{W}{\cos(\mathbf{q} - \mathbf{f})} \operatorname{sen}(\mathbf{q} - \mathbf{f}) = W \tan(\mathbf{q} - \mathbf{f}) = \frac{1}{2} \mathbf{g} H^2 \tan(\mathbf{q} - \mathbf{f}) \cotan(\mathbf{q})$$

La cuña activa ( $\mathbf{q}_{\text{activa}}$ ), es decir la que da el valor máximo de P (empuje activo) se puede calcular iterando o derivando la expresión P( $\mathbf{q}$ ).

$$\frac{\partial P}{\partial \mathbf{q}} = \frac{1}{2} \mathbf{g} H^2 \left[ -\frac{\tan(\mathbf{q} - \mathbf{f})}{\operatorname{sen}^2(\mathbf{q})} + \frac{\cotan(\mathbf{q})}{\cos^2(\mathbf{q} - \mathbf{f})} \right] = 0 \quad (\text{Ver Lambe y Whitman, página 186})$$

Esta expresión se anula para  $\mathbf{q}_{\text{activo}} = 45 + \mathbf{f}/2$

## Método de la cuña

35

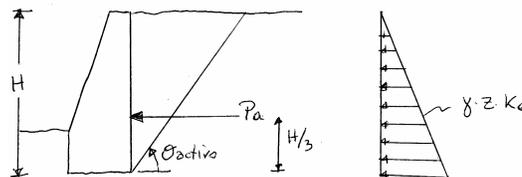
### Caso sencillo (cont.)

Remplazando  $\mathbf{q}_{\text{activo}}$  en la expresión de P se obtiene:

$$P_a = P_{\max} = \frac{1}{2} \mathbf{g} H^2 \tan^2(45 - \mathbf{f}/2) = \frac{1}{2} \mathbf{g} H^2 K_a$$

$$\Rightarrow K_a = \tan^2(45 - \mathbf{f}/2) = \frac{1 - \operatorname{sen}(\mathbf{f})}{1 + \operatorname{sen}(\mathbf{f})}$$

Se asume que  $P_a$  actúa a un tercio de la altura del muro (H/3) y que la distribución de empujes es lineal.

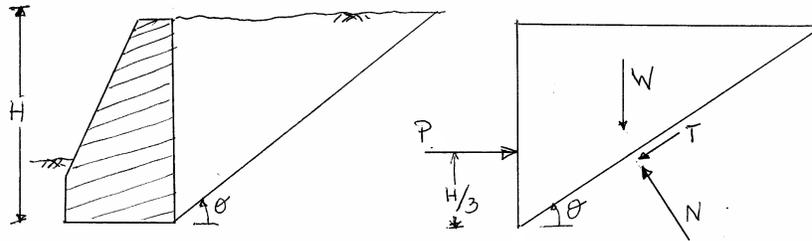


## Método de la cuña

36

### Caso pasivo

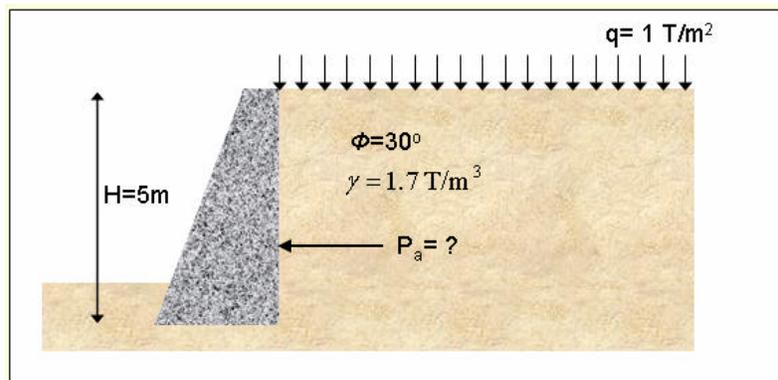
- El método de la cuña para el caso pasivo es igual al del caso activo, pero con la diferencia que los esfuerzos tangenciales sobre la superficie de deslizamiento actúan junto con el peso del suelo  $W$  oponiéndose al empuje horizontal  $P$  que se ejerce sobre el muro.
- Aunque el empuje pasivo es el máximo posible para el cual se suelo puede mantenerse en equilibrio, debe determinarse la cuña que da lugar al menor valor de este empuje.



