



**UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**PROGRAMA DE ANALISIS Y DISEÑO DE
MUROS DE CONTENCIÓN
“SOFT MC”**

Trabajo de Investigación
que para obtener el Título de

INGENIERO CIVIL

Presenta:

Fernando Meléndez Pluma

Puebla, Pue., México

Junio de 2005



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**, quien me ha permitido concluir esta etapa tan importante en mi vida, gracias a la sabiduría y fortaleza que me ha proporcionado para llegar a este momento tan especial

A **MIS PADRES**, gracias a ellos quienes con mucho esfuerzo han logrado que cumpla un sueño tan anhelado y al apoyo que siempre me han brindado en todas las desiciones que he tomado en el transcurso de mi vida.

A **MIS HERMANOS Y FAMILIARES**, a mis hermanos: Ángel, Rosy, Sandra, Carmen y Esmeralda, por estar conmigo siempre, ya sea en las buenas o en las malas, sin su apoyo no hubiera cumplido este sueño. A mi abuelita Natividad, tíos, primos y sobrinos.

A **MIS PROFESORES**, gracias a todos los profesores de la UPAEP, especialmente de la Facultad de Ingeniería Civil que siempre me apoyaron, agradezco principalmente al ingeniero Manuel Cuatlayotl, por todos sus consejos tanto académicos como personales y por el apoyo para la realización de este trabajo.

A **MIS COMPAÑEROS**, gracias a todos los alumnos de la carrera, especialmente a Gabriel, Gingeni y René. A Xoco por apoyarme en todo momento y ser un gran amigo, gracias compadre.

A **MI ESPOSA** este trabajo está dedicado principalmente a la mujer que estará a mi lado por siempre, a ti ANGÉLICA con todo mi amor. Gracias por tu apoyo y confianza.

FERNANDO MELENDEZ PLUMA

INDICE

	Página
Introducción.	5
Notación.	7
1. Muros de contención.	
1.1 Generalidades.	9
1.2 Tipos de muros de contención.	10
1.2.1 Muros de gravedad.	10
1.2.2 Muros de concreto en voladizo.	10
1.2.3 Muros con contrafuertes.	12
1.3 Empuje activo y empuje pasivo	13
2. Condiciones de carga	
2.1 Presión de tierra	17
2.2 Subpresión	18
2.3 Sobrecarga	20
2.4 Fuerzas que intervienen en el cálculo de un muro de contención.	22
3. Criterios de dimensionamiento.	25
3.1 Requisitos para garantizar la estabilidad de la estructura	26
3.2 Falla por volteo	26
3.3 Falla por deslizamiento	29
3.4 Falla por capacidad de carga	30
3.5 Diseño del refuerzo en muros de concreto	35
4. Manual del usuario	38

5. Ejemplos de aplicación.	49
CONCLUSIONES	61
REFERENCIAS	63
ANEXOS	64

INTRODUCCION

Debido a la necesidad de optimizar el trabajo numérico cotidiano de los ingenieros civiles, desde hace poco más de dos décadas el avance tecnológico ha ayudado de manera notable al cumplimiento de ese objetivo. Hasta hace unos años, el análisis de muros de contención se tenía que efectuar realizando una primera propuesta de dimensiones, posteriormente se efectuaba la revisión bajo las tres condiciones de seguridad: volteo, deslizamiento y que no se sobrepase el esfuerzo admisible del suelo; si estas condiciones no se cumplían se modificaban las dimensiones y se volvía a realizar la revisión; este proceso era muy laborioso y tardado, por lo que se desarrollaron procedimientos para tratar de minimizar ese trabajo generándose tablas y gráficas como ayudas de diseño.

En la actualidad el uso de calculadoras programables y de software es común tanto en la oficina como en el campo. Debido a esto, este trabajo presenta un programa que ayuda al ingeniero estructurista en el cálculo de muros de contención, es decir, en el análisis y dimensionamiento, el cual resultará de gran ayuda ya que se podrán revisar dos tipos de muros: de mampostería y de concreto reforzado en voladizo (cantiliver), bajo tres condiciones

de carga en la parte superior: con superficie horizontal, superficie inclinada o bajo una sobrecarga.

Este programa esta realizado en el lenguaje de programación *visual Basic*, debido a que este lenguaje proporciona varias ventajas entre las cuales están que el usuario puede interactuar e introducir todos los datos en una sola pantalla y no línea por línea como en otros lenguajes. Además de que tiene el mismo ambiente de Windows por lo que el usuario se encontrará familiarizado al trabajar en el programa de muros de contención.

El programa podrá ser usado sin inconveniente por ingenieros, arquitectos con conocimientos básicos de cimentaciones o estudiantes avanzados de ingeniería civil.

En cuanto al funcionamiento, en el análisis de muros de gravedad o de mampostería el programa solo revisa la estabilidad (volteo, deslizamiento y capacidad de carga del suelo), en el caso de muros de concreto, además de realizar el análisis de la estabilidad también se hace una propuesta del acero de refuerzo.

Objetivo General

Proporcionar a cualquier persona involucrada en el diseño de muros de contención una útil y práctica herramienta para lograr un buen diseño y permitir un ahorro en el tiempo empleado en dicho procedimiento si es que este se hiciera manualmente.

Objetivo Particular

- La creación de una ayuda que reduzca el tiempo empleado para realizar un buen diseño de muros de contención, tanto de gravedad como de concreto.
- En el caso de muros de concreto se realizara una propuesta del acero de refuerzo.
- Crear un manual de usuario para que las personas que deseen utilizar el programa no tengan problemas al ejecutarlo.

NOTACIÓN

Los símbolos que se emplean en este trabajo, están definidos en la siguiente lista para lograr comprender los capítulos siguientes:

K_a	: Coeficiente de presión activa
K_p	: Coeficiente de presión pasiva
δ	: Angulo de inclinación del suelo en el terraplén
ϕ	: Angulo de fricción interna del material
K_{ah}	: Coeficiente de presión activa de una superficie horizontal
K_{ph}	: Coeficiente de presión pasiva de una superficie horizontal
E_a	: Empuje Activo
E_p	: Empuje pasivo
γ_s	: Peso específico del suelo
H	: Altura total del muro
h	: Altura del relleno
P_h	: Presión hidrostática
C_o	: Coeficiente de presión de tierra en reposo
h'	: Altura de tierra equivalente para una sobrecarga
M_{act}	: Momento actuante
y_a	: Altura del punto de aplicación de presión activa
y_p	: Altura del punto de aplicación de presión pasiva
M_{Res}	: Momento resistente
w_i	: Peso de la figura i , para el factor de deslizamiento
x_i	: Distancia del punto a al centroide de la figura i , para el factor de deslizamiento.
b	: Borde superior del muro
B	: Base del muro
γ_m	: Peso volumétrico de la mampostería
F_f	: Fuerza de fricción

f	: Coeficiente de fricción entre el concreto y el suelo
w_t	: Peso total del muro
a	: Posición de la resultante
σ_{act}	: Esfuerzo actuante del suelo
σ_{adm}	: Esfuerzo admisible del suelo
M_R	: Momento flexionante resistente de diseño,
F_R	: Factor de reducción
d	: Peralte efectivo
f'_c	: Resistencia a la compresión del concreto
f''_c	: Magnitud del bloque equivalente de esfuerzos del concreto a compresión,
f^*_c	: Resistencia nominal del concreto a compresión
p	: Cuantía del acero de refuerzo longitudinal
f_y	: Esfuerzo de fluencia del acero

1. MUROS DE CONTENCION

1.1 GENERALIDADES

Los muros de contención son obras utilizadas para detener tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales. En casos particulares pueden contener granos, agua, etc. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad o por economía.

Estos muros regularmente se utilizan en cualquier tipo de obras, por ejemplo en la construcción de vías férreas o de carreteras, para sostener el empuje de cortes que se tienen que efectuar para realizar el trazo correcto y necesario en zonas de montaña. De igual manera se usan en los muros de sótanos de edificios el cual debe ubicarse dentro de los límites de la propiedad y contener el suelo alrededor del sótano.

1.2 TIPOS DE MUROS DE CONTENCION

Existen tres formas de construir un muro de contención: los muros de gravedad, de concreto y con contrafuertes. Pero cabe hacer mención que en la actualidad ya existe un gran número de formas para construir un muro de contención.

1.2.1 Muros de gravedad

El muro de gravedad regularmente es construido a base de mampostería o de tierra y este trabaja únicamente con su peso propio y esta es la manera en que proporciona su estabilidad. La forma más usual de construcción es la trapezoidal, pero no obstante existen formas variadas como necesidades constructivas. Este tipo de muros son económicos para muros relativamente bajos, con una altura hasta de 3 metros. Un ejemplo de este tipo de muro es el mostrado en la figura 1.1.

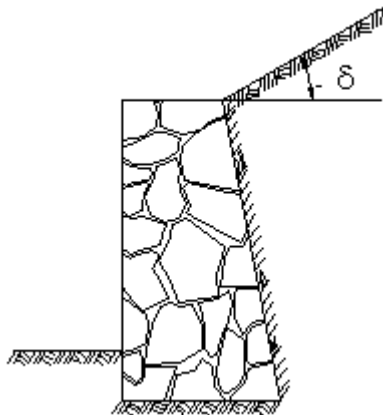


Figura 1.1 Muro de gravedad

1.2.2 Muros de concreto en voladizo

Estos muros están conformados por un cuerpo vertical que contiene la tierra y se mantiene en posición gracias a la zapata. Estos trabajan como viga en voladizo, empotrados en una zapata inferior. La estabilidad de la estructura se debe al peso del relleno por encima del talón, además del peso propio del muro. Debido a que el cuerpo trabaja como un voladizo vertical, su espesor requerido aumenta rápidamente con el incremento de la altura del muro. Se

diseñan como miembros a flexión y por esto es que se presentan deformaciones y es necesario colocar acero de refuerzo para resistir los momentos y esfuerzos cortantes.

La construcción de este tipo de muros es viable cuando la altura del muro se encuentra entre 3 y 6 metros, además de que en general la forma que se utiliza para su construcción es de L o de T invertida.

Debido a que en muchos casos no se tiene la plena libertad para efectuar obras y destierres en las zonas del pie así como del talón estos pueden o no estar presentes en la construcción de los muros.

Muros sin punta o pie

Este tipo de muro se adopta cuando no resulta viable la construcción de la punta por existir causas que lo impiden tales como no tener acceso al terreno aledaño, conducciones, calles, etc., una de las ventajas de este muro es el peso en el talón de las tierras que sobre él existen y de esta forma disminuye el gran momento de volteo que se genera por la falta de la punta.

Muros sin talón

Este tipo de muro se utiliza cuando existe roca la cual prohíbe penetrar en el terreno para generar el hueco para el talón. Este tipo de muro ayuda a soportar el efecto del empuje activo que se genera debido al volteo. Ver figura 1.2

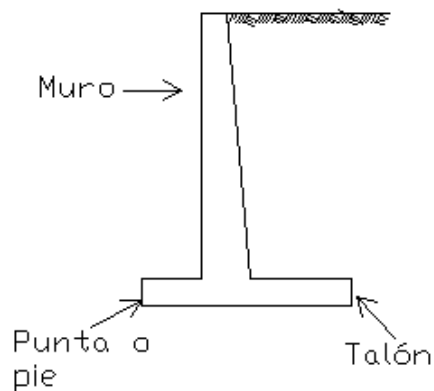
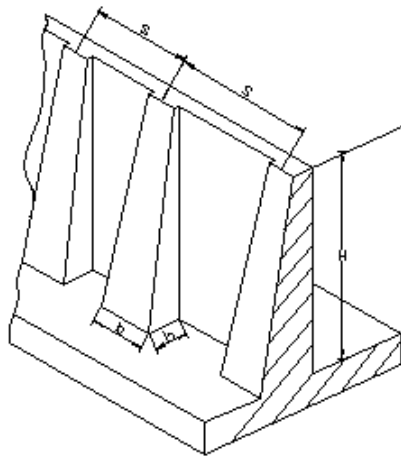


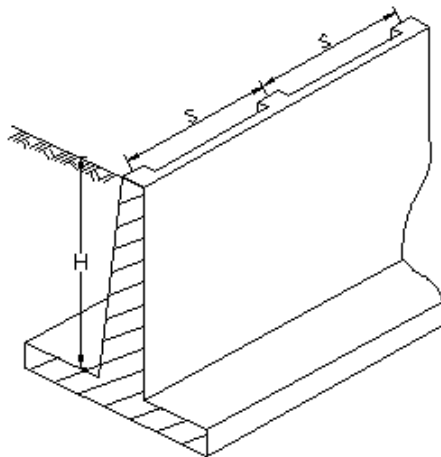
Figura 1.2 Muro de concreto en voladizo.

1.2.3 Muros con contrafuertes

Estos se utilizan en muros de gran altura, es decir, para muros de más de 6 metros, para soportar los momentos flexionantes se utilizan contrafuertes espaciados entre sí a distancias iguales o ligeramente mayores a la mitad de la altura del muro. En algunos casos al igual que en los muros en voladizo se puede omitir la colocación del puntal o pie debido a restricciones en el terreno. Este tipo de muros están compuestos por tres partes principales: el muro, la zapata y los contrafuertes. La unión entre muro y zapata se lleva a cabo por medio de los contrafuertes, que pueden ser exteriores o interiores, como se muestra en las figuras 1.3 a y b.



a) Con contrafuertes exteriores



b) Con contrafuertes interiores

Fig 1.3 Muros de contención con contrafuertes

Como características de estos muros se tienen:

- a) el contrafuerte es un elemento de unión entre la pared vertical y la zapata, que evita el giro y colapso que pueda tener la pantalla debido a empuje de tierras. Estos contrafuertes están sujetos a tensiones y por lo tanto requerirán acero a lo largo de AB , así mismo que debe anclarse tanto a la pantalla como a la zapata de cimentación.
- b) La estabilidad exterior y el deslizamiento se investigan para una unidad de contrafuerte de longitud correspondiente a la misma que existe entre contrafuertes.

