

## **MEMORIA DE CALCULO MUROS DE CONTENCIÓN**

### **1. GENERALIDADES. -**

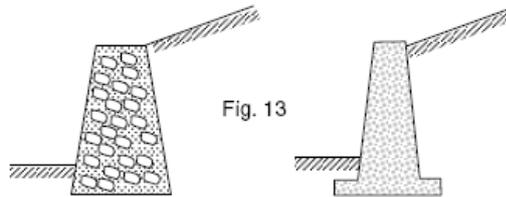
Los muros son elementos constructivos cuya principal misión es servir de contención, bien de un terreno natural, bien de un relleno artificial o de un elemento a almacenar.

En las situaciones anteriores el muro trabaja fundamentalmente a flexión, siendo la compresión vertical debida a su peso propio generalmente despreciable.

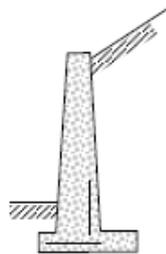
En ocasiones los muros desempeñan la función de cimiento, al transmitir las presiones o cargas suministradas por los pilares o por los forjados que se apoyan en la coronación del muro. Esta situación es característica de los muros de sótano, muy desarrollada en la edificación actual.

#### **A. TIPO DE MURO. -**

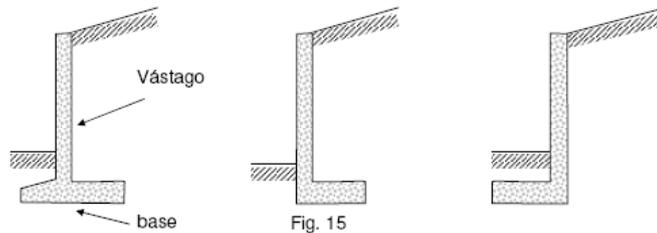
- 1) Muros de gravedad, son los que tienen en general un perfil trapezoidal y dependen principalmente de su peso propio para asegurar la estabilidad; se hacen generalmente de concreto ciclópeo o aún de piedras y no llevan ningún refuerzo: debe proporcionarse de tal manera que no haya esfuerzos de tracción en ninguna de las secciones; son muros muy económicos para alturas bajas (hasta 3 ó 3.50 metros aproximadamente).



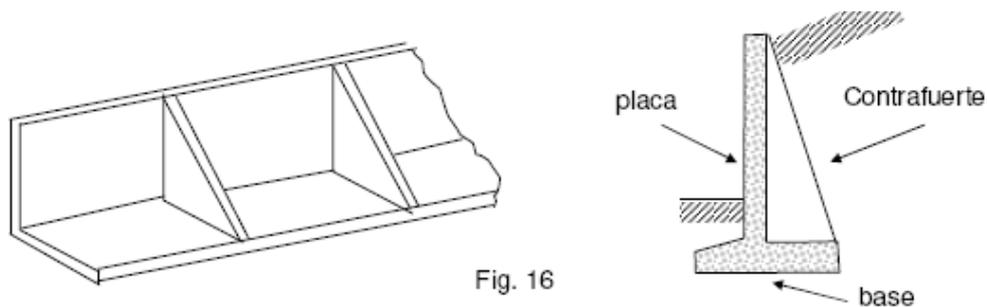
- 2) Muros de semi-gravedad, son un poco más esbeltos que los anteriores porque se toleran esfuerzos de tracción pequeños que se absorben con pequeñísimas cuantías de refuerzo y que en general pueden resultar aún más económicas que los muros de gravedad para alturas hasta de 4.00 mts.



- 3) Muros de voladizo, son muros en Concreto reforzado cuyo perfil común es el de una T o L, utilizan por lo menos parte del peso del relleno para asegurarse la estabilidad; este es el tipo de muro que con mayor frecuencia se presenta en la práctica del calculista y su utilización resulta económica hasta alturas de 6.00 mts. aproximadamente.



- 4) Muros con contrafuerte son los que están constituidos por placas verticales que se apoyan sobre grandes voladizos espaciados regularmente que se denominen contrafuertes; este tipo de muro es conveniente cuando las alturas por vencer son en general, mayores de 6.00 mts.