## Ejercicio

37

Calcular el empuje activo para el muro de contención de la figura utilizando los métodos de Rankine y de Coulomb. El relleno es un suelo granular sin cohesión, además no considere el roce muro-suelo a trasdós.

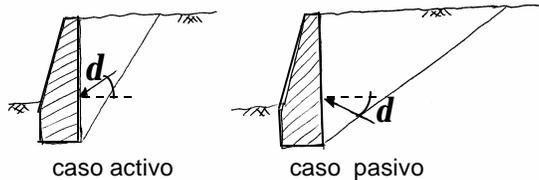


## Muros con fricción a trasdós

38

- En general se desarrollan fuerzas tangenciales entre el suelo y muro debido a los movimientos relativos entre ambos.
- En la zona activa, el desplazamiento del suelo produce una fuerza tangencial hacia abajo sobre el muro.
- El ángulo de fricción entre el suelo y el muro  $d$  se considera por lo general como una fracción del ángulo de fricción del suelo.

$$d \approx \frac{1}{2}f \quad \text{ó} \quad \frac{2}{3}f$$

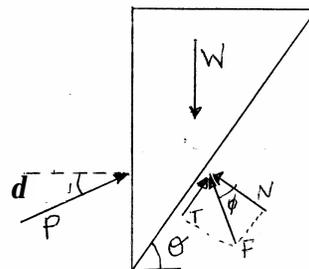


## Muros con fricción a trasdós

39

### Empuje activo mediante el método de la cuña

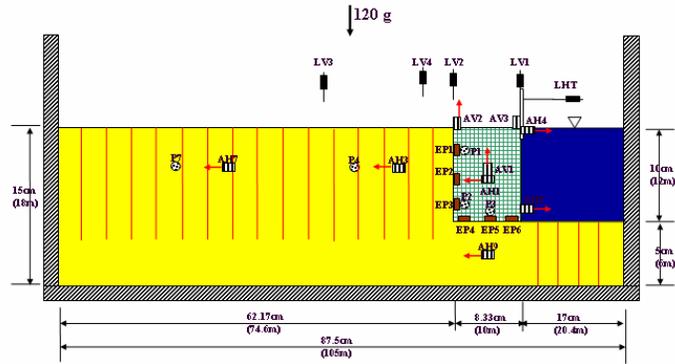
- Se asume que la superficie de falla es recta, lo cual es una aproximación.
- La figura muestra las fuerzas que actúan en la cuña activa, en donde  $P$  está inclinado en lugar de horizontal.
- La inclinación de la superficie de falla ya no es  $45 + f/2$ .



## Ensayo experimental

40

- La figura muestra el esquema de un modelo a escala que fue ensayado en una centrifuga geotécnica para estudiar el comportamiento de un muro de contención sometido a una excitación dinámica.



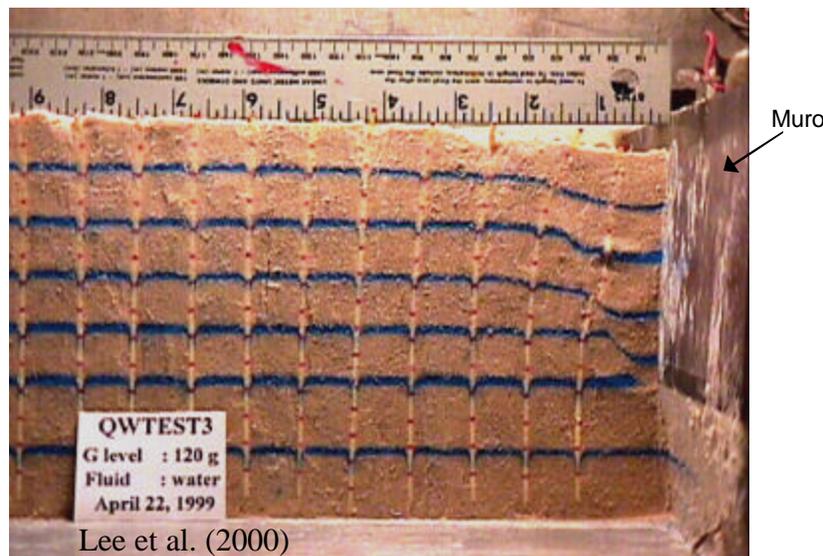
Lee et al. (2000)