Por lo común, las estructuras de contención se construyen primero y luego se coloca el relleno entre el muro y el talud excavado. Le elección del tipo de relleno se debe realizar de acuerdo a la disponibilidad del lugar. La tierra de relleno de respaldo impondrá presiones laterales a la estructura de contención. La cantidad de presión lateral de la tierra depende de muchos factores, tales como el tipo de suelo, el grado de compactación, el grado de humedad y si el muro es flexible o se encuentra anclado.

La función de estos diferentes tipos de estructuras, es soportar las presiones inducidas por líquidos y materiales, sin embargo deben resistir también la combinación de ambos, en caso de que se requiera evitar que la estructura absorba presión hidrostática existen sistemas para drenar el flujo de agua a través de orificios situados en la parte inferior del muro. Si no existe drenaje o éste se obstruye por una ejecución o proyecto inadecuado se producirán daños en el muro. Esto se debe al aumento de la carga por el empuje del agua o por variaciones de las condiciones del terreno bajo el muro al aumentar la humedad.

1.3 EMPUJE ACTIVO Y PASIVO

Si el muro se aleja del relleno, se forma un plano de deslizamiento ab (ver figura 1.4) en la masa del suelo, y la cuña abc que se desliza a lo largo de este plano ejerce una presión contra el muro. En este caso, el ángulo ϕ se conoce como *ángulo de fricción interna*, es decir,

su tangente es igual al coeficiente de fricción intergranular, que puede determinarse mediante ensayos de laboratorio apropiados. La presión correspondiente se conoce como *presión de tierra activa*. Por otro lado, si el muro se empuja contra el relleno, se forma un plano de deslizamiento *ad* y la cuña *acd* es empujada hacia arriba por el muro, a lo largo de ese plano. La presión que esta cuña mayor ejerce contra el muro se conoce como *presión de tierra pasiva*.

La magnitud de estas presiones fue analizada por Rankine, Coulomb y otros. Si la superficie de suelo conforma un ángulo δ con la horizontal, como en la figura 1.1, de acuerdo a Rankine, el *coeficiente de presión activa* de tierra es

$$K_a = \cos \delta \frac{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}} \quad (1.1)$$

y el coeficiente de *presión pasiva* es

$$K_p = \cos \delta \frac{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}} \quad (1.2)$$

Para el caso frecuente donde tenemos una superficie horizontal y por lo tanto $\delta = 0$, para la presión activa tenemos:

$$K_{ah} = \frac{1 - \operatorname{sen} \phi}{1 + \operatorname{sen} \phi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (1.3)$$

y para la presión pasiva

$$K_{ph} = \frac{1 + \operatorname{sen} \phi}{1 - \operatorname{sen} \phi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (1.4)$$

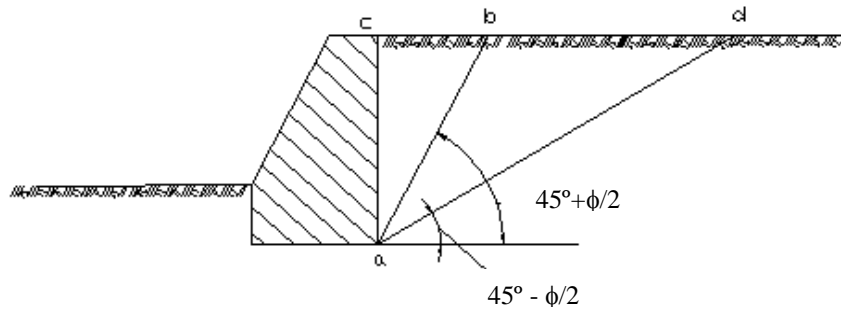


Fig. 1.4 Bases para la determinación de la presión activa y pasiva

Valores indicadores del peso específico del suelo (γ), del coeficiente de fricción con el concreto (f) y el ángulo de fricción interna (ϕ) de tipos de rellenos típicos se encuentran en la tabla 1 de la parte final de este texto, sin embargo lo mas conveniente es obtener estos parámetros de un estudio geotécnico.

Los empujes activos y pasivos se generan con las siguientes ecuaciones:

$$E_a = \frac{1}{2} K_a \gamma_s H^2 \quad (1.5)$$

$$E_p = \frac{1}{2} K_p \gamma_s h^2 \quad (1.6)$$

Los valores de h se encuentran definidos en la figura 1.5.

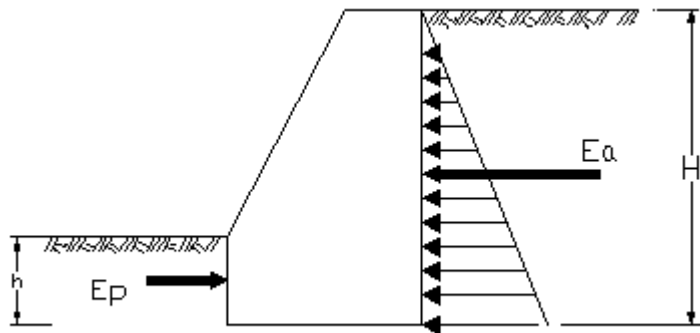


Fig. 1.5 Definición de alturas y empujes activo y pasivo.

La teoría de Rankine es válida sólo para suelos no cohesivos como arenas y gravas, pero con los correspondientes ajustes se puede utilizar también en forma apropiada para suelos arcillosos cohesivos.

Como se puede ver en las ecuaciones anteriores (1.1 a 1.6) la presión de tierra a determinada altura h depende de la inclinación de la superficie δ , del peso unitario γ_s , y del ángulo de fricción ϕ . Los primeros dos parámetros mencionados pueden determinarse fácilmente, cuando tengamos un relleno seco no cohesivo, el valor de ϕ podría determinarse mediante ensayos de laboratorio y luego utilizarse en las fórmulas, sin embargo cuando se tienen arcillas esto es imposible porque sólo una parte de su resistencia la suministra la fricción intergranular, mientras que el resto es debido a la cohesión interna.

2. CONDICIONES DE CARGA

2.1 PRESIÓN DE TIERRA

Este capítulo se enfoca principalmente a explicar de forma general el comportamiento físico de suelos y otras masas granulares, aunque existen otras condiciones de carga como los líquidos y los sólidos. Si se descarga arena desde un nivel superior (por ejemplo una grúa), ésta fluye pero, a diferencia de un líquido sin fricción, no asumirá una superficie horizontal, es decir, mantendrá por sí misma una pila estable cuyos lados conforman un *ángulo de reposo* con la horizontal cuya tangente es casi igual al coeficiente de fricción intergranular

Si se construye un muro en contacto con un sólido, por ejemplo, un corte en roca, no ejercerá presión sobre ésta. Si un muro contiene un líquido como en el caso de un embalse, estará sometido a la presión hidrostática $w_w h$ donde w_w es el peso unitario del agua h es la distancia desde la superficie. De igual manera si un muro vertical contiene suelo, la presión de tierra aumenta en forma proporcional a la profundidad, pero su magnitud es:

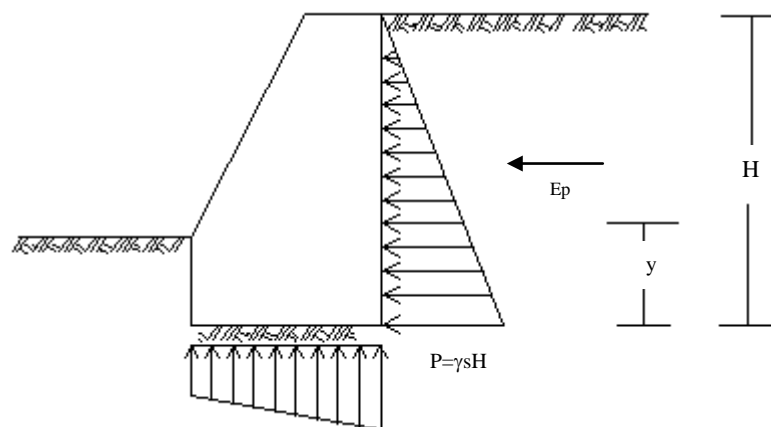
$$P_h = C_0 \gamma_s h \quad (2.1)$$

donde γ_s es el peso unitario del suelo y C_o es una constante conocida como el *coeficiente de presión de tierra en reposo*. El valor de C_o depende no solamente de la naturaleza del relleno, sino también del método de colocación y compactación del mismo.

2.2 SUBPRESION

Las estructuras sumergidas debajo del nivel freático, están sujetas a empujes hacia arriba, llamados *subpresiones*, como se observa en la figura 2.1 además de los empujes laterales, estas suelen ser benéficas debido a que equilibran el peso de la estructura, aliviando la presión neta sobre el suelo.

Sin embargo se pueden presentar problemas cuando las subpresiones exceden el peso de la estructura produciendo una resultante hacia arriba que puede ser equilibrada por la fricción entre las paredes de la estructura y el suelo, y esto puede provocar una flotación de la estructura. El problema se agrava para cimentaciones profundas debido a que estas pueden emerger antes de que se concluya la construcción y actúe el peso completo de la estructura.



SUBPRESION

FIG. 2.1

En el cálculo de presiones de tierra sobre muros, con frecuencia se encuentran tres condiciones de carga:

- 1) Relleno con superficie horizontal en la parte superior del muro (fig. 2.2).
- 2) Relleno con superficie inclinada con pendiente hacia arriba y hacia atrás desde la parte superior del muro (fig. 2.3).
- 3) Relleno con superficie horizontal que soporta una carga adicional uniformemente distribuida (*sobrecarga*) (fig. 2.4).

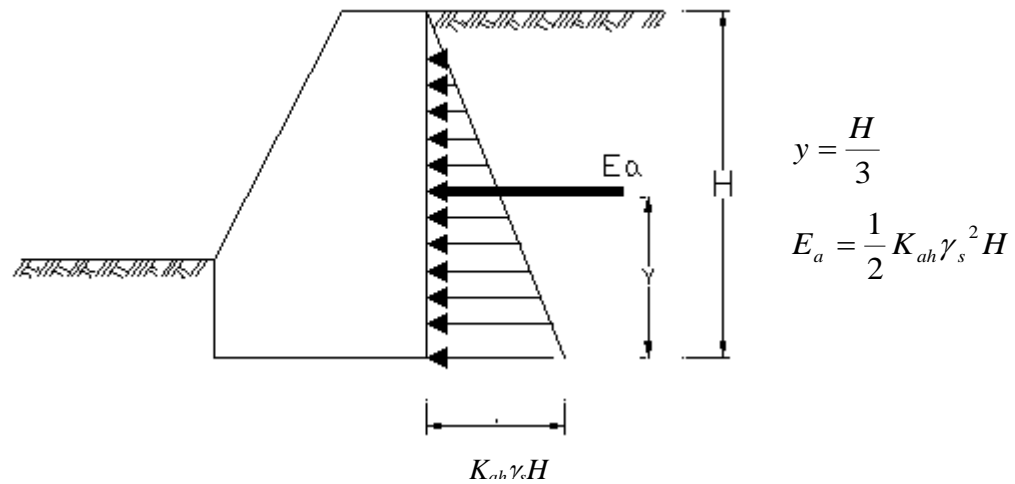


Fig. 2.2 Superficie horizontal

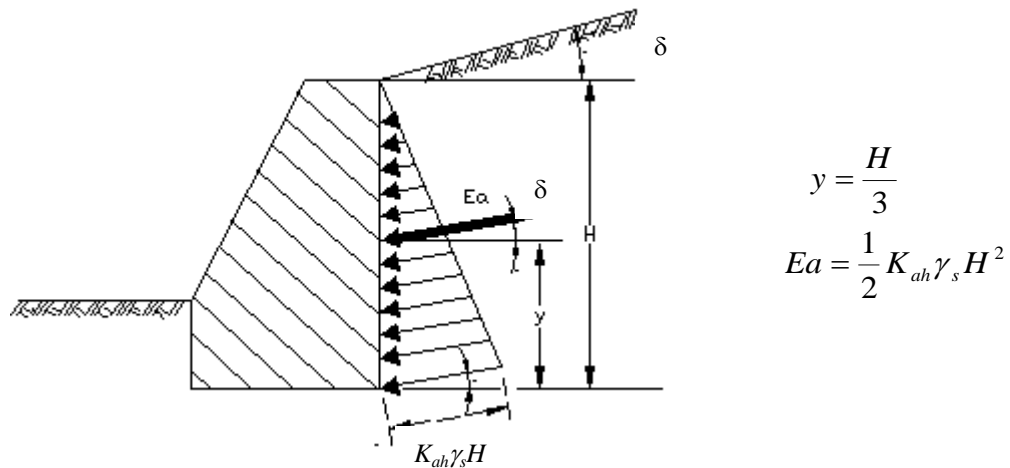


Fig. 2.3 Superficie con pendiente

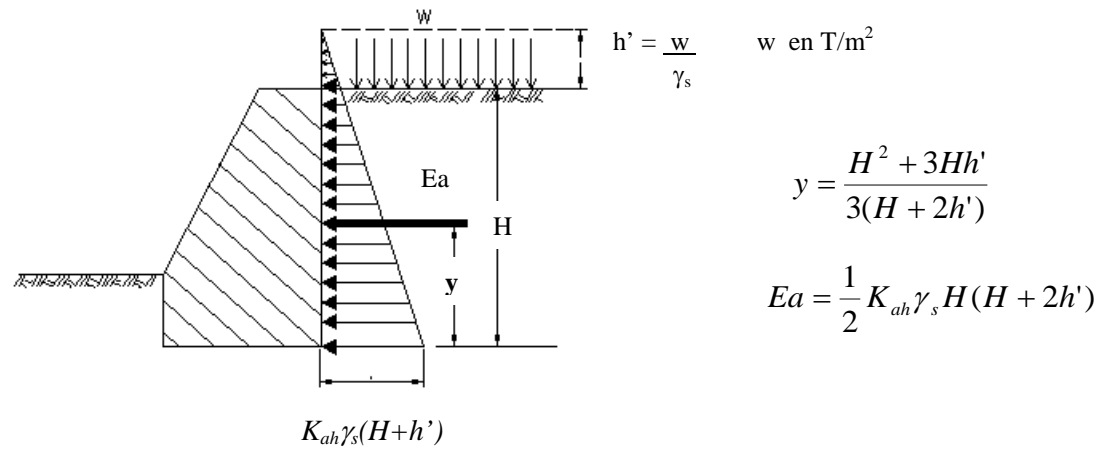


Fig. 2.4 Superficie horizontal con sobrecarga w .