## B. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO

### 1) ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

De acuerdo al estudio de Mecánica de Suelos se considerarán los siguientes datos del suelo:

- ✓ Suelos semi-compactos, materiales no plásticos.
- ✓ La humedad del terreno no considera la posibilidad de un asentamiento diferencial.
- ✓ El porcentaje de humedad no representa peligro de empuje y/o colapso.
- ✓ No se encontró nivel freático.
- ✓ Los materiales encontrados no tienen sulfatos, carbonatos, caliche u otras sales solubles
- ✓ Considerar como Capacidad portante admisible: 2.07 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Utilizar cimentación superficial recomendando una profundidad DF=1.50 m para zapatas (nivel de desplante), DF = 1.00 m.

### 2) CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

#### CONCRETO.

##### **Características del concreto reforzado para el diseño estructural**

- Resistencia nominal a compresión =  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad =  $E_c = 217,000 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de Ruptura =  $f_r = 28 \text{ Kg/cm}^2$
- Curva de comportamiento. Se asumirá el modelo esfuerzo – deformación de Whitney.
- Deformación Unitaria Máxima  $\epsilon_c = 0.003$

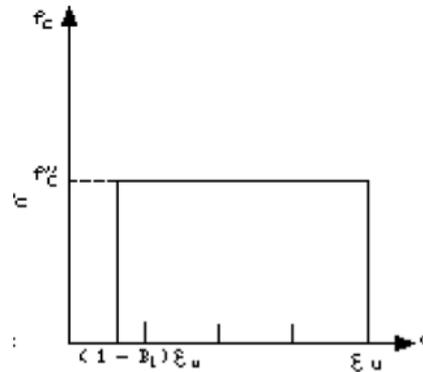


Figura 1.1 Modelo de comportamiento esfuerzo – deformación Del concreto no confinado, Whitney.

### ACERO DE REFUERZO

- Corrugado, grado 60, esfuerzo de fluencia ( $f_y$ )= 4200 kg/cm<sup>2</sup> = 4.2 ton/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad =  $E_s$  = 2'000,000 kg/cm<sup>2</sup>
- Deformación al inicio de la fluencia = 0.0021
- Curva de comportamiento: Se simplificará idealizándola como dos líneas rectas (Park, Pauley<sup>1</sup>) ignorando la resistencia superior de cedencia y el aumento en el esfuerzo debido al endurecimiento por deformación.

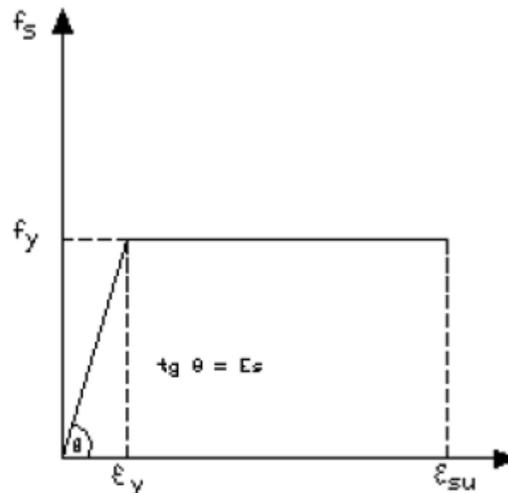


Figura 1.2 Modelo de comportamiento esfuerzo – deformación del acero

### ACERO ESTRUCTURAL

- Esfuerzo de fluencia ( $F_y$ )= 2530 kg/cm<sup>2</sup> = 2.53 ton/cm<sup>2</sup> (A-36)
- Módulo de elasticidad =  $E_s$  = 2'000,000 kg/cm<sup>2</sup>

### 3) NORMATIVIDAD

En todo el proceso de análisis y diseño se utilizarán las normas comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):

- Medrado de cargas Norma E-020
- Diseño sismorresistente Norma E-030

- |                          |             |
|--------------------------|-------------|
| • Concreto Armado        | Norma E-050 |
| • Suelos y cimentaciones | Norma E-050 |
| • Albañilería Confinada  | Norma E-060 |
| • Acero Estructural      | Norma E-090 |

## 2. BASES PARA EL DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN

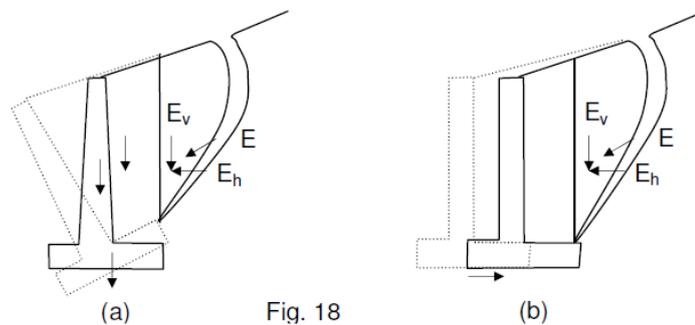
Las fuerzas que actúan sobre un muro de contención pueden dividirse en dos grupos; fuerzas horizontales provenientes del empuje del terreno, sobrecargas, etc., y fuerzas verticales provenientes del peso propio, peso del relleno, sobrecarga, etc.