■ Earth pressure    ⊗ Pore Pressure Transducer    ▬ LVDT    ⊞ Accelerometer

## Ensayo experimental (cont.)

41

Sección del modelo a escala después de haber sido ensayado

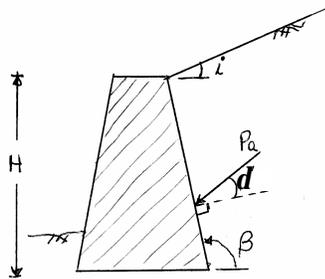


Lee et al. (2000)

## Caso mas general

42

- El método de las cuñas se generalizó para muros de retención inclinados y superficies del terreno también inclinadas, teniendo en cuenta la fricción del muro.
- La inclinación de P con respecto a la normal del muro es  $d$ .
- La expresión de  $K_a$  fue deducida por Coulomb en 1776 por el método de la cuña con superficie de deslizamiento plana.



$$K_a = \left[ \frac{\frac{1}{\text{sen}(b)} \text{sen}(b-f)}{\sqrt{\text{sen}(b+d)} + \sqrt{\frac{\text{sen}(f+d)\text{sen}(f-i)}{\text{sen}(b-i)}}} \right]^2$$

$$P_a = \frac{1}{2} g H^2 K_a$$

## Efecto de la cohesión

43

- La ecuación anterior (caso general) se dedujo para  $c=0$  y su empleo para  $c>0$  es aproximado ya que los esfuerzos horizontales y verticales no son los principales.

$$P_a \approx \frac{1}{2} g H^2 K_a - 2 c H \sqrt{K_a}$$

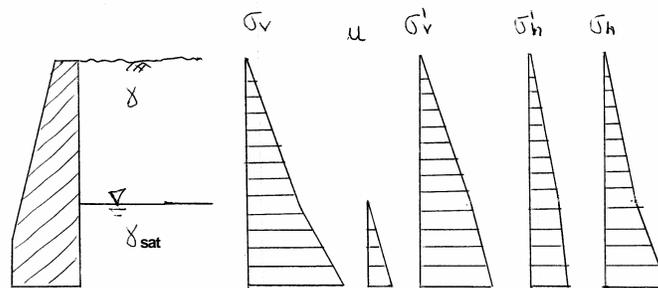
- Por lo general no se considera el efecto de la cohesión en el cálculo del roce muro-suelo a trasdós.
- Se recomienda utilizar materiales no cohesivos como materiales de relleno ya que son más predecibles que los materiales cohesivos y tienen mejores propiedades de drenaje.

## Efecto de la napa de agua

44

- Si el aporte de agua (por la acción de la lluvia, infiltraciones subterráneas, etc.) excede a la capacidad de desagüe, el nivel del agua puede subir a niveles por sobre la base del muro.
- La existencia de una napa de agua influye considerablemente en el empuje sobre el muro y por ende en la estabilidad de la estructura.