2.3 SOBRECARGA

Un muro de contención puede soportar además de las tierras una acción que sobre éstas esté actuando. Esto se denomina *sobrecarga*; ésta puede actuar de varias maneras, así, puede resultar que actúe en toda la superficie del terreno. Puede actuar paralelamente al muro, en forma oblicua, o bien concentrada en una zona del terreno, como en el caso de una zapata.

El incremento de la presión producido por una sobrecarga uniforme, que es el caso más conocido, y el que se analizará con el software, se calcula convirtiendo esta carga en una altura de tierra equivalente imaginaria h' por encima de la parte superior del muro. Se calcula con la ecuación (2.2):

$$h' = \frac{w}{\gamma_s} \quad (2.2)$$

w en Ton/m²

y midiendo la profundidad hasta determinado punto sobre el muro a partir de esta superficie imaginaria.

El hecho de tener una sobrecarga implicará sustituir el valor de H por $(H + h')$ en las ecuaciones (1.5) y (1.6). Las figuras 2.2 a 2.4 presentan la distribución de presiones para cada caso mostrado en la sección anterior. El empuje total de tierra E_a por metro lineal es evidentemente igual al área bajo la curva de distribución de presiones y su línea de acción pasa por el centroide de la presión. En tales figuras además se presenta información para calcular magnitudes, puntos de aplicación y dirección de E_a para los tres casos.

La presión que el suelo ejerce sobre las paredes del muro de contención aumentan proporcionalmente con la profundidad, definiendo así la presión del suelo como:

$$E_a = K\gamma_s H \quad (2.3)$$

Donde:

K es una constante que depende de las características del suelo

γ_s Peso volumétrico del suelo

H Profundidad del punto a considerar

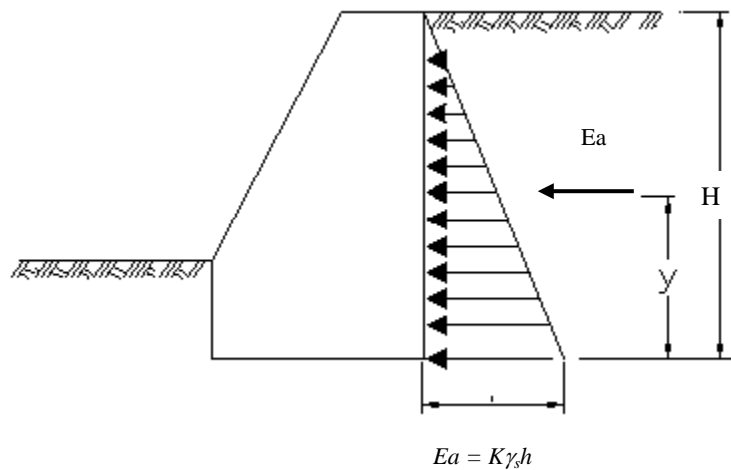


Fig 2.5 Definición del empuje pasivo

2.4 FUERZAS QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO DE UN MURO DE CONTENCIÓN

Peso propio del muro

Esta fuerza actúa en el centro de gravedad de la sección, por lo que puede calcularse subdividiendo la sección en áreas parciales facilitando el cálculo de pesos.

Presión normal de la cimentación

Esta presión se considera como una presión linealmente distribuida, dando lugar a un diagrama trapecial, siendo la resultante de estas la suma de fuerzas verticales que actúa en el centro de gravedad del diagrama de esfuerzos.

Presiones horizontales en el muro o Empuje Activo

El efecto de esta fuerza se presenta como la suma de las fuerzas horizontales del diagrama de fuerzas, su distribución se supone análoga al de las presiones normales en arenas y uniformes en suelos plásticos.

Empuje pasivo

El nivel de desplante de un muro de contención debe colocarse debajo de la zona de influencia de las heladas y a un nivel que garantice la adecuada capacidad de carga del terreno, esta fuerza suele omitirse en los cálculos algunas ocasiones, esto se debe a la incertidumbre en cuanto a su magnitud.

Sobrecargas

Este tipo de fuerzas se consideran uniformemente distribuidas o lineales actuantes sobre el relleno. Dichas fuerzas se deben principalmente a cargas como en el paso de una carretera o cuando existe alguna edificación en la parte superior.

Fuerzas de filtración

En caso de que se permitiera la acumulación de agua detrás del muro, este generaría presiones hidrostáticas sobre él, reduciendo el peso de la tierra debido al efecto del peso específico sumergido. Sin embargo esta condición debe ser evitada colocando drenes que ofrezcan una eliminación eficiente del agua.

Subpresión

Esta fuerza sucede cuando el drenaje bajo el muro no es correcto o ha sufrido alguna falla en su funcionamiento provocando almacenamiento de agua en esta zona, en caso de que la cimentación sea impermeable el agua puede fluir a lo largo de ella sumergiendo al frente del muro en el que pudiera darse el caso de tubificación, en caso de que sea permeable emerge muy poca agua en el frente del muro provocando presiones de agua contra los materiales constituyentes.

Vibraciones

Estas presiones son ocasionadas por el paso de tráfico sobre caminos, ferrocarriles u otras máquinas, incrementado las presiones contra muros cercanos, no es frecuente que estas presiones se tomen en cuenta para el cálculo de muros de contención debido a su pequeñez.

Impacto de fuerzas

Generalmente esta fuerza se debe al movimiento de vehículos provocando impacto sobre el relleno del muro, el cual es amortiguado rápidamente por el propio relleno por lo que no suele tomarse en cuenta.

Fuerzas sísmicas

El efecto de los movimientos sísmicos puede ser el aumento de la presión lateral en un lapso de tiempo corto contra el muro, este efecto es necesario considerarse en el cálculo de los muros; en zonas críticas suele tomarse como un 10 % de los empujes calculados.

Sobrecargas concentradas

Este tipo de sobrecargas pueden ser debidas a zapatas de cimentaciones, cuando es necesario realizar alguna construcción de nave industrial o cualquier otra que requiera la construcción de este tipo de elementos.

En el software se consideran siguientes fuerzas:

- a) Presión normal en la cimentación
- b) Empuje Activo
- c) Empuje Pasivo
- d) Sobrecarga, si es el caso.
- e) Fuerza sísmica, si se elige esta opción

3. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO.

Un muro puede fallar de dos maneras, diferentes la primera es que las partes individuales pueden no ser suficientemente fuertes para resistir las fuerzas que actúan y la segunda es que el muro como un todo, puede desplazarse por la presión de la tierra sin que se presente una falla interna.

Para diseñar por la primera posibilidad se requiere determinar las dimensiones, espesores y refuerzos necesarios para resistir los momentos y los cortantes; este procedimiento no es diferente al utilizado para realizar cálculos de otros elementos de concreto.

Para el segundo caso, es decir, para prevenir los desplazamientos globales se requieren consideraciones especiales y es lo que se tratará en las siguientes líneas:

3.1 REQUISITOS PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

Para garantizar la estabilidad global o externa de un muro de contención se deben cumplir los siguientes puntos:

- a) *Que el muro no se pueda voltear.*
- b) *Evitar el deslizamiento horizontal de la estructura.*
- c) *Que no se sobrepase el esfuerzo admisible del suelo.*

De acuerdo a las teorías que se analizaron en capítulos anteriores se determinan los empujes activos y pasivos y con referencia en la figura 1.5 se tiene:

$$\text{Empuje activo: } E_a = \frac{1}{2} K_a \gamma_s H^2 \quad (3.1)$$

$$\text{Empuje pasivo: } E_p = \frac{1}{2} K_p \gamma_s h^2 \quad (3.2)$$

Para revisar la estabilidad de la estructura se llevara a cabo un análisis en el cual los factores de seguridad para volteo y deslizamiento deberán ser mayores a 1.5 y que la presión ejercida por toda la estructura no sobrepase el esfuerzo admisible del suelo.

3.2 FALLA POR VOLTEO

Todo muro tiende a volcar por la arista de la base, este volteo se debe a la componente horizontal del empuje activo. Para analizar un muro contra volteo se debe asegurar que el

cociente entre el momento resistente y el momento actuante tomados con respecto al punto A de la figura 3.1, sea mayor a 1.5.

Para mostrar el cálculo del momento de volteo, se toma como caso general el muro de la figura 3.1 por lo que tenemos:

Momento actuante:

$$M_{act} = E_a y_a - E_p y_p \quad (3.3)$$

$$M_{act} = E_a \left(\frac{H}{3} \right) - E_p \left(\frac{h}{3} \right) \quad (3.4)$$

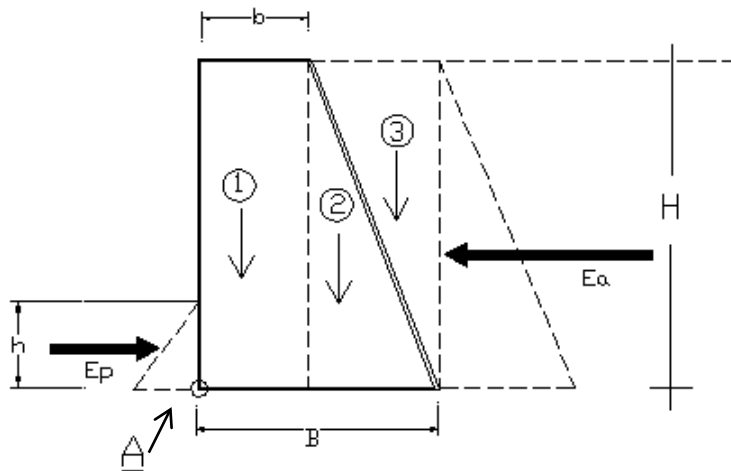


Fig. 3.1 Muro de gravedad

Y el momento resistente se calcula con la siguiente ecuación tomando los momentos con respecto al punto A:

$$M_{Res} = \sum W_i X_i \quad (3.5)$$

Donde :

W Peso de la figura que se calcula

X Distancia del centroide de la figura al punto a calcular (A).

Para calcular el momento resistente del muro se divide éste en 3 secciones o figuras, por lo tanto el momento para el muro es el siguiente:

$$M_{Res} = W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3 \quad (3.6)$$

Los pesos para cada figura o sección en la que se dividió el muro son los siguientes:

$$W_1 = b(H)\gamma_m \quad (3.7)$$

$$W_2 = \frac{(B-b)(H)\gamma_m}{2} \quad (3.8)$$

$$W_3 = \frac{(B-b)(H)\gamma_s}{2} \quad (3.9)$$

Y para el caso de las distancias de los centroides al punto de referencia de cada una de las figuras se tienen las siguientes ecuaciones:

$$X_1 = \frac{b}{2} \quad (3.10)$$

$$X_2 = \frac{(B-b)}{2} + b \quad (3.11)$$

$$X_3 = (B - b) \frac{2}{3} + b \quad (3.12)$$

Al sustituir las ecuaciones (3.7) a (3.12) en la ecuación (3.6) se tiene:

$$M_{Res} = \frac{1}{2} b^2 H \gamma_m + \frac{1}{6} H (B - b) (B + 2b) \gamma_m + \frac{1}{6} (B - b) (2B + b) H \gamma_s \quad (3.13)$$

Donde

b longitud del borde superior

B Base del muro

H Altura total del muro

γ_m Peso específico de la mampostería

γ_s Peso específico del suelo

El factor de seguridad se obtiene dividiendo el momento resistente entre el momento actuante:

$$\frac{M_{Res}}{M_{act}} \geq 1.5 \quad (3.14)$$

Si el factor de seguridad resulta menor que 1.5 se tienen que tomar medidas para que se pueda cumplir este requisito, una de ellas es hacer un muro más grueso y por lo tanto de más peso o incrementar solo el ancho de la base.

3.3 FALLA POR DESLIZAMIENTO

Un muro puede desplazarse conjuntamente con la masa del suelo que descansa sobre su base debido al empuje de tierra Ea mediante un deslizamiento horizontal. Este deslizamiento es resistido por fricción entre el suelo y la zapata. Para que no se produzca este movimiento, las fuerzas que resisten al deslizamiento deben ser mayores a aquellas que tienden a generarlo, se recomienda tener un factor de seguridad mayor a 1.5.

