

PODER EJECUTIVO NACIONAL  
MINISTERIO DE OBRAS  
Y SERVICIOS PUBLICOS  
SUBSECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS  
**INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA**

*NORMAS ANTISISMICAS ARGENTINAS*

**NA A - 80**

**Edición 1980**

REPUBLICA ARGENTINA

**I  
N  
P  
R  
E  
S**

56.2

P A R T E    I I I

M U R O S    D E    C O N T E N C I O N



Faint, illegible text or markings in the center of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

12. RELLENO SECO.

12.1. FUERZAS A CONSIDERAR.

Los muros de contención se deberán calcular considerando, además de las fuerzas actuantes en condiciones estáticas (empuje del suelo, peso propio, etc.), las fuerzas sísmicas debidas a la inercia de su masa y el incremento del empuje del suelo como consecuencia del sismo.

12.2. EMPUJE ACTIVO DEL SUELO DURANTE EL SISMO.

12.2.1. EMPUJE ACTIVO TOTAL.

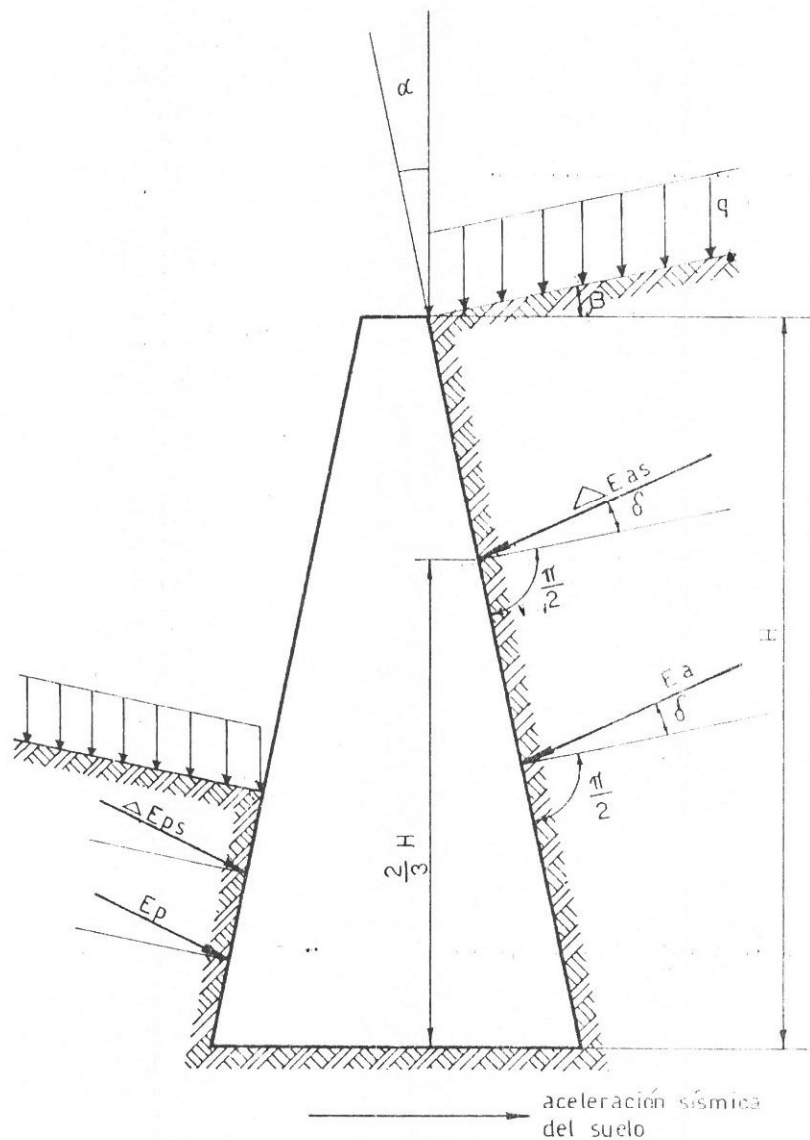


Fig. 11

El empuje activo total del suelo durante el sismo, Fig. 11, se determinará por la fórmula siguiente:

$$E_{as} = E_a + \Delta E_{as} = (1 - C_v) \left[ q \cdot H \frac{\cos \alpha}{\cos (\alpha - \beta)} + \gamma_s \cdot \frac{H^2}{2} \right] \cdot K_{as}$$

donde:

$E_{as}$  : empuje activo total del suelo durante el sismo (t/m).