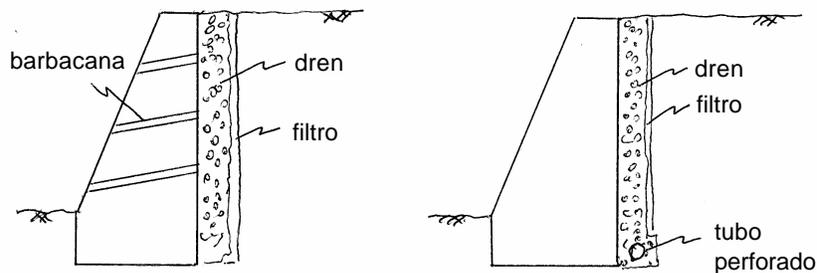
$$s' = s - u \quad K = s'_h / s'_v$$



## Drenaje

45

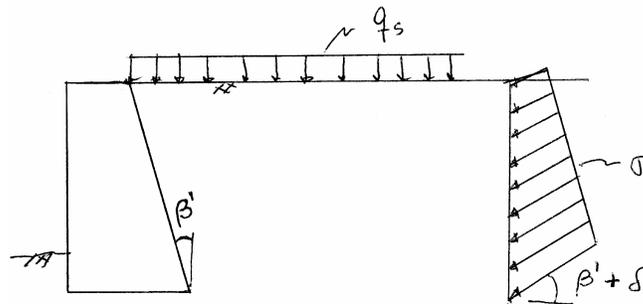
- Para eliminar o disminuir el efecto de la napa de agua se utilizan sistemas de drenaje que evacuen el agua.
- Una solución es utilizar barbacanas con un sistema de drenaje y filtro.
- Otra solución es utilizar un drenaje posterior con un tubo recolector en la base.



## Efecto de la sobrecarga

46

$$s = (g z + q_s) K_a$$



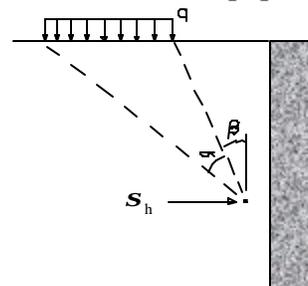
## Efecto de la sobrecarga

47

### Sobrecarga uniforme aplicada sobre una franja “finita”

- Dependiendo de la ubicación y magnitud de la sobrecarga, el ángulo de la superficie de deslizamiento puede variar; sin embargo se esta por el lado de la seguridad, ya que el ángulo de desplazamiento original entrega el mayor empuje sobre el muro.
- El incremento de esfuerzo horizontal en un punto a una profundidad  $z$ , producido por una presión uniforme  $q$  que actúa sobre una franja flexible es:

$$s_h = F \frac{q}{p} (a - \text{sen}(a) \cos(a + 2b))$$



## Efecto de la sobrecarga

48

- En muros rígidos el aumento de presión provocado por la imposibilidad de deformación es equivalente a la acción de una carga ficticia igual y simétrica en relación del plano del muro, y tiene por efecto duplicar el valor. Estos resultados han sido prácticamente confirmados por las experiencias de Spanger en 1938.
- El factor F se aplica al empuje y debe estar en un rango desde 1 si se considera al muro como flexible hasta 2 si se considera como rígido.

## Empuje sísmico

49

### Mononobe y Okabe

- Consiste en una extensión pseudo-estática de la formula de la cuña de Coulomb. Fuerzas de inercia horizontales y verticales actúan sobre la cuña de Coulomb adicionalmente al peso propio, lo cual genera el empuje total, que para suelos granulares es:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} g H^2 K_{AE} (1 - k_v)$$

donde

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(f - a - b')}{\cos(a) \cos^2(b') \cos(d + b' + a) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(f + d) \sin(f - a - i)}{\cos(d + b' + a) \cos(i - b')}} \right]^2}$$

$$a : \arctan \left[ \frac{k_h}{(1 - k_v)} \right]$$

$k_h$  : coeficiente horizontal sísmico  
 $K_v$  : coeficiente vertical sísmico

## Empuje sísmico

50

Mononobe y Okabe (cont.)