La acción de las fuerzas horizontales tiende a desplazar el muro de su posición original y si ese desplazamiento es lo suficientemente grande, el muro ya no estará cumpliendo su función, o sea habrá fallado, aún si el desplazamiento tuvo lugar sin daños para las partes constitutivas del muro.

El desplazamiento puede ser rotacional o lineal y contra ambos debe estar dirigido el diseño en lo que se denomina análisis de estabilidad.

En el esquema:

a) Puede verse como el empuje del relleno tiende a volcar el muro, junto con el relleno que hay directamente sobre el talón, alrededor del extremo del voladizo delantero (punto A); las fuerzas que se oponen a ese vuelco son precisamente las verticales, las cuales dan momentos de sentido contrario al del empuje con respecto al punto A. El factor de seguridad mínimo contra la posibilidad de volcamiento o sea relación entre momentos que impiden el volcamiento y momentos que tienden a producirlo alrededor del punto A, debe ser 2 según especificación de la mayoría de lo código.



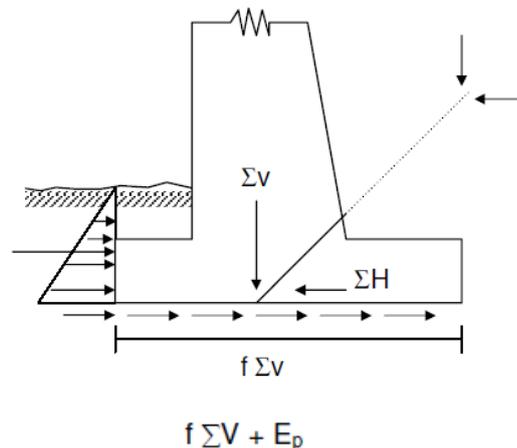
En el esquema:

b) Puede apreciarse como la componente horizontal del empuje puede deslizar el muro, junto con la parte de relleno que está directamente sobre el talón, en el sentido del empuje. La fuerza que se opone a este deslizamiento es la fricción que hay entre la base del muro y el terreno de fundación principalmente; esta fricción es función de las fuerzas verticales que actúan sobre el muro del terreno de fundación en la forma  $f \times \sum V$ , siendo  $f$  el coeficiente de fricción entre el Concreto o material del muro y el terreno de fundación, estos coeficientes tienen los siguientes valores usuales:

Arena o grava gruesas	0.5 a 0.7
Arena o grava finas	0.4 a 0.6
Arcillas duras	0.3 a 0.5
Arcillas blandas o limo	0.2 a 0.3

Para mejorar la estabilidad al deslizamiento conveniente no alisar mucho la superficie del terreno de fundación y dejar más bien una superficie rugosa.

Nótese en el esquema b) que el muro, al deslizarse hacia la izquierda, debe empujar también el terreno que haya adelante de él, creando así un empuje pasivo que ayuda a la estabilidad al deslizamiento puesto que debe ser vencido antes de que el muro pueda deslizarse; e tendrá así que la fuerza que se opone al deslizamiento es:



Como la fuerza que produce el deslizamiento es la horizontal ( $\Sigma H$ ) y el factor de seguridad contra esta eventualidad está normalmente fijado en 1.5, se deberá tener que:

$$\frac{f \Sigma V + E_p}{\Sigma H} \geq 1.5$$

Debe advertirse que para poder contar con el empuje pasivo es necesario estar seguro de que el terreno delante del muro estará siempre ahí y de que estará en su posición antes de la colocación del relleno; esto no siempre es posible y de ahí que muchos ingenieros prefieran despreciar el efecto del empuje pasivo al buscar el coeficiente de seguridad mínimo de 1.5 o aumentar este coeficiente mínimo a 1.7 ó 1.8 al sí tener en cuenta el efecto del empuje pasivo.