Con respecto a la figura 3.1 se calcula primero el peso total de la estructura:

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 \quad (3.15)$$

La fuerza de fricción es:

$$F_f = f W_T \quad (3.16)$$

Donde:

f es el coeficiente de fricción entre el concreto y el suelo.

Y el factor de seguridad se calcula con la siguiente ecuación:

$$\frac{E_p + F_f}{E_a} \geq 1.5 \quad (3.17)$$

En algunos casos no se considera el empuje pasivo ya que este representa una fuerza adicional, sin embargo para tomarla en cuenta se debe asegurar un adecuado funcionamiento de esta resistencia adicional. Si estas condiciones no se cumplen es mejor no confiar en la resistencia adicional de la presión pasiva.

Si la resistencia al deslizamiento que se exige no puede desarrollarse de esta manera, se recomienda utilizar un dentellón en la base para que de esta manera se pueda evitar el movimiento de la estructura. Si esto no es posible, entonces es necesario modificar algunas dimensiones para incrementar el peso de la estructura y así aumentar el factor de seguridad.

3.4 FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA

La resultante del peso y el empuje vertical producen sobre el terreno una presión que en ningún momento puede ser mayor que la presión admisible del terreno. El valor de esta presión admisible es diferente para cada tipo de terreno.

Primero se debe calcular la posición de la resultante a , que se define como la distancia desde el borde delantero b , (ver figura 3.2) hasta la intersección de la fuerza resultante con el plano base, es decir, la posición de la resultante. Y se calcula de la siguiente manera:

$$a = \frac{M_{Res} - M_{act}}{W_T} \quad (3.18)$$

A partir de la ecuación anterior, si la resultante se encuentra dentro del tercio medio $\left(a > \frac{B}{3}\right)$, esfuerzos de compresión actuarán a través de toda la sección y las presiones máximas y mínimas se pueden calcular a partir de las ecuaciones que se muestran en la figura (3.2):

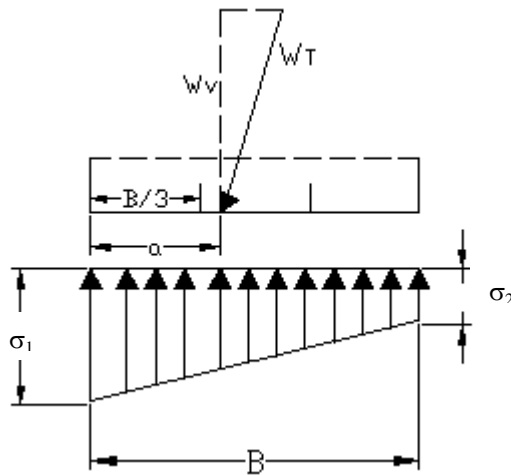


FIG. 3.2 Presión cuando la resultante está en el tercio medio

Por otro lado, si la resultante se localizara justo en el borde del tercio medio $\left(a = \frac{B}{3}\right)$ la distribución de presiones es como aparece en la figura (3.3) y la ecuación se convierte en la fórmula (3.24).

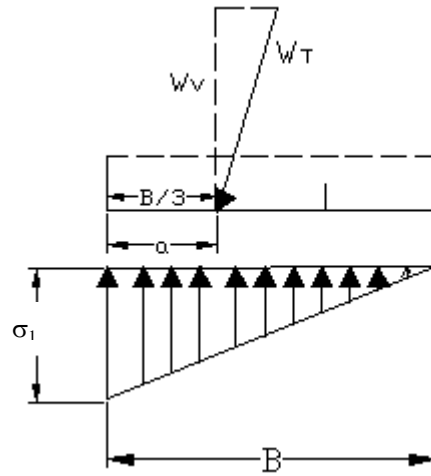


FIG. 3.3 Presión si la resultante se encuentra en el borde del tercio medio

Y un tercer caso es que si la resultante se localiza fuera del tercio medio $\left(a < \frac{B}{3}\right)$ la ecuación indicaría tensión del punto a . Dado que no pueden desarrollarse esfuerzos de tensión entre el suelo y la zapata de concreto que simplemente descansa sobre él. Si esto llegará a suceder, se desarrollaría la distribución de presiones que se muestra en la figura 3.4 y esto implica un ligero levantamiento de la parte posterior de la zapata con respecto al suelo.

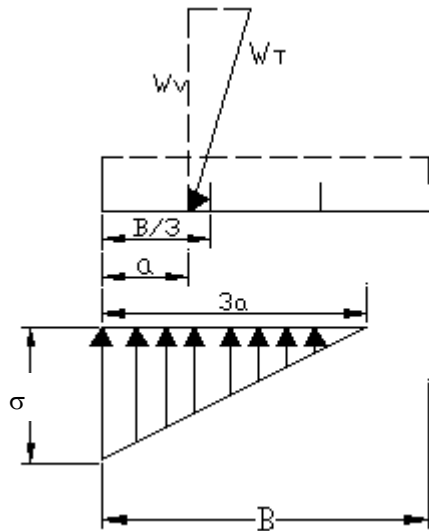


Fig. 3.4 Presión cuando la resultante está fuera del tercio medio

Es recomendable tratar de que la resultante se localice dentro del tercio medio ya que esto provocaría que se reduzca la magnitud de la presión de contacto máxima o que estas sean demasiado elevadas.

También hay que considerar que si el muro se encuentra cimentado en un suelo bastante compresible, como en arcilla, una distribución como la de la figura 3.4 produciría un asentamiento mayor en la punta que en el talón y por consiguiente una inclinación del muro. Por lo tanto si la cimentación se encuentra en este tipo de suelo la resultante deberá caer dentro o muy cerca del centro de la zapata.

Si la cimentación está sobre suelo altamente incompresible, como roca o una grava bien compacta, se puede permitir que la resultante caiga por fuera del tercio medio

Para los casos de las figuras (3.2) y (3.3) se puede aplicar la formula de la escuadría:

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{My}{I} \quad (3.20)$$

El esfuerzo máximo se obtiene con la expresión siguiente:

$$\sigma_{act} = \frac{W_T}{B} + \frac{6M_{Act}}{B^2} \quad (3.21)$$

Para el caso de la figura (3.2), es decir cuando la posición de la resultante se encuentra en el tercio medio, se obtienen los siguientes esfuerzos

$$\sigma_1 = (4B - 6a) \frac{W_v}{B^2} \quad (3.22)$$

$$\sigma_2 = (6a - 2B) \frac{W_v}{B^2} \quad (3.23)$$

Para el caso de la figura 3.3, con la posición de la resultante en el borde del tercio medio se tiene la siguiente ecuación:

$$\sigma_1 = \frac{2W_v}{B} \quad (3.24)$$

$$\sigma_2 = 0$$

Y cuando a se encuentra fuera del tercio medio (fig. 3.4), los esfuerzos se calculan de la siguiente forma:

$$e = \frac{M_{Act}}{W_T} \quad (3.25)$$

$$x = \frac{M_r}{W_T} \quad (3.26)$$

$$a = (x - e) \quad (3.27)$$

$$\sigma = \frac{2W_v}{3a} \quad (3.28)$$

Las ecuaciones (3.22), (3.24) y (3.28) deben ser menores que el esfuerzo admisible del suelo, ya que si esto no sucede provocaría asentamientos de la estructura. La condición para la revisión de la estabilidad sería la siguiente:

$$\sigma_{Act} < \sigma_{Adm} \quad (3.29)$$

Si la condición anterior no se llegará a cumplir, se debería incrementar la base de la zapata para que de esta manera se puedan disminuir los esfuerzos actuantes.

3.5 DISEÑO DEL REFUERZO EN MUROS DE CONCRETO

Los muros de concreto se tienen que analizar de manera especial ya que se tiene que revisar cada una de sus componentes: pared o muro y zapata (talón y pie).

Debido a que las partes individuales también deberán tener un diseño para resistir los esfuerzos provocados por la presión del terreno y las fuerzas cortantes en esta parte se mostrarán las ecuaciones para realizar el análisis.

Todas las ecuaciones se toman de las Normas Técnicas Complementarias Para diseño y construcción de estructuras de concreto del Reglamento de Construcciones para el D.F. (NTCDF), aprobadas en octubre de 2004.

Para calcular la resistencia a flexión que la sección puede tomar, ya sea pared, pie o talón, se considerará una sección rectangular sin acero de compresión la cual se calcula con la siguiente expresión:

$$M_R = F_R b d^2 f_c'' q (1-0.5q) \quad (3.30)$$

donde

$$q = \frac{pf_y}{f_c} \quad (3.31)$$

$$p = \frac{A_s}{bd} \quad (3.32)$$

$$F_R = 0.9$$

Para analizar la resistencia a cortante, en elementos anchos como losas, zapatas y muros en los que el ancho b no sea menor que cuatro veces el peralte efectivo, d , la fuerza resistente V_{Cr} puede tomarse igual a:

$$0.5F_R bd \sqrt{f_c^*} \quad (3.33)$$

independientemente de la cuantía de refuerzo. Se debe asegurar que el refuerzo para flexión debe estar adecuadamente anclado a ambos lados de los puntos en que cruce a toda posible grieta inclinada causada por la fuerza cortante; en zapatas con sección constante para lograr este anclaje basta con suministrar en los extremos de las barras dobleces a 90 grados seguidos de tramos rectos de longitud no menor que 12 diámetros de la barra.

Según el criterio de estados límite de falla, las estructuras deben dimensionarse de modo que la resistencia de diseño de toda sección con respecto a cada fuerza o momento interno que en ella actúe, sea igual o mayor que el valor de diseño de dicha fuerza o momento internos.

Las resistencias de diseño deben incluir el correspondiente factor de resistencia, F_R , que para flexión será de 0.9 y para cortante 0.8. Las fuerzas y momentos internos de diseño se obtienen multiplicando por el correspondiente factor de carga y que en este caso se tomará como 1.5.

Se debe tomar en cuenta que si la cuantía de acero p es menor a la expresión siguiente se debe tomar el valor obtenido con la ecuación (3.34):

$$p_{\min} = \frac{0.7\sqrt{f'c}}{f_y} \quad (3.34)$$

El acero de refuerzo se calculará despejando A_s de la ecuación (3.32), después de calcular el área de acero se calcula el número de varillas que se necesitan con un tipo de barra (del 3 al 12, fabricadas en México):

$$N^{\circ}Var = \frac{A_s(\text{Calculado})}{A_s(\text{De la barra elegida})} \quad (3.35)$$

La separación de las varillas se calcula con la siguiente ecuación:

$$separación = \frac{100}{N^{\circ}Var} \quad (3.36)$$

De esta manera se obtiene el acero de refuerzo y se analiza el comportamiento de las partes componentes de la estructura.

4. MANUAL DEL USUARIO

En este capítulo se dará una explicación del funcionamiento del programa *SOFT MC*, en el cual se analiza la estabilidad de muros de contención de gravedad y en el caso de muros de concreto, conjuntamente con el análisis de la estabilidad se realiza el diseño del acero de refuerzo.

El programa se presenta en disco compacto y contiene la carpeta “*SOFT MC*” en la cual se encuentra el archivo de instalación “*setup*”, se abre dicho archivo y se siguen los pasos, dando aceptar en los cuadros de diálogo que se muestran. Existe un cuadro como el que se muestra en la figura 4.1 en el cual se tiene que especificar la carpeta en la que se instalará el programa, es necesario crear una carpeta o la otra opción es que coloque el archivo en una carpeta existente.

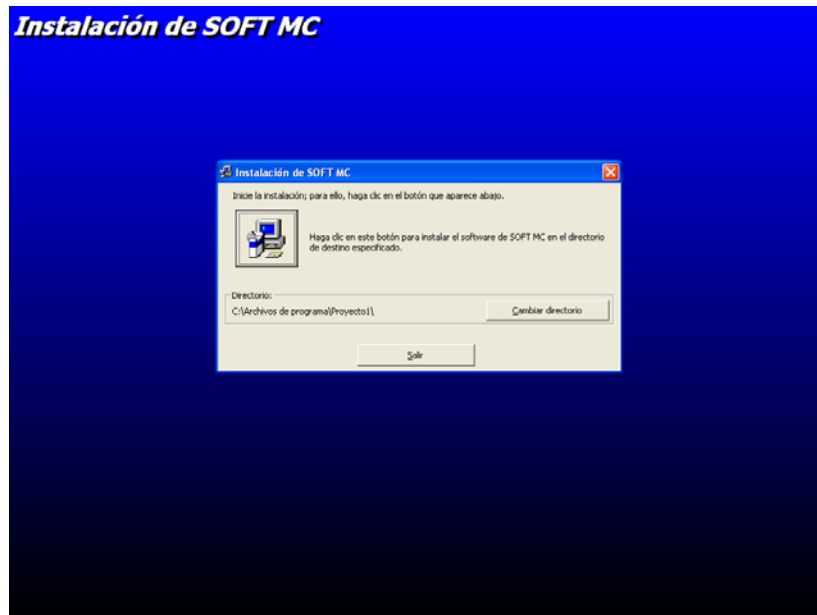



Figura (4.1) Selección de la carpeta donde se colocará el archivo ejecutable de *SOFT MC*.

Para que *SOFT MC* funcione no es necesario tener instalado el programa de *Visual Basic*, ya que al instalar el programa se instalará también el archivo ejecutable.



Ya instalado el archivo, se podrá ubicar con este icono . La primera pantalla que se visualiza es la de la figura (4.2), la cual sólo indica el inicio del programa. En la parte superior existen dos opciones (*Archivo* y el signo ?), figura 4.3, en *Archivo* se localizan dos opciones *continuar* y *salir*, y el signo (?) muestra el cuadro *Acerca de...* en el cual aparecerá información general de *SOFT MC*.