- La componente estática del empuje activo es  $P_{\text{estático}}$  y actúa a  $H/3$  de la base del muro.

donde

$$P_{\text{estático}} = P_a = \frac{1}{2} g H^2 K_a$$

$$K_a = \left[ \frac{\frac{1}{\cos(b' - f)} \cos(b' - f)}{\sqrt{\cos(b' + d)} + \sqrt{\frac{\text{sen}(f + d) \text{sen}(f - i)}{\cos(b' - i)}}} \right]^2$$

- La componente sísmica del empuje es  $\Delta P_{\text{sísmico}}$  y actúa a  $2H/3$  de la base del muro.

$$\Delta P_{\text{sísmico}} = P_{\text{AE}} - P_{\text{estático}}$$

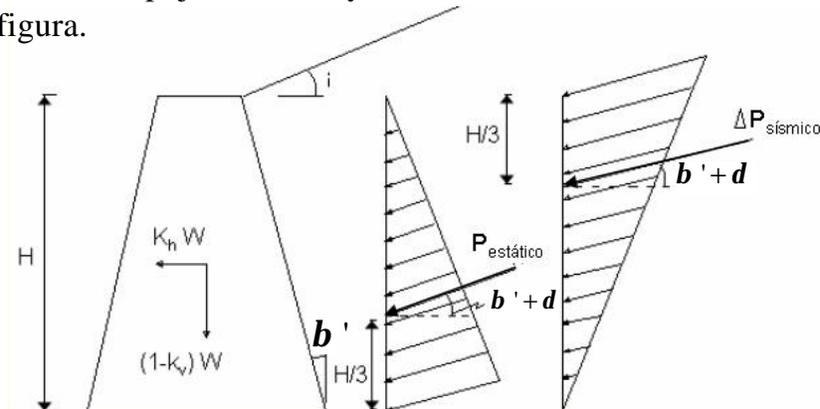
- Estos empujes van inclinados un ángulo  $d$  con respecto al muro.

## Empuje sísmico

51

Mononobe y Okabe (cont.)

- Las fuerzas de inercia actúan sobre el muro simultáneamente con el empuje estático y sísmico, como se muestra en la figura.



- En general se usa  $K_h$  entre 0.12 y 0.25 y  $K_v = 1/2 K_h$  ó 0.

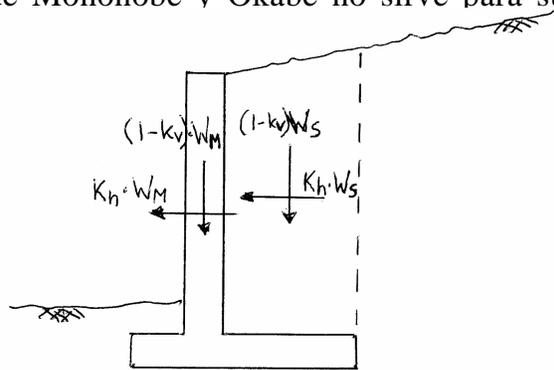
## Empuje sísmico

52

### Mononobe y Okabe (cont.)

#### Observaciones:

- En el caso como el de la figura hay que incluir la inercia del peso del terreno sobre el talón.
- El método de Mononobe y Okabe no sirve para suelos cohesivos.



## Desplazamiento sísmico remanente

53

- Richards y Elms (1979) propusieron una ecuación para estimar el desplazamiento lateral del muro de contención sometido a un sismo, debido al deslizamiento en la base.
- El deslizamiento ocurre cada vez que la aceleración es superior a la aceleración requerida para alcanzar un FS al deslizamiento igual a 1.0 ( $k_f$ ).

$$s = 0.087 \frac{v_{\max}^2}{a_{\max} g} \left( \frac{a_{\max}}{k_f} \right)^4$$

$s$  = desplazamiento horizontal remanente

$a_{\max}$  = aceleración máxima del suelo (expresada como fracción de  $g$ )

$v_{\max}$  = velocidad máxima del suelo

$k_f$  = coeficiente sísmico de fluencia (expresada como fracción de  $g$ )

- La velocidad máxima se puede estimar como  $v_{\max} = c a_{\max}$ , en que  $c = 70$  cm/seg.
- $a_o$  se puede considerar como  $a_{\max}$  según la zona sísmica que establece la norma NCh 433; aún cuando se han registrado aceleraciones  $a_{\max}$  mayores que  $a_o$ .