Para aumentar el factor de seguridad al deslizamiento se utiliza muchas veces una "llave", que consiste en una prolongación inferior del vástago y que tiene como efecto desplazar en parte el plano de posible falla desde la cara inferior de la base a la cara inferior de la llave aumentando así considerablemente el empuje pasivo que debe ser vencido, además se ve en el esquema que cuando hay llave la fricción que se opone al deslizamiento es la que hay entre concreto y suelo en las zonas ab y cd, mientras que en la zona d-e tenemos fricción entre suelo y suelo puesto que en d-e es el suelo el que debe romperse para producirse el deslizamiento, en consecuencia  $f_1$  será coeficiente de fricción entre concreto y suelo, mientras que  $f_2$  será el coeficiente de fricción del suelo o sea  $tg(\phi)$ .

En la mayoría de los casos la llave se coloca inmediatamente debajo del vástago para poder anclar ahí los hierros del mismo, pero a veces puede resultar más ventajoso colocar esa llave más atrás y aún en el extremo del talón.

De todas maneras, es prudente despreciar generalmente la altura del terreno por encima de la base porque éste puede ser removido con facilidad y en ese caso del triángulo de empuje pasivo a considerar como efectivo es el  $efg$  y no el  $ef'g'$ .

El análisis de estabilidad debe incluir también, además de la seguridad el volcamiento y la seguridad al deslizamiento, el estudio de las reacciones del terreno las cuales no deben ser superiores en ningún punto a la fatiga admisible del terreno.

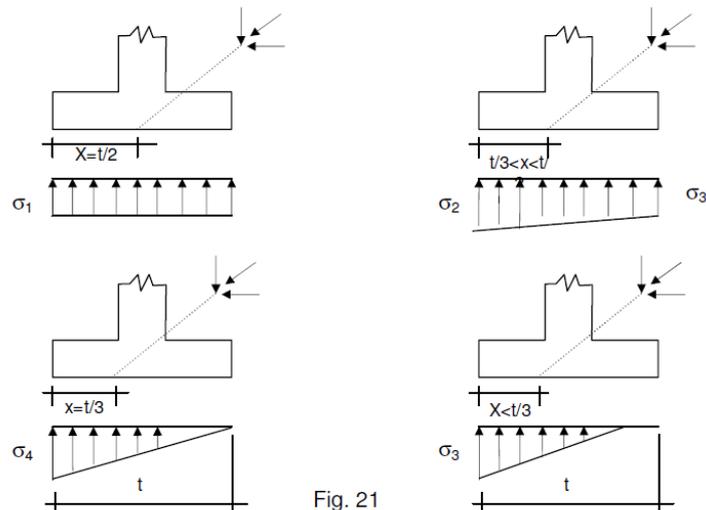


Fig. 21

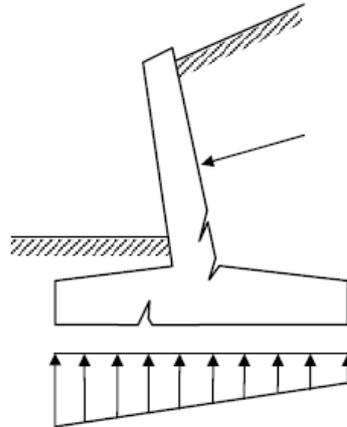
Tratándose de una estructura sometida a cargas horizontales y verticales, la forma del diagrama de reacciones del terreno dependerá de la posición de la resultante de las cargas con respecto al centro de la base pudiéndose presentar los 4 casos esquematizados según la conocida expresión de la estática:

$$\sigma = \frac{\sum V}{t} \left( 1 \pm \frac{6e}{t} \right)$$

(Recuérdese que los muros se diseñan por metro de longitud y por tanto  $b = 1.00$  m).

El caso 1) o sea cuando la resultante cae exactamente en la mitad de la base y el diagrama de reacciones es por tanto uniforme, es difícil y antieconómico de lograr porque generalmente requiere una base muy grande, el caso 4), o sea cuando la resultante cae fuera del tercio medio de la base, no es deseable porque parte de la base resulta inútil en vista de que no pueden suponerse o admitirse esfuerzos de tracción entre concreto y terreno, la base deberá dimensionarse, por tanto, de tal manera que se esté en el caso 2) con diagrama de reacciones trapezoidal o, como máximo, en el caso 3) con diagrama triangular.