Una opción que presenta el software es el uso de los comandos rápidos, los cuales funcionan con las teclas abreviadas (Alt + letra subrayada), la función que tienen éstos que se puede utilizar el teclado y no sólo el “ratón”. Un ejemplo se muestra en la imagen de la figura (4.2) ya que la tecla abreviada para el botón “Salir” es Alt + S.



Figura 4.2 Menú principal

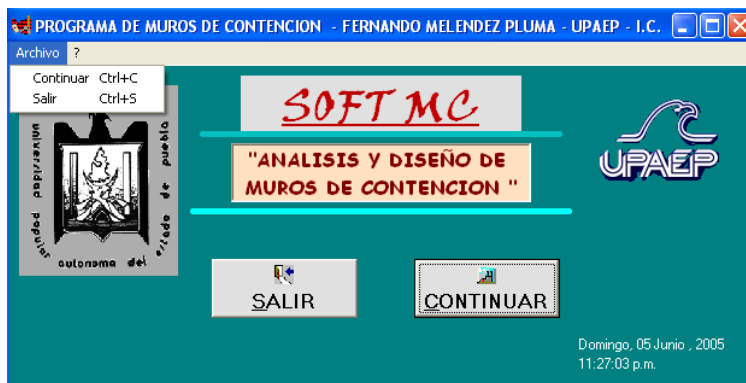


Figura 4.3.1



Figura 4.3.2

Después oprimir el botón “CONTINUAR”, la imagen que aparecerá será la mostrada en la figura 4.4, en la cual se encuentran las opciones para elegir el tipo de muro, se podrá elegir entre muros de mampostería o de concreto, además de que se cuenta con tres opciones de suelo en la superficie superior (horizontal, inclinada o sobrecarga).

Cada vez que se seleccione el tipo de muro, la imagen cambiará de color, además de que la parte superior de los botones aparece una etiqueta donde se muestra textualmente el tipo de muro que se ha seleccionado y el tipo de terraplén.

Después de que se haya seleccionado el tipo de muro, basta con pulsar la tecla “Enter” del teclado además de que se podrá ingresar a la siguiente pantalla mediante el uso del *ratón* y dando clic en el botón “Aceptar” o con el comando rápido de las teclas abreviadas que en este caso es (Alt + A).



FIGURA 4.4. Selección del tipo de muro

Al seleccionar el tipo de muro y dar “Aceptar”, aparecerá un mensaje con el título *SOFT MC* el cual pedirá al usuario que introduzca el nombre de la obra o el nombre del ejercicio que se va a realizar para que se identifiquen los datos cuando se realice la impresión final. Si se desea no introducir texto alguno, no existe inconveniente si se deja el espacio en

blanco o si se pulsa “Cancelar”. La imagen que aparecerá será la mostrada en la figura siguiente (4.5).

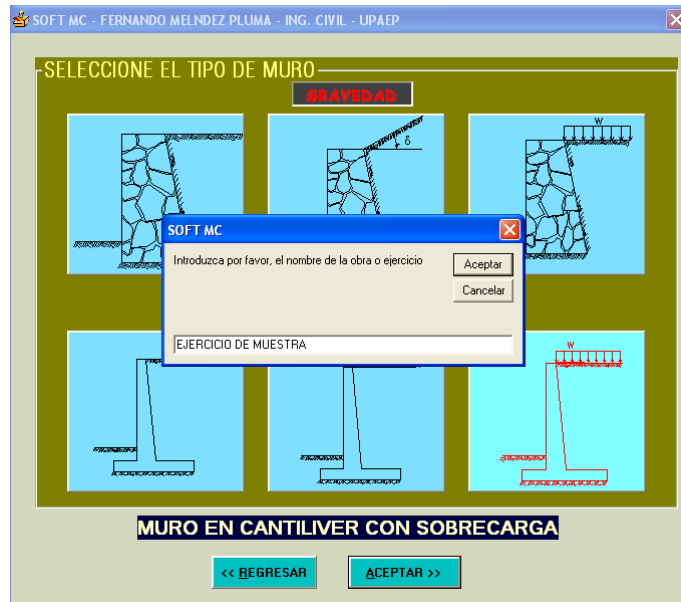


Figura 4.5. Introducción del nombre de la obra

Para trabajar con un muro de mampostería o gravedad, la imagen que se mostrará será la presentada en la figura 4.6, la cual pide las dimensiones de la estructura, el tipo de suelo y datos generales. Es necesario poner énfasis en el cuadro de “Empuje Pasivo” ya que se puede tomar en cuenta al realizar el cálculo u omitirlo. Sin embargo, esta consideración se verá reflejada en la revisión de la estabilidad ya que los factores de seguridad para volteo y deslizamiento no serán los mismos.

Cuando se selecciona un suelo de los indicados en la lista, aparecerán unos valores propuestos, sin embargo estos, se tomarán a criterio del usuario, ya que los datos dependen fundamentalmente de un estudio de mecánica de suelos.

The screenshot shows a software window titled "MURO DE GRAVEDAD CON SUPERFICIE HORIZONTAL". The interface includes the following elements:

- Top Section:** A dropdown menu labeled "SUELO EN EL TERRAPLEN:" with the text "SELECCIONA EL TIPO DE SUELO".
- Input Fields:**
 - PESO ESPECIFICO DEL TERRAPLEN (Ton/m³)
 - ANGULO DE FRICCION INTERNA
 - COEFICIENTE DE FRICCION ENTRE SUELO Y MURO
 - SUELO DEL RELLENO: SELECCIONA EL TIPO DE SUELO
 - PESO ESPECIFICO DEL RELLENO (Ton/m³)
 - ALTIMA TOTAL DEL MURO (H) (mts)
 - PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (h) (mts)
 - CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO (Ton/m²)
 - PESO ESPECIFICO DE LA MAMPOSTERIA (T/m³)
 - BORDE SUPERIOR (b) (mts)
 - BASE (B) (mts)
- Diagram:** A cross-sectional diagram of a gravity wall on the right side. It shows a wall with a top width 'b', a base width 'B', and an embedment depth 'h'. The total height is labeled 'Altura total (H)'. The diagram is set against a cyan background.
- Options:**
 - A section titled "INCREMENTAR FUERZA SISMICA" with radio buttons for "SI" (selected) and "NO".
 - A section titled "CONSIDERAR EMPUJE PASIVO" with radio buttons for "SI" (selected) and "NO".
- Buttons:** At the bottom, there are three buttons: "<< REGRESAR", "CALCULAR", and "IMPRIMIR".

Figura 4.6 Formato para la introducción de datos en el muro de gravedad con sobrecarga

En esta pantalla al introducir los datos y elegir el botón “Calcular”, aparecerá un cuadro de la revisión de la estabilidad, si es que se aceptan los valores de salida mostrados se puede imprimir dichos datos, si es que se desea modificar algún valor el usuario lo hará sin problema alguna e interactuar las veces que así lo desee.

Al terminar de trabajar en esta pantalla, se podrá oprimir el botón “Regresar” y se mostrará de nuevo la imagen (4.4). Si se desea salir del programa simplemente se elige el botón salir y volverá a la ventana abierta antes de comenzar a trabajar con *SOFT MC*.

Para el caso de muros de concreto la figura (4.7) muestra el formato para introducir los datos para un muro con sobrecarga, en la imagen se encuentran los datos para un muro. Al igual que en el muro de gravedad, en esta pantalla se da la opción al usuario de elegir si desea considerar el empuje pasivo o no, esto debido a que se debe analizar por parte del ingeniero si este empuje estará actuando siempre o sólo temporalmente para no afectar la estabilidad de la estructura y que esta pueda a fallar por omitir este análisis.

Dentro del programa existe una opción, la cual pregunta al usuario si desea considerar el incremento de carga debido a fuerzas sísmicas, si es el caso, sólo hay que seleccionar la opción “Si” dentro del cuadro, que se muestra dentro de la figura 4.7.

Si es que por error el usuario olvidó introducir algún valor o dato y oprime el botón “Calcular”, SOFT MC mostrará un cuadro de advertencia y se tendrá que introducir dicho dato, sino el programa no podrá ejecutarse y no podrá continuar trabajando.

MURO DE CONTENCIÓN EN CANTILVER CON SOBRECARGA

SUELO EN EL TERRAPLEN: Arena limosa, arena y grava con alto contenido de limo

PESO ESPECIFICO DEL TERRAPLEN (Ton/m³) 1.9 **1.8 - 1.9** COEFICIENTE DE FRICCIÓN ENTRE SUELO Y MURO 0.5

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA 30 **23 - 30*** 0.3 - 0.4

SUELO DEL RELLENO: Arenas y gravas con cierto contenido de limos

PESO ESPECIFICO DEL RELLENO (Ton/m³) 1.9 **1.9 - 2.1**

CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO (Ton/m²) 20 PESO ESPECIFICO DEL CONCRETO (T/m³) 2.4

SOBRECARGA (W) (Ton/m²) 1.5

DIMENSIONES (metros)

ALTURA TOTAL DEL MURO (H) 3.5 BORDE SUPERIOR 0.3

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (h) 1 ALTURA DE ZAPATA 0.5

PIE = 1.4 BASE MURO = 0.6 TALON = 1.4

Resistencia del concreto f_c (kg/cm²) 250

Esfuerzo de fluencia del acero f_y (kg/cm²) 4200

CONSIDERAR EMPUJE PASIVO SI NO

INCREMENTAR FUERZA SISMICA SI NO

<< REGRESAR CALCULAR

Figura 4.7 Introducción de datos para un muro de concreto con sobrecarga

Cuando se haya completado la introducción de valores se oprime el botón “Calcular” y el programa abrirá otro formato como el mostrado en la figura 4.8, en el cual se indicarán los resultados de la revisión de la estabilidad de la estructura.

ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD

REVISIÓN DE SEGURIDAD

VOLTEO	3.00	CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>	> 1.5
DESPLAZAMIENTO	1.86	CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>	> 1.5
ESF. DEL SUELO	11.7	CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>	< 20 Ton

<< REVISAR IMPRIMIR INFORMACION >>

Figura 4.8

En este caso, si es necesario modificar alguna dimensión debido a que alguno de los factores de seguridad o el esfuerzo del suelo sea demasiado elevado, se tiene que oprimir el botón “Revisar” para que se regrese a la pantalla anterior (Figura 4.7) y se interactúe con las dimensiones de la estructura para tener una estabilidad aceptable.

De igual manera en la figura 4.8 se muestra un botón que dice “Información” en este caso si se oprime dicho botón el programa mostrará un cuadro de sugerencias y notas, esto debido a que alguno de los factores de seguridad no se cumplen o a información del empuje pasivo.

La Figura 4.9 indica datos que se podrían presentar en el caso de que se oprima el botón “Información” de la figura anterior. También hay que notar que estas recomendaciones se muestran debido a que los factores son muy bajos y el esfuerzo en el suelo es demasiado alto. Además de que indica el estado del empuje pasivo y de la fuerza sísmica.

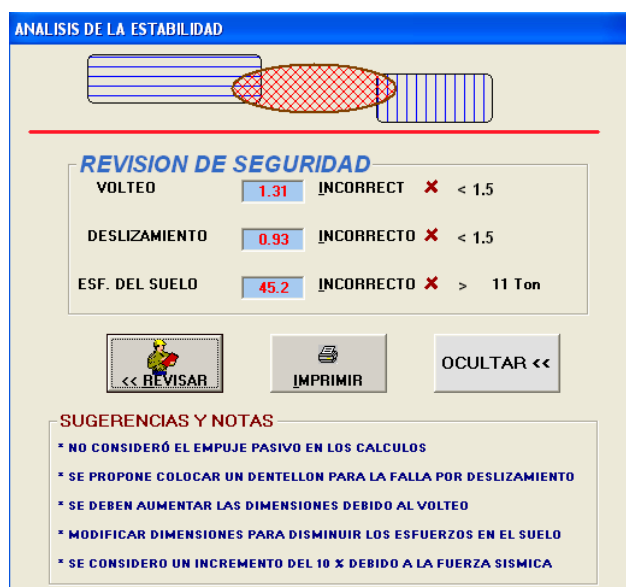


Figura 4.9

Para volver a la imagen 4.8, basta con oprimir el botón “Ocultar” para que el cuadro desaparezca.

En caso de que las dimensiones del muro sean correctas y la estabilidad es aceptada se puede imprimir un informe de datos del muro, el informe además del análisis de cada una

de las partes que componen el muro, como lo es: pared, talón y pie; incluye una propuesta del detallado del refuerzo, esto mediante un diagrama y una tabla, los cuales se observan en las figuras siguientes, en la figura 4.10 se muestra el formato de presentación de la propuesta del acero de refuerzo.