## Coeficiente sísmico horizontal $k_h$

54

Zona sísmica	$a_o$
1	0.2
2	0.3
3	0.4

- Lo habitual es diseñar con  $k_h = a_o/2$  y los siguientes factores de seguridad mínimos.

Condición	Deslizamiento FS.d	Volcamiento FS.v
Estática	1.5	1.5
Estática + dinámica	1.3	1.4

- Si el desplazamiento es mayor que el admisible se deberá redimensionar el muro, aumentando  $k_h$ .
- Si no se admiten desplazamientos laterales se deberá diseñar con  $k_h$  igual a  $a_{max}$ . En la práctica esto se traduce en disminuir los factores de seguridad admisibles, proponiéndose  $FS.d > 1.1$  y  $FS.v > 1.2$ . (Ortigosa, 1997).

## Empuje sísmico en muros de subterráneo

55

- La Norma NCh-433 (Diseño sísmico de edificios) propone una componente sísmica del empuje con una distribución uniforme.

$$\sigma_s = C_r \gamma H C_{smax}$$

$C_r$ : coeficiente de rigidez adimensional que depende del tipo de suelo .

$\gamma$ : peso unitario del suelo.

H: altura del muro de subterráneo en contacto con el suelo.

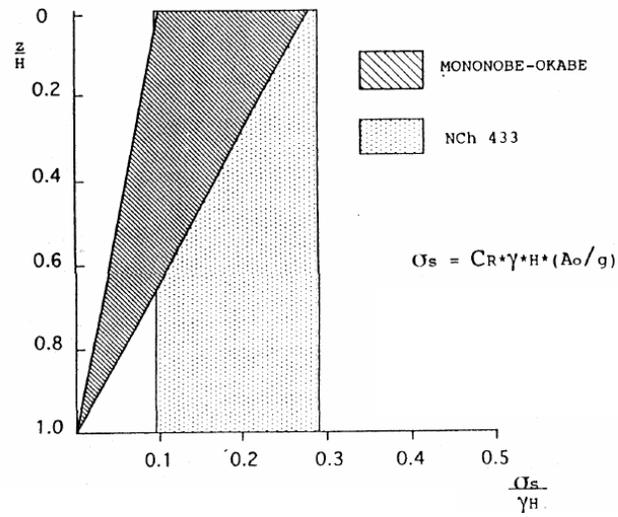
$C_{smax}$ : coeficiente sísmico efectivo máximo.

Suelo	$C_r$	Zona Sísmica	$C_{smax}$
Suelto o blando (S)	0.70	1	0.20
Intermedio (I)	0.58	2	0.30
Denso (D)	0.45	3	0.40

- La componente estática del empuje de tierras debe evaluarse para una condición de reposo.

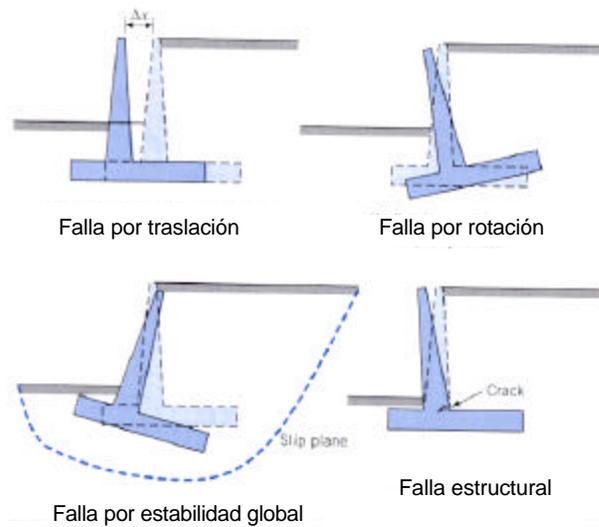
## Empuje sísmico en muros de subterráneos

56



## Modos de falla en muros rígidos

57



Priyantha W.