Para evitar la posibilidad de asentamientos diferenciales debe procurarse que la diferencia entre máx. y mín. no sea muy grande. Una vez comprobada la estabilidad del muro, puede entrarse a estudiar la resistencia de cada una de sus partes con respecto a las fuerzas que las solicitan, o sea puede hacerse el análisis estructural. En un muro de gravedad el análisis estructural consistirá en la comprobación de que todas sus secciones están sometidas a esfuerzos de compresión por debajo de un límite admisible en un muro o con contrafuertes; este análisis consistirá en el estudio de cada una de las partes constitutivas sometida a un sistema determinado de fuerzas exteriores que producen momentos, esfuerzos cortantes, etc., y la colocación del refuerzo necesario para absorber los esfuerzos correspondientes.



Como es apenas lógico, para un caso dado habrá varias soluciones que satisfagan tanto las condiciones de estabilidad como las de resistencia, así por ejemplo, para aumentar la seguridad al deslizamiento puede aumentarse el largo de la base o colocarse una llave, siendo iguales todos los demás considerados del caso; el factor económico será entonces el decisivo.

A través de lo anterior, el estudiante ya habrá podido darse cuenta que tanto para el análisis de estabilidad como para el estructural deben suponerse a priori las dimensiones del muro y estas a su vez dependen en definitiva del resultado de los dos análisis; es decir que se está ante un círculo vicioso, el cual se rompe mediante tanteos sucesivos. El proceso de diseño consiste entonces en suponer, con base en experiencia anterior generalmente, las dimensiones el análisis de este muro; verificar con esas dimensiones el análisis de estabilidad y el estructural; en la mayoría de los casos los análisis mostrarán la necesidad de algunos ajustes en las dimensiones iniciales pero normalmente con 2 ó 3 ensayos se llegará al dimensionamiento definitivo.

### 3. CONSIDERACIONES EN CÁLCULO DE MUROS DE GRAVEDAD.

Los muros de Gravedad son estructuras que proveen apoyo lateral para una masa de suelo y que deben su estabilidad fundamentalmente a su peso propio y al peso del suelo ubicado directamente sobre su base.

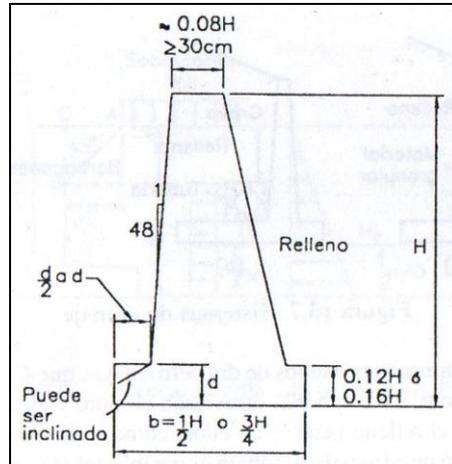
#### A. PREDIMENSIONAMIENTO

Por lo general, se conoce el desnivel de terreno que es necesario salvar y las características del relleno. A partir de esta información y haciendo uso de la tabla N° 01 se estima una primera dimensión para la base.

**Tabla N° 01: Relación  $B/(H+h_s)$  para diferentes tipos de relleno**

$B/(H+h_s)$	$C_a w$ (kg/m <sup>3</sup> )
0.30	204
0.35	269
0.40	343
0.45	423
0.50	512
0.55	605
0.60	715
0.65	830

A continuación se muestran algunos criterios para determinar las otras dimensiones del muro de gravedad:



Con el dimensionamiento preliminar, se verifica la estabilidad de la estructura. En caso de existir relleno en el talón anterior del muro, es preferible no considerar su efecto estabilizante pues puede darse el caso que éste sea removido.

Como es habitual en el cálculo de estructuras, pueden ser necesarias varias fases de predimensionamiento y cálculo, sobre todo si se pretende optimizar las dimensiones del muro.

## B. COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

### B.1 COMPROBACIÓN A DESLIZAMIENTO

De acuerdo con las notaciones de la figura 27, la fuerza que puede producir el deslizamiento es la componente horizontal del empuje activo  $E_h$ .

Las fuerzas que se oponen al deslizamiento son el rozamiento entre la base del muro y el terreno de cimentación, el eventual empuje pasivo  $E_p$  frente a la puntera del muro y la componente vertical del empuje activo  $E_v$ .