$E_a$  : empuje activo estático, resultante del diagrama de presiones que ejerce el suelo sobre el muro. Se obtiene como caso particular de  $E_{as}$  sustituyendo en la fórmula  $C = C_v = 0$ .

$\Delta E_{as}$  : incremento del empuje activo originado por la acción sísmica. Se obtiene como diferencia entre  $E_{as}$  y  $E_a$ .

$\gamma_s$  : peso específico del suelo (t/m<sup>3</sup>).

$H$  : altura del relleno medida desde la superficie de fundación del muro (m).

$q$  : intensidad de la sobrecarga uniformemente distribuida sobre la superficie del suelo (t/m<sup>2</sup>).

$$K_{as} = \frac{\cos^2 (\phi - \alpha - \theta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos (\delta + \alpha + \theta)} \cdot \frac{1}{\left\{ 1 + \left[ \frac{\sin (\phi + \delta) \cdot \sin (\phi - \beta - \theta)}{\cos (\delta + \alpha + \theta) \cdot \cos (\alpha - \beta)} \right]^{1/2} \right\}^2}$$

$C_v$  : coeficiente sísmico vertical.

$$C_v = 0,5 C$$

$C$  : coeficiente sísmico definido por la siguiente expresión:  
 $C = 2 C_o$ , donde  $C_o$  es el coeficiente sísmico zonal determinado según 3.2.1.1.b.

- $\phi$  : ángulo de fricción interna del suelo.
- $\beta$  : ángulo que forma la superficie del relleno con la horizontal.
- $\alpha$  : ángulo que forma el paramento posterior del muro con la vertical.
- $\delta$  : ángulo de fricción entre el paramento posterior del muro y el relleno.
- $\theta$  :  $\text{arc tg } \frac{C}{1 - C_v}$

Si  $(\phi - \beta - \theta)$  es negativo, se adopta  $(\phi - \beta - \theta) = 0$

12.2.2. DISTRIBUCION DE  $\Delta E_{as}$  EN FUNCION DE LA ALTURA

Se adoptará la distribución triangular indicada en la Fig. 12.

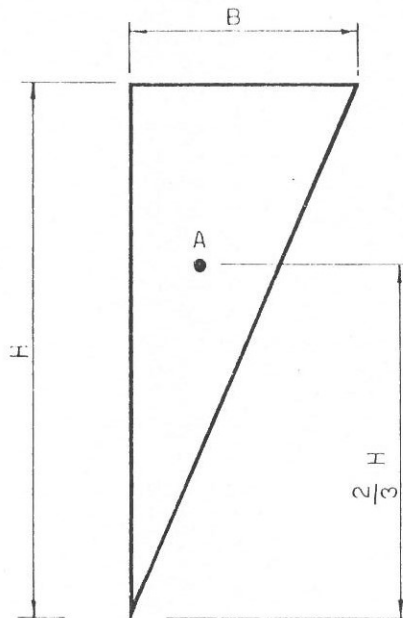


Fig. 12

Siendo:

$$\Delta E_{as} = C_v \left[ q \cdot H \frac{\cos \alpha}{\cos (\alpha-\beta)} + \gamma_s \frac{H^2}{2} \right] \cdot K_{as} = \frac{B \cdot H}{2}$$

donde:

$$B = \frac{2C_v}{H} \left[ q \cdot H \frac{\cos \alpha}{\cos (\alpha-\beta)} + \gamma_s \frac{H^2}{2} \right] \cdot K_{as}$$

### 12.2.3. PUNTO DE APLICACION DE $\Delta E_{as}$

El incremento  $\Delta E_{as}$ , determinado según 12.2.2. se considerará aplicado a una altura igual a  $\frac{2}{3} H$ , medida desde la base del muro (punto A, fig. 12).