## Estabilidad de un muro de contención

58

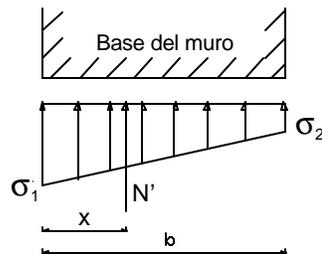
- La filosofía básica de diseño se hace verificando que un determinado muro resista los esfuerzos, no se vuelque, no se deslice, ni tampoco ejerza presiones en la base del suelo superiores a las admisibles.
- Los pasos a seguir son los siguientes (en el caso de un muro gravitacional):
  1. Pre-diseño y elección del tipo de muro.
  2. Se establecen las propiedades geotécnicas del suelo a trasdós y en el sello de fundación del muro, es decir  $f$ ,  $g$ , etc. (el relleno se especifica). También se debe conocer la capacidad admisible del suelo al nivel del sello de fundación.
  3. Se calcula el empuje activo.

## Estabilidad de un muro de contención

59

4. Se calcula el peso del muro.
5. Se calcula la reacción en la base y su posición en la base, la cual ojalá esté ubicada dentro del tercio central.

Si la resultante de la reacción efectiva  $N'$  se localiza dentro del tercio central:



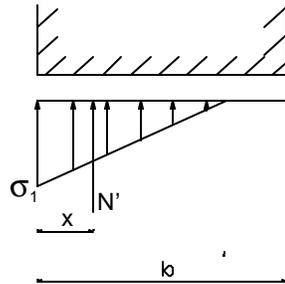
$$s_1 = (4b - 6x) \frac{N'}{b^2}$$

$$s_2 = (6x - 2b) \frac{N'}{b^2}$$

## Estabilidad de un muro de contención

60

Si la resultante de la reacción efectiva  $N'$  se localiza en el primer tercio:



$$s_1 = \frac{2 N'}{3 x}$$

## Estabilidad de un muro de contención

61

6. Se verifica el esfuerzo aplicado por el muro sobre el terreno, valor que en el caso estático debe ser

$$s_{\text{est}} \leq s_{\text{adm estático}} \quad \text{y} \quad s_{\text{sis}} \leq s_{\text{adm sísmico}}$$

## Estabilidad de un muro de contención

62

7. Se verifica el F.S. al volcamiento, definido como:

$$F.S._{\text{volc}} = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{\sum \text{Momentos volcantes}}$$

Para rellenos granulares, factores de seguridad usuales son:

$$F.S. \text{ estático} \geq 1.5 \quad \text{y} \quad F.S. \text{ sísmico} \geq 1.2$$

8. Se verifica el F.S. al deslizamiento, definido como:

$$F.S._{\text{desliz}} = \frac{\sum \text{Fuerzas resistentes horizontales}}{\sum \text{Fuerzas deslizantes horizontales}}$$

Para rellenos granulares, factores de seguridad usuales son:

$$F.S. \text{ estático} \geq 1.8 \quad \text{y} \quad F.S. \text{ sísmico} \geq 1.4$$

## Estabilidad de un muro de contención

63

9. Se verifica la resistencia al corte de las secciones del muro.
10. Si el muro satisface los requerimientos, esta o.k.. En caso contrario se rediseña y se vuelven a chequear los puntos 3 al 9.

### Observaciones

- Debido a las grandes deformaciones necesarias para movilizar el empuje pasivo, es recomendable considerar solamente entre un 33 y un 50% del empuje pasivo.
- En la fundación, se puede considerar el ángulo de fricción en la interfaz igual al ángulo de fricción del suelo si se trata de hormigón vertido en contra del suelo.