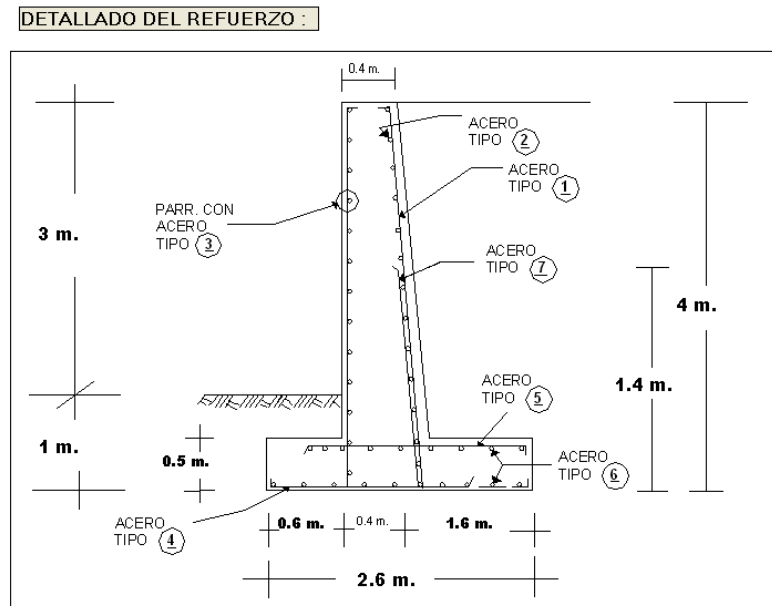


Figura 4.10 Formato de impresión para el acero de refuerzo

ACERO DE REFUERZO

VARILLA #	Area de la Barra	SEPARACION DEL ACERO (X)						
		01	02	03	04	05	06	07
3	0.71	13.85	11.83	11.83	6.846	6.846	9.466	13.85
4	1.27	24.78	21.16	21.16	12.24	12.24	16.93	24.78
5	1.98	38.64	33	33	19.09	19.09	26.4	38.64
6	2.85	55.62	47.5	47.5	27.48	27.48	38	55.62
8	5.07	98.95	84.5	84.5	48.88	48.88	67.6	98.95
10	7.92	154.5	132	132	76.36	76.36	105.6	154.5
12	11.40	222.5	190	190	109.9	109.9	152	222.5
Ro =		3.013	0.003	0.003	2.357	2.357	0.003	3.013
As requerida =		10.24	6	6	10.37	10.37	7.5	10.24

Figura 4.11 Separación y tipo de barra del acero de refuerzo

Una propuesta del acero de refuerzo se indica en la figura 4.11, la cual contiene el diámetro de la varilla, y la separación para el acero según el diagrama de la figura 4.10. Es primordial comentar que tanto el análisis y el diseño del muro se realiza por metro de ancho (ancho unitario).

Una parte importante que se tiene que considerar, es que si la altura de los bastones del acero tipo 7, es igual a cero, esto significa que dichos bastones no son necesarios en este muro y que el acero tipo 1, es suficiente ya que soporta el momento flexionante.

Cuando haya finalizado en analizar todos sus muros, lo que tiene que hacer para salir del programa es dirigirse al menú principal, es decir, a la imagen mostrada en la figura 4.2. y para llegar a dicha pagina lo que tiene que hacer es oprimir los botones de “Regreso” y cuando haya oprimido el botón “Salir”, se aparecerá la imagen de la figura (4.12), la cual preguntará si en verdad desea salir del programa si es así pulse “Aceptar”, si es que prefiere regresar al menú principal tendrá que oprimir el botón “Cancelar”.

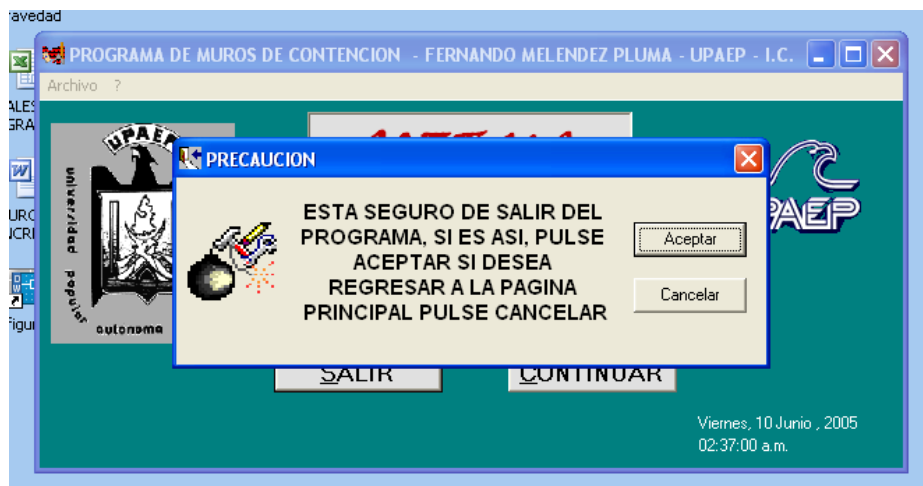


Figura 4.12

Durante el funcionamiento del programa se aparecen varios mensajes, los cuales indicarán errores en el análisis o que existan datos o valores incoherentes. Si esto llega a ocurrir se tiene que ver donde se encuentra el error y modificarlo.

Este manual es general por lo que el funcionamiento completo del programa el usuario lo visualizará cuando trabaje en el software *SOFT MC*.

Cabe hacer mención que el programa se ha revisado en su proceso, pero no se garantiza que se encuentre libre de errores.

Es responsabilidad del usuario la aplicación del programa y la interpretación de los resultados. El uso de este programa será por parte de ingenieros familiarizados en con el proceso de análisis y diseño estructural.

5. APLICACIONES

Para comprobar el buen funcionamiento del software, en este capítulo se presentan dos ejemplos, el primero un muro de gravedad con las ecuaciones paso por paso y posteriormente se comparan los resultados con los arrojados por el programa SOFT MC y el segundo es un muro de concreto hecho con el software. En los dos ejemplos se hacen dos análisis, con y sin fuerza sísmica.

Ejemplo 1

Un muro de gravedad va a contener un terreno de 3.5 m de altura y la superficie en la parte superior es horizontal, el suelo es una mezcla de arena y grava, con cierto contenido de finos (Partículas de limo). Las características de este suelo son las siguientes:

Peso volumétrico del material = $1\ 900\ \text{kg/m}^3$

Angulo de fricción interna $\phi = 30^\circ$

Coefficiente de fricción entre suelo y muro $f = 0.5$

La capacidad de carga admisible en el suelo es de 20 T/m^2 y el suelo es de baja compresibilidad.

El peso volumétrico de la mampostería de piedra del muro se considera igual a 2.2 T/m^3 .

Las dimensiones del muro son las mostradas en la figura 5.1:

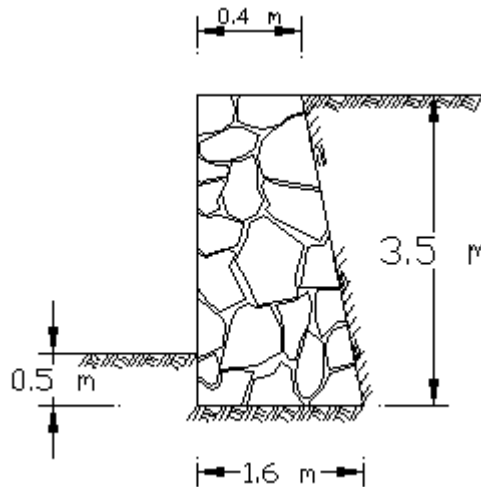


Figura 5.1

Se calculan los empujes Activo y Pasivo

$$\text{Sen } \phi = \text{sen } 30^\circ = 0.5$$

$$\text{Activo} \quad K_a = \frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi} = \frac{1 - 0.5}{1 + 0.5} = \frac{0.5}{1.5} = 0.333$$

$$\text{Pasivo} \quad K_p = \frac{1 + \text{sen } \phi}{1 - \text{sen } \phi} = \frac{1 + 0.5}{1 - 0.5} = \frac{1.5}{0.5} = 3.0$$

Se revisan las dimensiones propuestas para que el muro cumpla con los requisitos de estabilidad:

- Volteo

- Deslizamiento
- Esfuerzos en el suelo

A partir del siguiente diagrama se calculan los pesos y las dimensiones para determinar los valores para los factores de seguridad:

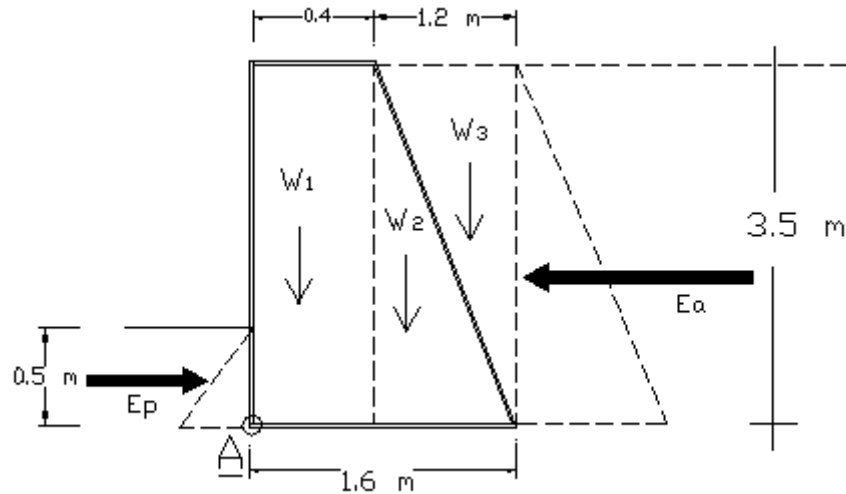


Figura 5.2

Calcular los empujes Activo y Pasivo, por metro de ancho de muro:

$$E_a = \frac{1}{2} K_a \gamma_s H^2 = \frac{1}{2} (0.333)(1.9)(3.5)^2 = 3.875 \text{ Ton}$$

$$y_a = \frac{1}{3} H = \frac{1}{3} (3.5) = 1.167 \text{ m}$$

$$E_p = \frac{1}{2} K_p \gamma_s h_1^2 = \frac{1}{2} (3)(1.9)(0.5) = 0.712 \text{ Ton}$$

$$y_p = \frac{1}{3} h_1 = \frac{1}{3} (0.5) = 0.167 \text{ m}$$

VOLTEO

Se calcula el momento actuante y el resistente para obtener el factor de seguridad contra el volteo.

$$M_{act} = E_a y_a - E_p y_p = 3.87(1.167) - 0.712(0.167) = 4.402 \text{ T-m}$$

Calculo del *Momento resistente*:

	W (T)	x (m)	M_R (T-m)
$W_1 = (0.4)(3.5)(2.2)(1.0) =$	3.08	0.2	0.616
$W_2 = \frac{(1.2)}{2} (3.5)(2.2)(1.0) =$	4.62	0.8	3.696
$W_3 = \frac{1.2(3.5)(1.9)(1)}{2} =$	3.99	1.2	4.788
$\Sigma W_T =$	11.69	$\Sigma M_R =$	9.1

TABLA 5.1 Calculo del momento resistente

Seguridad contra volteo

$$\frac{M_R}{M_{act}} = \frac{9.1}{4.4} = 2.068 > 1.5 \quad \text{OK}$$

DESLIZAMIENTO

La fuerza de fricción en la base del muro, sumada al empuje pasivo debe ser mayor que 1.5 veces el empuje activo.

$$\text{Fuerza de Fricción } (F_f) = f W_T = 0.5 (11.65) = 5.845 \text{ Ton}$$

$$E_p = 0.7125 \text{ Ton}$$

$$F_f + E_p = 5.845 + 0.7125 = 6.557 \text{ Ton}$$

Condición de seguridad contra el deslizamiento

$$\frac{F_f + E_p}{E_a} = \frac{6.557}{3.875} = 1.692 > 1.5 \quad \underline{OK}$$

ESFUERZOS EN EL SUELO

Primero se determina la posición de la resultante (a) para saber si está en el tercio medio de la base y solo se provocan compresiones o si está fuera del tercio medio y emplear la ecuación correspondiente:

Posición de la resultante (a):

$$a = \frac{M_R - M_{act}}{W_T} = \frac{9.1 - 4.4}{11.69} = 0.4 \text{ m} < B/3 = \frac{1.6}{3} = 0.53 \text{ m}$$

La resultante se encuentra fuera del tercio medio y la ecuación a emplear es la siguiente:

$$\sigma_{act} = \frac{2W_T}{3a} = \frac{2(11.69)}{3(0.4)} = 19.48 \text{ Ton/m}^2 < 20 \text{ Ton/m}^2 \quad \underline{OK}$$

Las dimensiones propuestas son aceptadas

Ahora se analiza el muro arriba mencionado pero usando el programa SOFT MC. Seleccionamos primero el tipo de muro como se muestra en la siguiente imagen 5.3.



FIGURA 5.3 Selección del muro de gravedad con sup. Horizontal

Después de oprimir el botón Aceptar, aparecerá un cuadro en el que se introducirá el nombre de la obra o el nombre del ejercicio, esto sólo con la finalidad de identificar el informe de datos impreso.

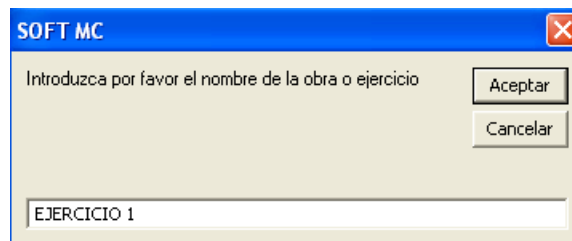


FIGURA 5.4 Nombre del ejercicio

El ingreso de datos se realizará en la pantalla mostrada en la imagen 5.5. Cabe hacer mención que al ingresar el tipo de suelo de terraplén o desplante, existe una lista de opciones desplegable en la cual se puede elegir entre cuatro tipos de suelos predefinidos, si es que se elige uno de la lista, el programa mostrara unos valores propuestos para cada tipo de suelo.

Si es que el usuario no desea tomar alguno de estos entonces puede anotar el tipo de suelo que desee, al igual que los valores obtenidos en el estudio de mecánica de suelos.

