
MANUAL DE USUARIO MUROS DE RETENCIÓN

Desarrollado por:

Juan David Solarte Chamorro

Eimar Andrés Sandoval

Santiago de Cali, enero 2023

1.Tabla de contenidos

| | |
|--|----|
| 1. Descripción del programa..... | 4 |
| 2. Requisitos | 4 |
| 3. Instalación..... | 4 |
| 4. Paso a paso para el análisis | 5 |
| 5. Inicio del programa..... | 5 |
| 6. Datos de entrada | 8 |
| 6.1 Sistema de unidades | 8 |
| 6.2 Datos del muro..... | 9 |
| 6.3 Datos del suelo de relleno..... | 10 |
| 6.4 Datos del Sismo..... | 13 |
| 6.5 Ayudas del programa | 14 |
| 6.6 Datos de salida | 16 |
| 7. Muros de retención | 18 |
| 7.1 Muro de gravedad..... | 18 |
| 7.2 Muro en voladizo | 20 |
| 7.3 Muro tablestaca | 23 |
| 8. Características suelo de relleno..... | 23 |
| 8.1 Angulo de fricción δ' | 23 |
| 8.2 Angulo de fricción interna ϕ | 24 |
| 8.3 Peso específico γ | 25 |
| 8.4 Cohesión en la base C_a | 26 |
| 8.5 Aceleraciones sísmicas..... | 27 |
| 8.6 Coeficiente de presión sísmica de la tierra | 29 |
| 8.7 Coeficiente de aceleración sísmica horizontal y vertical | 32 |
| 9. Factores de seguridad indirectos..... | 33 |
| 10. Ejemplos para casos estáticos..... | 33 |

| | | |
|------|---|----|
| 10.1 | Ejemplo Muro de gravedad..... | 33 |
| 10.2 | Ejemplo Muro en voladizo | 38 |
| 10.3 | Ejemplo Muro tablestaca | 45 |
| 11. | Ejemplo para casos pseudo-estáticos | 50 |

1. Descripción del programa

La aplicación de muros de retención tiene como objetivo principal realizar los cálculos y análisis geotécnicos de las geometrías y datos especificados por el usuario, hallando y mostrando finalmente los factores de seguridad los cuales son necesarios para la toma de decisiones antes de realizar el diseño estructural para posteriormente realizar la construcción de un muro de retención. La aplicación cuenta con una interfaz gráfica de fácil comprensión ya que no satura la pantalla con muchos botones y se puede seguir en orden. Un ejemplo de estos es el ingreso de los datos del suelo de relleno los cuales también pueden llegar a ocupar bastante espacio en pantalla por lo que más bien se usa otra interfaz evitando confusiones a la hora de ingresar los datos. Además, la aplicación brinda la opción de crear reportes en los cuales se muestra resumidamente las teorías y el procedimiento para obtener los resultados finales de los factores de seguridad.

2. Requisitos

2.1 Requisitos hardware

- Procesador: 64 bits
- RAM: 4Gb
- Espacio en el disco duro: 2Gb

2.2 Requisitos software

- Sistema operativo Windows 10 o posteriores
- Lector de PDF (necesario para abrir el manual y generar reportes)
- No es necesario tener instalado MATLAB

3. Instalación

1. Descargar el instalador del enlace.
2. Descomprimir la aplicación y MCRIInstaler.
3. Instalar MCRIInstaler.
4. Abrir la carpeta Muros.
5. Ejecutar el archivo Muros.exe
6. Instalar la aplicación Muros.

4. Paso a paso para el análisis

- Escoger el tipo de análisis a realizar
- En el caso del análisis estático escoger entre los muros mostrados en pantalla
- Insertar datos del muro a su vez escogiendo una de las geometrías definidas
- Oprimir el botón de estratigrafía la cual abre una ventana para proceder con el ingreso de datos del terreno
- Oprimir el botón calcular para hallar los valores de los factores de seguridad

En el caso de necesitar realizar otro tipo de análisis se pueden borrar o restablecer valores con el botón restablecer, aspecto a tener en cuenta es que el botón restablecer solo elimina los valores ingresados en las casillas de datos del muro de retención, por lo que botones como el de unidades y geometría del muro deberán elegirse u oprimirse de nuevo, por tal motivo se recomienda regresar a la pantalla inicial y elegir de nuevo el tipo de análisis a realizar o en su defecto cerrar la ventana y abrir de nuevo la aplicación.