### 12.2.4. CASO PARTICULAR.

Para el caso particular en que:

- la superficie del relleno contenido sea horizontal ( $\beta = 0$ );
- el paramento posterior del muro sea vertical ( $\alpha = 0$ );
- el ángulo de fricción entre el paramento del muro y el relleno sea nulo ( $\delta = 0$ );

el incremento del empuje activo  $\Delta E_{as}$  podrá calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta E_{as} = 0,375 \cdot \gamma_s \cdot B^2 \cdot C \left( 1 + \frac{2q}{\gamma_s \cdot H} \right)$$

con todas las variables definidas como en 12.2.1.

Con referencia a la distribución de  $\Delta E_{as}$  en función de la altura del muro y a su punto de aplicación, valen las prescripciones efectuadas en 12.2.2. y 12.2.3.

12.3. EMPUJE PASIVO DEL SUELO DURANTE EL SISMO.

12.3.1. EMPUJE PASIVO TOTAL.

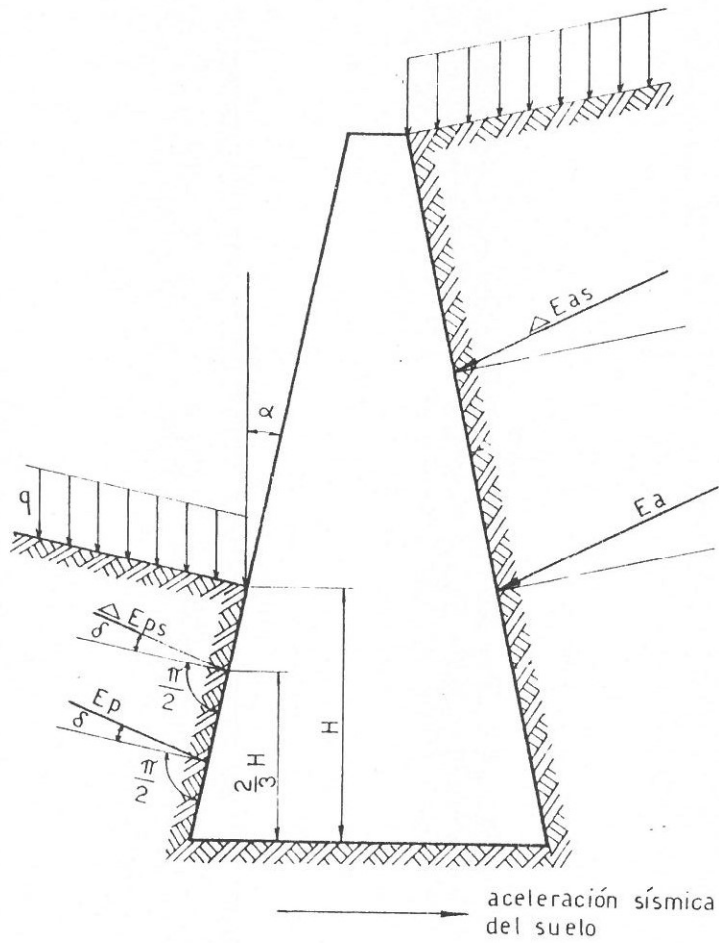


Fig. 13



El empuje pasivo total del suelo durante el sismo, Fig. 13, se determinará por la fórmula siguiente:

$$E_{ps} = E_p - \Delta E_{ps} = (1 - C_v) \left[ q \cdot H \frac{\cos \alpha}{\cos (\alpha - \beta)} + \frac{\gamma_s H^2}{2} \right] K_{ps}$$

donde:

$E_{ps}$  : empuje pasivo del suelo durante el sismo (t/m).