Figura 5.5 Introducción de datos y salida de resultados

Después de introducir todos los datos damos clic en el botón “Calcular” y se muestran los resultados en la parte inferior derecha de la figura 5.5.

En la tabla 5.2 se presenta una comparación de resultados

<i>Condición de seguridad</i>	<i>Análisis manual</i>	<i>Análisis con SOFT MC</i>
<i>Volteo</i>	2.068	2.0649
<i>Deslizamiento</i>	1.69	1.6904
<i>Esfuerzos en el suelo</i>	19.48 T/m ²	19.412 T/m ²

TABLA 5.2 Diferencias entre los datos de revisión de la estabilidad

Como se observa existe muy poca diferencia entre los valores obtenidos por uno y otro procedimiento.

Si es que no se considera el empuje pasivo los datos obtenidos en la revisión de la estabilidad varían y son los mostrados en la siguiente imagen, compruebe las diferencias:

REVISION DE SEGURIDAD		
VOLTEO	2.0107	CORRECTO <input checked="" type="checkbox"/>
DESPLAZAMIENTO	1.5067	CORRECTO <input checked="" type="checkbox"/>
ESFUERZOS EN EL SUELO	19.916	CORRECTO <input checked="" type="checkbox"/>

FIGURA 5.6 Resultados sin considerar el empuje pasivo

Los resultados que el programa obtiene considerando que existe una fuerza sísmica es el mostrado con la imagen 5.7.

MURO DE GRAVEDAD CON SUPERFICIE HORIZONTAL

SUELO EN EL TERRAPLEN: Arenas y gravas con cierto contenido de limos

PESO ESPECIFICO DEL TERRAPLEN (Ton/m³): 1.9 | 1.9 - 2.1 | COEFICIENTE DE FRICCIÓN ENTRE SUELO Y MURO: 0.5

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA: 30 | 25° - 35° | 0.4 - 0.5

SUELO DEL RELLENO: Arenas y gravas con cierto contenido de limos

PESO ESPECIFICO DEL RELLENO (Ton/m³): 1.9 | 1.9 - 2.1

ALTURA TOTAL DEL MURO (H) (mts): 3.5 | PESO ESPECIFICO DE LA MAMPOSTERIA (T/m³): 2.2

PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (h) (mts): 0.5 | BORDE SUPERIOR (b) (mts): 0.4

CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO (Ton/m²): 20 | BASE (B) (mts): 1.6 | 1.575 - 2.1

INCREMENTAR FUERZA SISMICA: SI NO

CONSIDERAR EMPUJE PASIVO: SI NO

REVISION DE SEGURIDAD

VOLTEO	1.8726	CORRECTO <input checked="" type="checkbox"/>
DESPLAZAMIENTO	1.5367	CORRECTO <input checked="" type="checkbox"/>
ESFUERZOS EN EL SUELO	21.484	CORRECTO <input checked="" type="checkbox"/>

<< REGRESAR | CALCULAR | IMPRIMIR

Figura 5.7 Ejercicio 1, considerando incremento de la fuerza sísmica

En el anexo que se encuentra en la parte final de este texto se muestra un informe de los valores obtenidos en este ejercicio.

Ahora se presenta el caso de un muro de concreto por lo que se realiza el ejercicio mostrado en la figura 5.8.

Ejercicio 2

Analizar el muro de concreto que tiene una altura total de 4 metros, su superficie horizontal esta sometida a una sobrecarga provocada por una estructura de 2 ton/m^2 , el suelo es una grava sin finos y tiene las siguientes características:

Peso volumétrico del material = $1\ 800 \text{ kg/m}^3$

Angulo de fricción interna $\phi = 30^\circ$

Coefficiente de fricción entre suelo y muro $f = 0.5$

La capacidad de carga admisible en el suelo es de 15 T/m^2

El peso volumétrico del concreto reforzado es de 2.4 Ton/m^3 .

La resistencia del concreto ($f'c$) es de 200 kg/cm^2 .

El esfuerzo de fluencia del acero (f_y) es de $4\ 200 \text{ kg/cm}^2$.

La forma y las dimensiones del muro son las mostradas en la siguiente figura:

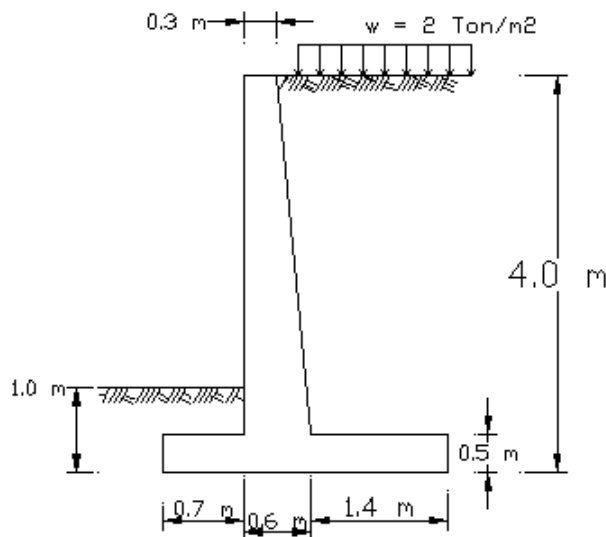


Figura 5.8 Ejercicio 2, muro de concreto

Elegimos el tipo de muro en la imagen de la pantalla mostrada en la figura 5.9. Muro en cantiliver con sobrecarga.

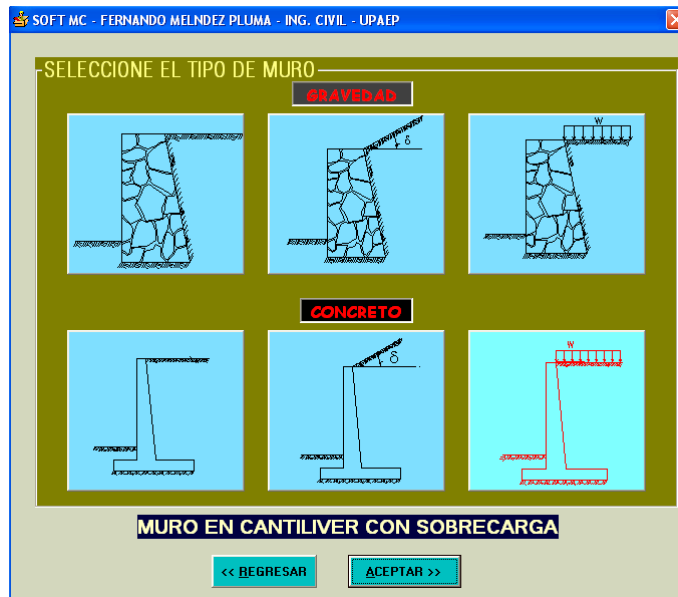


Figura 5.9, Selección del muro de concreto con sobrecarga

Después de anotar el nombre del ejercicio, se ingresan los valores de los datos iniciales o de proyecto como se muestran a continuación en la figura 5.10, en dicha figura se muestra como no se ha seleccionado la casilla de incrementar la fuerza sísmica:

The screenshot shows a software interface for entering data for a cantilever retaining wall. The window title is 'MURO DE CONTENCIÓN EN CANTILVER CON SOBRECARGA'. The interface is divided into several sections:

- SUELO EN EL TERRAPLEN:** A dropdown menu set to 'Arenas y gravas sin finos'. Below it are input fields for 'PESO ESPECIFICO DEL TERRAPLEN (Ton/m3)' (1.8), 'COEFICIENTE DE FRICCIÓN ENTRE SUELO Y MURO' (0.5), and 'ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA' (30°).
- SUELO DEL RELLENO:** A dropdown menu set to 'Arenas y gravas sin finos'. Below it are input fields for 'PESO ESPECIFICO DEL RELLENO (Ton/m3)' (1.8) and 'CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO (Ton/m2)' (15).
- SOBRECARGA (W) (Ton/m2):** An input field set to 2.
- DIMENSIONES (metros):** A section with input fields for 'ALTURA TOTAL DEL MURO (H)' (4), 'BORDE SUPERIOR' (0.3), 'PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (h)' (1), 'ALTURA DE ZAPATA' (0.5), 'PIE' (0.7), 'BASE MURO' (0.6), and 'TALON' (1.4).
- Resistencia del concreto f_c (kg/cm²):** An input field set to 200.
- Esfuerzo de fluencia del acero f_y (kg/cm²):** An input field set to 4200.
- CONSIDERAR EMPUJE PASIVO:** A section with radio buttons for 'SI' and 'NO', with 'NO' selected.
- INCREMENTAR FUERZA SISMICA:** A section with radio buttons for 'SI' and 'NO', with 'NO' selected.
- Buttons:** '<< REGRESAR' and 'CALCULAR'.

On the right side, there is a diagram of a cantilever wall with a surcharge 'W' on top. The wall has a base with a heel 'PIE', a stem 'B', and a toe 'TALON'. The total height is labeled 'Altura total (H)' and the depth of the base is labeled 'prof. despl (h)'.

Figura 5.10 Ingreso de datos para el muro de concreto.

Al oprimir la tecla “Calcular” aparecerá el cuadro siguiente (figura 5.11), en el cual se muestran los valores de la revisión de la estabilidad de la estructura:



Figura 5.11 Informe del análisis de la estabilidad del muro

Como se observa en la figura 5.11, los valores son aceptables y se puede asegurar que el muro no fallará por deslizamiento, volteo o por exceder la capacidad de carga del suelo. Al revisar el muro considerando el incremento de fuerza sísmica, los valores que se obtienen son los mostrados en la figura 5.12

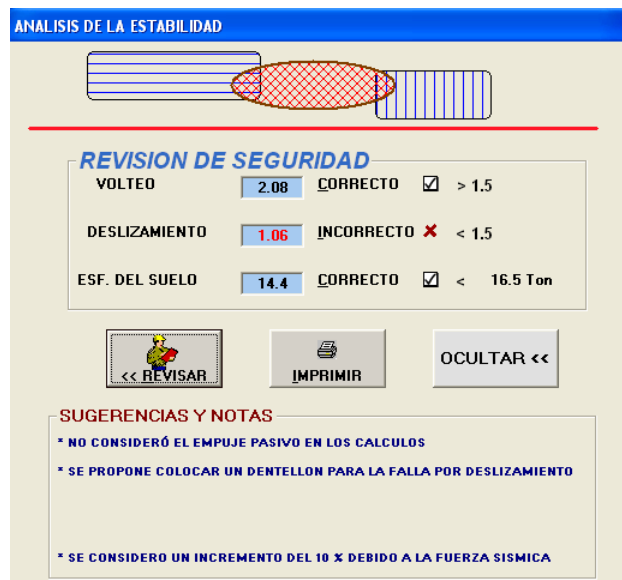


Figura 5.12 Ejemplo 2, considerando fuerza sísmica y sin empuje activo

Al considerar el incremento de fuerza sísmica, los factores de seguridad disminuyen, al igual que el esfuerzo del suelo, ver figura 5.12.

Al oprimir el botón “Imprimir” se imprimirá un informe general sin embargo, existe diferencia entre la impresión del muro de gravedad y de concreto, ya que en el primer caso, solo se analiza la estabilidad, y en el segundo caso, se hace un diseño por flexión y se revisa por cortante, además de revisar estabilidad.

La impresión del informe para el muro sin considerar incremento de fuerza sísmica se podrá observar en el anexo final de este texto.

CONCLUSIONES

A través del desarrollo de este trabajo de muros de contención , es necesario mencionar que debido a que estas estructuras son muy comunes en la práctica profesional de un ingeniero civil, es necesario realizar un buen diseño.

Debido a que en la actualidad existe gran cantidad de software en el mercado, pero desafortunadamente éstos tienen un costo elevado, aquí se presenta un programa, que arroja resultados confiables y que presenta ventajas comparativas con respecto a otros programas en el mercado, ya que este programa no requiere un conocimiento amplio para su ejecución y permite al usuario interactuar las veces que así lo desee, hasta lograr un resultado óptimo y que a la vez resulte económico.

Este programa permite opcionalmente al usuario considerar la fuerza sísmica y el empuje pasivo. Es importante mencionar que aquí no se considera la influencia de la presión

hidrostática, por lo que es necesario considerar en la construcción del muro un buen sistema de drenaje o incrementar los valores de los empujes.

En la realización de un diseño completo se deben tomar en cuenta otras consideraciones de carga, como la hidrostática, subpresiones, fuerzas de filtración, vibraciones entre otras, que en este trabajo no se consideran, es necesario mencionar que este trabajo abre la pauta para que se continúe el proyecto y poder presentar otras opciones al usuario, como incluir el análisis de muros con contrafuertes, además de las fuerzas mencionadas anteriormente.

REFERENCIAS

1. Nilson, Arthur H. (1999), *Diseño de estructuras de concreto*, Mc Graw Hill, Colombia.
2. M. J. Tomlinson (1996), *Cimentaciones, diseño y construcción*, Editorial Trillas
3. Crespo Villalaz Carlos (2003), *Mecánica de suelos y cimentaciones*, Noriega Editores, México
4. Barros José (1985), *Muros de contención*, Ediciones CEAC, Barcelona España.
5. Peck, Ralph B., *Ingeniería de cimentaciones*, Editorial Limusa.
6. Gonzáles Cuevas, Oscar M. (2000), *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*, Noriega Editores, México.
7. Halvorson, Michael. (1999), *Aprenda Microsoft Visual Basic 6.0 ya*, Mc Graw Hill, Colombia.