La fuerza que resiste el deslizamiento viene dada por la expresión:

$$R = P + E_v + E_p$$

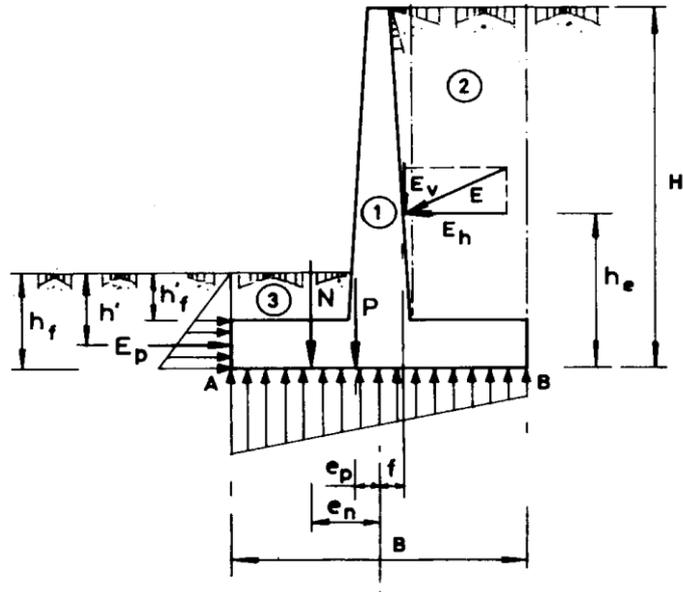
Dónde:

$P$  = Resultante de los pesos de los distintos elementos del muro y de las zonas de terreno situadas verticalmente sobre la puntera (\*) y el talón. (Zonas 1, 2, y 3 de la figura).

$m$  = Coeficiente de rozamiento entre suelo y hormigón. En general será el resultado del correspondiente estudio geotécnico. A falta de datos más precisos, puede tomarse  $m = \tan \phi$ , siendo  $\phi$  el ángulo de rozamiento interno del terreno base. Cuando la estructura es un muro de contención de terreno,  $f = j$ . En la tabla 5, tomada de Calavera, se indican valores del coeficiente de rozamiento para algunos tipos de suelo.

$E_p$  = Empuje pasivo frente a la puntera del muro.

$E_v$  = Componente vertical del empuje activo.



Comprobación de la estabilidad estructural.

## B.2 COMPROBACIÓN A VUELCO

Convencionalmente se supone que el giro del muro se produce alrededor del punto A, correspondiente a la arista exterior del cimiento. Teniendo en cuenta las notaciones de la figura 27, se puede determinar el momento de vuelco y el momento estabilizador.

El momento de vuelco es el producido por la componente horizontal del empuje activo.

$$M_v = E_h \cdot h_e$$

El momento estabilizador viene dado por:

$$M_E = P \cdot \left( \frac{B}{2} - e_p \right) + E_p \cdot (h_f - h') + E_v \cdot \left( \frac{B}{2} + f \right)$$

Por tanto, el coeficiente de seguridad al vuelco se escribe:

$$C_{sv} = \frac{M_E}{M_v} = \frac{P \cdot \left( \frac{B}{2} - e_p \right) + E_p \cdot (h_f - h') + E_v \cdot \left( \frac{B}{2} + f \right)}{E_h \cdot h_e}$$

Donde  $h'$  viene dado por:

$$h' = \frac{2}{3} \cdot \frac{h_f^3 - h_f'^3}{h_f^2 - h_f'^2}$$

Como en el caso de la seguridad al deslizamiento, es frecuente despreciar el empuje pasivo.

Usualmente se pide que  $C_{sv} \geq 1,8$  si N representa las cargas frecuentes, y  $C_{sv} \geq 1,5$  si N incluye cargas infrecuentes o excepcionales.



Mejoramiento del Servicio de Transitabilidad Vehicular y Peatonal en las calles Psj. los Sauces, Jr. 15 de Abril cdra. 1, Jr. Paco Yunque cdra. 1, Jr. Juan Pablo Cdra. 1, Jr. Vía de Circunvalación Cdra. 1 y Jr. Escalas en el AA.HH. Cesar Vallejo, Distrito de Mollendo, Provincia de Islay, Región Arequipa  
CODIGO DE INVERSION N° 2400385

---

Para el caso de sismo suele adoptarse  $C_{sv} \approx 1,2$ .

#### **4. DISEÑO DE MUROS DE GRAVEDAD**

- 1.- MUROS DE SOSTENIMIENTO EN VOLADIZO H=1.20 m
- 2.- MUROS DE SOSTENIMIENTO EN VOLADIZO H=1.00 m