$E_p$  : empuje pasivo estático, resultante del diagrama de presiones que ejerce el suelo sobre el muro. Se obtiene como caso particular de  $E_{ps}$  sustituyendo en la fórmula  $C = C_v = C$ .

$\Delta E_{ps}$  : decremento del empuje pasivo originado por la acción sísmica. Se obtiene como diferencia entre  $E_p$  y  $E_{ps}$ .

$$K_{ps} = \frac{\cos^2 (\phi + \alpha - \theta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos (\delta - \alpha + \theta)} \frac{1}{\left\{ 1 + \left[ \frac{\sin (\phi + \zeta) \cdot \sin (\phi + \beta - \theta)}{\cos (\delta - \alpha + \theta) \cdot \cos (\alpha - \beta)} \right]^{1/2} \right\}^2}$$

Los restantes parámetros son los definidos en 12.2.1.

### 12.3.2. DISTRIBUCION DE $\Delta E_{ps}$ EN FUNCION DE LA ALTURA

Valen las mismas prescripciones efectuadas en 12.2.2.

### 12.3.3. PUNTO DE APLICACION DE $\Delta E_{ps}$

El decremento  $\Delta E_{ps}$ , determinado según 12.3.2., se considerará aplicado a una altura igual a  $\frac{2}{3} H$ , medida desde la base del muro.

### 12.4. FUERZA SISMICA DEBIDA A LA INERCIA DE LA MASA DEL MURO DE CONTENCIÓN.

La fuerza sísmica debida a la inercia de la masa del

muro, se calculará mediante la fórmula:

$$F_{sq} = Q \cdot C$$

donde:

$F_{sq}$  : fuerza sísmica por metro lineal de muro (t/m),

$Q$  : peso del muro de contención por metro lineal (t/m),

$C$  : coeficiente sísmico según la siguiente expresión:

$$C = 2 C_0$$

donde  $C_0$  es el coeficiente sísmico zonal determinado según 3.2.1.1.4.

#### 12.4.1. PUNTO DE APLICACION DE $F_{sq}$

La fuerza  $F_{sq}$  determinada según 12.3., se considerará aplicada en el baricentro de la sección transversal del muro.

#### 12.5 VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD.

Los coeficientes de seguridad que se adopten para la verificación de la estabilidad del muro, tanto al vuelco como al deslizamiento, serán mayores o iguales que 1,5 cuando se consideren superpuestos el empuje estático y el incremento por sismo.

#### 13. EFECTO DEL AGUA SOBRE EL EMPUJE LATERAL DEL SUELO.

##### 13.1. RELLENO SATURADO.

Valen todas las prescripciones de los puntos 12.1. a 12.5., debiendo adoptarse como valor de  $\gamma_s$  el correspondiente al peso específico del suelo saturado ( $\gamma_{sat}$ ).

##### 13.2 RELLENO SUMERGIDO.

El incremento (o decremento) dinámico en el empuje activo (o pasivo) de suelos durante sismos, se determinará según las

expresiones de 12.2. y 12.3. con las siguientes modificaciones:

- a) el valor de  $\delta$  se tomará igual a la mitad del valor correspondiente a relleno seco;
- b) el valor de  $\theta$  se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\theta = \text{arc tg } \gamma_B \cdot \frac{C}{1-C_v}$$

donde:

$$\gamma_B \left( \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} \right) : \text{ peso específico boyante} = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - 1}$$

$\gamma_{\text{sat}}$  : peso específico del suelo saturado;

$C$  : coeficiente sísmico horizontal;

$C_v$  : coeficiente sísmico vertical =  $\frac{1}{2} C$

El empuje hidrodinámico originado por el agua contenida en el relleno no se considerará separadamente, ya que el efecto de la aceleración sobre el agua ha sido considerado indirectamente.

### 12.3. RELLENO PARCIALMENTE SUMERGIDO.

Este caso se resuelve como una combinación de los casos anteriores, descritos en los puntos 12, 13.1. y 13.2, debiendo adoptarse como diagrama de distribución de  $\Delta E_{as}$  o de  $\Delta E_{ps}$  el indicado en la Fig. 16.