ANEXOS

TABLA 1

Valores indicadores del peso específico del suelo (γ), del coeficiente de fricción con el concreto (f) y el ángulo de fricción interna (ϕ) de tipos de rellenos típicos:

Tipo de suelo	Peso volumétrico (γ en ton/m³)	Ángulo de fricción interna, ϕ	Coefficiente de fricción entresuelo y concreto
<i>Arenas y gravas sin finos, altamente permeables</i>	1.8 – 1.9	33 – 40°	0.5 – 0.6
<i>Arenas y gravas con cierto contenido de limos, baja permeabilidad</i>	1.9 -2.1	25 – 35°	0.4 – 0.5
<i>Arena limosa, arena y grava con alto contenido de limos</i>	1.8 – 1.9	23 – 30°	0.3 – 0.4
<i>Arcilla de compacidad media</i>	1.6 - 1.8	25 – 35°	0.2 – 0.3

Referencia: Diseño estructural, MELI Piralla Roberto, Ed. Limusa

MURO DE CONTENCION DE GRAVEDAD CON SUPERFICIE HORIZONTAL

NOMBRE DE LA OBRA: EJERCICIO 1

DIMENSIONES DEL MURO

ALTURA TOTAL DEL MURO :	3.5 mts
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE :	0.5 mts
BORDE SUPERIOR :	0.4 mts
BASE :	1.6 mts

TIPO DE SUELO DEL TERRAPLEN

Arena limosa, arena y grava con alto contenido de limo

PESO ESPECIFICO DEL TERRAPLEN	1.9 Ton/m ³
ANGULO DE FRICCION INTERNA :	30 °
COEFICIENTE DE FRICCION :	0.5

TIPO DE SUELO EN EL RELLENO

Arena limosa, arena y grava con alto contenido de limo

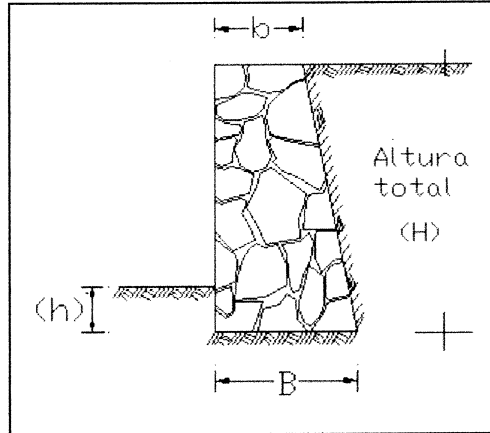
PESO ESPECIFICO DEL RELLENO : 1.9 Ton/m³

PESO ESPECIFICO DE LA MAMPOSTERIA : 2.2 Ton/m³

ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO : 20 Ton/m²

REVISION DE ESTABILIDAD

VOLTEO :	2.06 CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>
DESPLAZAMIENTO :	1.69 CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESFUERZOS EN EL SUELO	19.412 CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>



NOTAS Y RECOMENDACIONES

SE CONSIDERÓ EL EMPUJE PASIVO EN LOS CALCULOS

FECHA: 10/06/2005

HOJA 1 / 1

VERSION 1.0
FERNANDO
MELENDEZ
PLUMA

MURO DE CONTENCION DE GRAVEDAD CON SUPERFICIE HORIZONTAL

NOMBRE DE LA OBRA: Ejercicio 1, considerando fuerza sismica

DIMENSIONES DEL MURO

ALTURA TOTAL DEL MURO :	3.5 mts
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE :	0.5 mts
BORDE SUPERIOR :	0.4 mts
BASE :	1.6 mts

TIPO DE SUELO DEL TERRAPLEN

Arena limosa, arena y grava con alto contenido de limo

PESO ESPECIFICO DEL TERRAPLEN	1.9 Ton/m ³
ANGULO DE FRICCION INTERNA :	30 °
COEFICIENTE DE FRICCION :	0.5

TIPO DE SUELO EN EL RELLENO

Arena limosa, arena y grava con alto contenido de limo

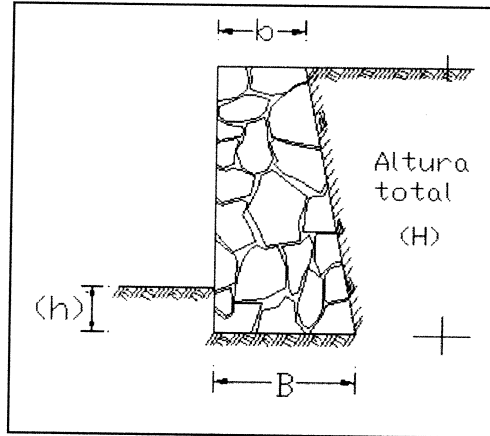
PESO ESPECIFICO DEL RELLENO :	1.9 Ton/m ³
-------------------------------	------------------------

PESO ESPECIFICO DE LA MAMPOSTERIA : 2.2 Ton/m³

ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO : 22 Ton/m²

REVISION DE ESTABILIDAD

VOLTEO :	1.87 CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>
DESPLAZAMIENTO :	1.53 CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESFUERZOS EN EL SUEL	21.484 CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>



NOTAS Y RECOMENDACIONES

SE CONSIDERÓ EL EMPUJE PASIVO EN LOS CALCULOS

SE INCREMENTO EN 10 % EL EMPUJE DEBIDO A LA FUERZA SISMICA

FECHA: 11/06/2005

HOJA 1 / 1

VERSION 1.0
FERNANDO
MELENDEZ
PLUMA

MURO DE CONTENCION DE CONCRETO CON SOBRECARGA

NOMBRE DE LA OBRA: EJERCICIO 2

DIMENSIONES DEL MURO

Altura total del muro (H) :	4 mts
Profundidad de desplante (h) :	1 mts
Borde superior (bs) :	0.3 mts
Pie (A) :	0.7 mts
Base en la pared del muro (bm) :	0.6 mts
Talón (C) :	1.4 mts
Espesor de la zapata :	0.5 mts
Peralte efectivo de la zapata :	0.44 mts

TIPO DE SUELO DEL TERRAPLEN

Arenas y gravas sin finos

PESO ESPECIFICO DEL TERRAPLEN :	1.8 Ton/m ³
ANGULO DE FRICCION INTERNA :	30 °
COEFICIENTE DE FRICCION :	0.5

TIPO DE SUELO EN EL RELLENO

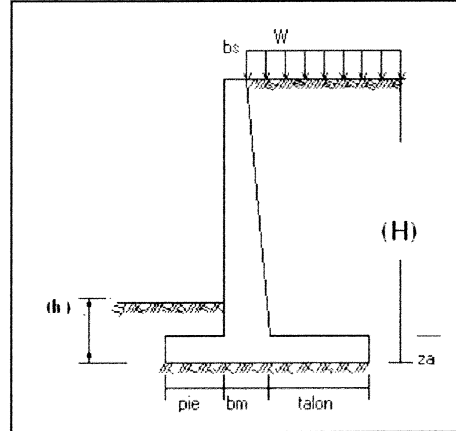
SUELO NO DEFINIDO POR USUARIO

PESO ESPECIFICO DEL RELLENO :	1.8 Ton/m ³
-------------------------------	------------------------

ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO :	15 Ton/m ²
PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (Wc) :	2.4 Ton/m ³
RESISTENCIA DEL CONCRETO (f _c) :	200 kg/cm ²
ESFUERZO DE FLUENCIA DEL ACERO (f _y) :	4200 kg/cm ²
SOBRECARGA (W) :	2 Ton/m ²

FECHA: Viernes, 10 Junio 2005

HOJA 1/4



REVISION DE ESTABILIDAD

VOLTEO :	2.482	CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>
DESLIZAMIENTO :	1.527	CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>
ESFUERZOS EN E SUELO :	12.57	CORRECTO	<input checked="" type="checkbox"/>

VERSION 1.0
FERNANDO
MELENDEZ
BLIMA

FECHA: 10/06/2005

DATOS DEL MURO :

Empuje activo (Ea) = 6.0083 ton
 Posición del Empuje Activo (ya) = 1.3932 m
 Empuje Pasivo (Ep) = 2.7 Ton
 Posición del Empuje Pasivo (yp) = 0.3333 m
 Momento Actuante (Mact) = 10.833 Ton - m
 Peso total (Wt) = 17.415 Ton
 Momento Resistente (Mres) = 26.896 Ton - m

FACTOR DE SEGURIDAD
 CONTRA VOLTEO (FSV) : **2.48** > 1.5 OK

FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA
 DESLIZAMIENTO (FSD) : **1.52** > 1.5 OK

Posición de la resultante (a) = 0.9223 mts La posición de la resultante se encuentra DENTRO del tercio medio

Esfuerzo Máximo en el suelo = 12.579 Ton/m2 El esfuerzo actuantes es MENOR al esfuerzo admisible del suelo

REVISION POR CORTANTE

Cortante último (Vu) = 6.9027 Ton
 Cortante resistente (Vr) = 27.322 Ton

La sección SI pasa por CORTANTE

Momento Maxim (Mumax) = 12.556 Ton-m
 Base (b) = 100 cm
 Peralte Efectivo (d) = 54 cm

DATOS DEL PIE

MOMENTO EN LA UNION ENTRE ZAPATA Y MURO (M) = 4.233 Ton-m

Base (b) = 100 cm
 Peralte Efectivo (d) = 44 cm

REVISION POR CORTANTE

Cortante último (Vu) = 4.6754 Ton
 Cortante resistente (Vr) = 22.262 Ton

La sección SI pasa por CORTANTE

DATOS DEL TALON

FECHA:10/06/2005

MOMENTO ACTUANTE (M) = 7.7938 Ton-m (F.C. = 1.5)

ACERO DE REFUERZO

Base (b) = 100 cm
 Peralte Efectivo (d) = 44 cm

REVISION POR CORTANTE

Cortante último (Vu) = 15.361 Ton
 Cortante resistente (Vr) = 22.262 Ton

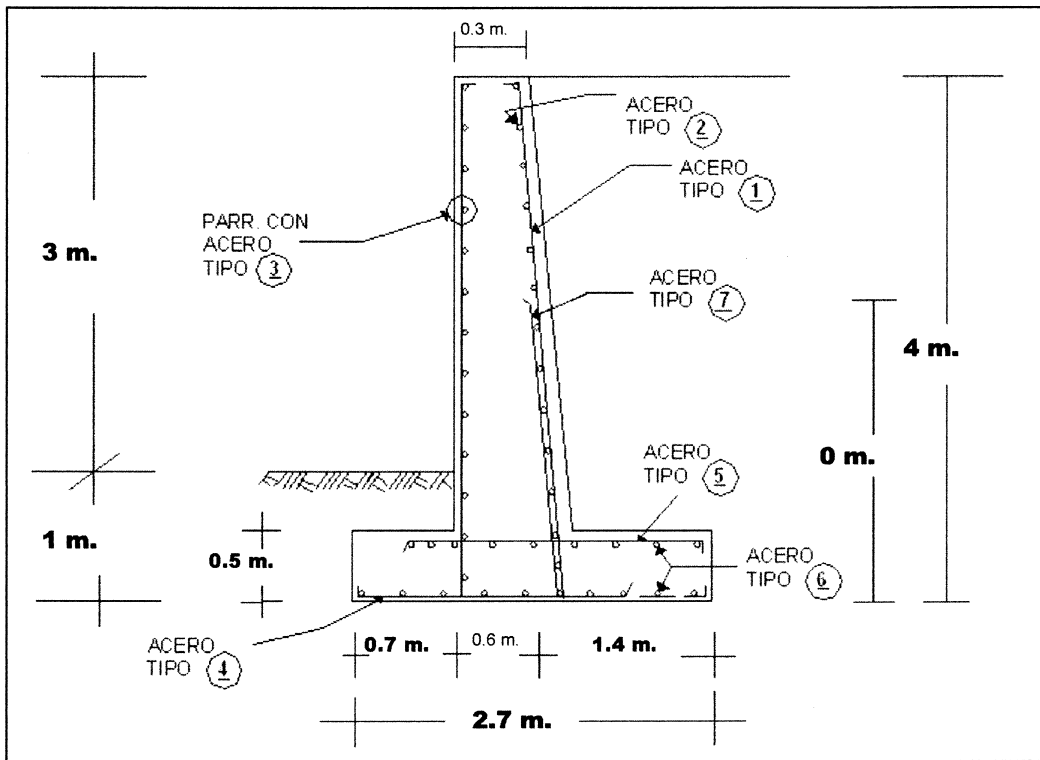
La sección SI pasa por CORTANTE

ACERO DE REFUERZO**SEPARACION DEL ACERO (X)**

VARILLA #	Area de la Barra	TIPO DE ACERO						
		01	02	03	04	05	06	07
3	0.71	11.15	7.888	7.888	6.846	6.846	9.466	11.15
4	1.27	19.95	14.11	14.11	12.24	12.24	16.93	19.95
5	1.98	31.11	22	22	19.09	19.09	26.4	31.11
6	2.85	44.78	31.66	31.66	27.48	27.48	38	44.78
8	5.07	50	50	50	48.88	48.88	50	50
10	7.92	50	50	50	50	50	50	50
12	11.40	50	50	50	50	50	50	50
Ro =		2.357	0.003	0.003	2.357	2.357	0.003	2.357
As requerida =		12.72	9	9	10.37	10.37	7.5	12.72

DETALLADO DEL REFUERZO :

HOJA 4/4
FECHA:10/06/2005



NOTAS Y RECOMENDACIONES

* SE CONSIDERÓ EL EMPUJE PASIVO EN LOS CALCULOS

* NO SE CONSIDERÓ LA FUERZA SISMICA