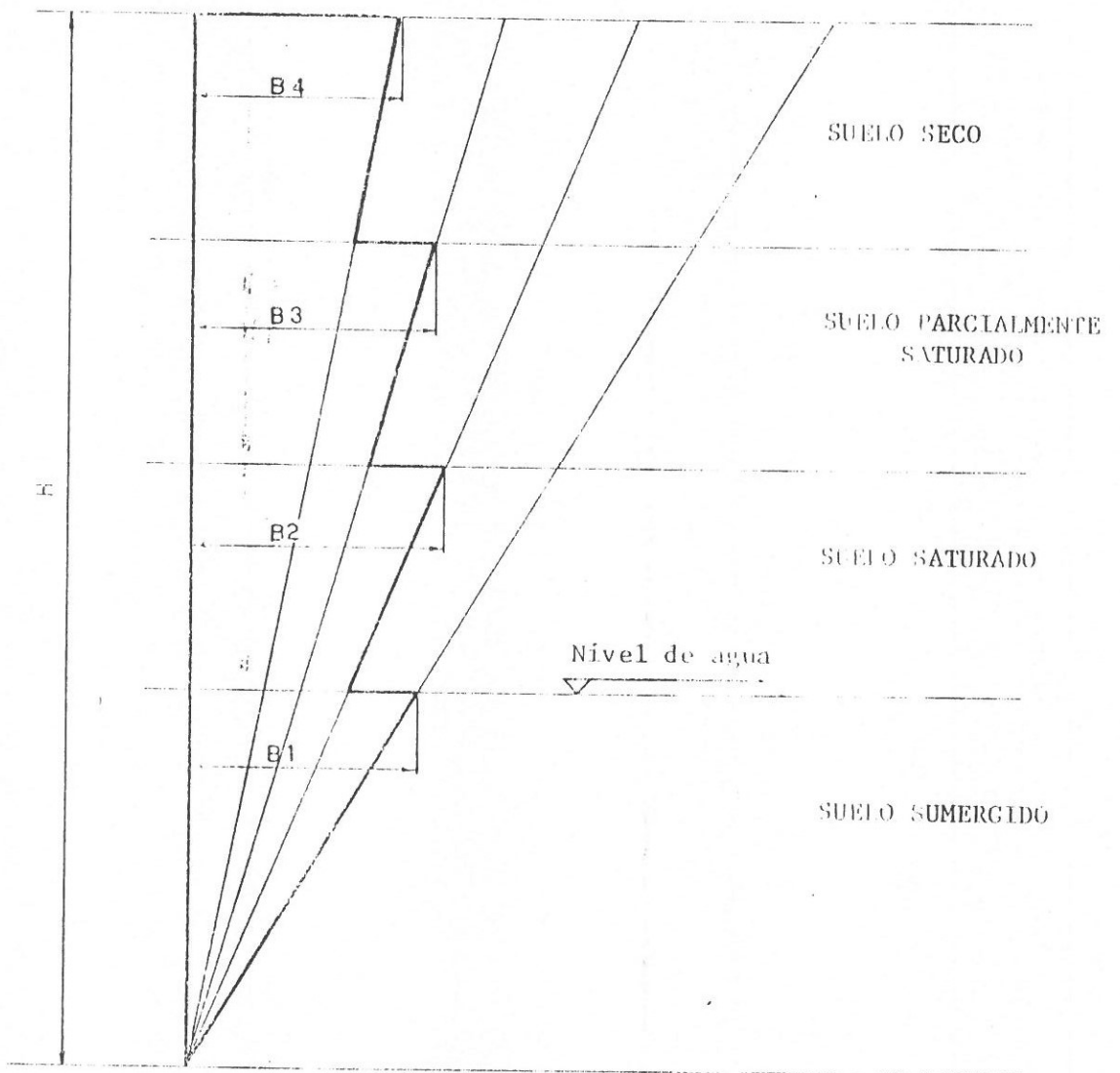


Fig. 14