5. Inicio del programa

Para abrir el programa se tiene que ejecutar el archivo Muros de la carpeta____, una vez abierto el programa, se desplegará una imagen en pantalla que nos indica que el programa ya ha sido abierto, ver **figura 1**, la interfaz se tardará unos segundos después de iniciarse.



Fig.1. Logo de inicio de la aplicación Muros.

Una vez iniciado el programa el usuario se encontrará con la interfaz principal en donde se encuentran los dos análisis evaluados.

Los casos son:

1. Análisis Estático.
2. Análisis Pseudo-estático.

El segundo caso es el que más se acerca a la realidad debido a que es el que tiene en cuenta las aceleraciones y fuerzas generadas por los sismos, por lo que si va a utilizar la aplicación para diseñar en zonas con alta sismicidad se recomienda utilizar este análisis, cabe resaltar que para seleccionar el análisis requerido basta con hacer un click en cualquiera de los botones que se muestra en la **figura 2**.



Fig.2. Interfaz principal de la aplicación Muros.

En el caso de que el análisis escogido sea el estático se abrirá otra ventana en la que se podrá escoger entre 3 tipos de muros los cuales son.

1. Muro cantiléver o en voladizo.
2. Muro de gravedad.
3. Muro tablestaca

Para seleccionar el tipo de muro a realizar el análisis basta con hacer un click en el botón que muestre su geometría, esto se aprecia mejor en la **figura 3**.



Fig.3. Ventana de análisis estático de la aplicación Muros.

6. Datos de entrada

6.1 Sistema de unidades

La interfaz cuenta con un panel llamado “Sistema de unidades” el cual tiene dos interruptores para seleccionar el tipo de unidades que desea utilizar. Los dos sistemas que se tienen en cuenta para la aplicación son el Sistema Internacional de Unidades y el Sistema Inglés, ver **figura 4**.



The screenshot shows the 'Muro de Gravedad' software interface. The main title is 'Muro de Gravedad'. Below it is a section titled 'DATOS DEL MURO'. This section contains several input fields and a highlighted 'SISTEMA DE UNIDADES' panel. The 'SISTEMA DE UNIDADES' panel has two radio buttons: 'S. Internacional' (selected) and 'S. Inglés'. Other fields include 'Tipo de Muro' (a dropdown menu), 'Inclinación?' (a checkbox labeled 'SI'), 'P.e. Concreto' (a text input field followed by 'kN/m3'), and 'Sobre-Carga' (a text input field followed by 'kN/m'). There is also an 'Estratigrafia' button. Below the 'DATOS DEL MURO' section is the 'Análisis de Estabilidad' section, which includes a 'Calcular' button and a list of factors of safety: 'Factores de Seguridad', 'Revisión por Deslizamiento', 'Revisión por Volcamiento (+Resistente)', and 'Revisión por Volcamiento (-Actuante)'. At the bottom right, there are three icons: a question mark, a refresh symbol, and a save symbol.

Fig.4. Panel de unidades.

Si el usuario ingresa valores en las casillas ya habiendo definido que unidades usar y después oprime el interruptor del sistema de unidades de nuevo, el programa convertirá el valor que está dentro de la casilla a el valor de la unidad del otro sistema de unidades, ver **figura 5**.

Muro de Gravedad

DATOS DEL MURO

Tipo de Muro: Triangular

Inclinación? ☐ SI

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

P.e. Concreto: 24 kN/m³

Base 1(B1): 2 m

Base 2(B2): 2 m

Altura muro(H): 2 m

Angulo de inclinación del muro (β): 89 grados°

Angulo de fricción suelo-muro (δ): 26 grados°

Angulo de fricción base-muro (Φb): 17 grados°

Sobre-Carga: 10 kN/m

Estratigrafía

Muro de Gravedad

DATOS DEL MURO

Tipo de Muro: Triangular

Inclinación? ☐ SI

SISTEMA DE UNIDADES: ☐ S. Internacional ☒ S. Inglés

P.e. Concreto: 152.78 lb/ft³

Base 1(B1): 6.56 ft

Base 2(B2): 6.56 ft

Altura muro(H): 6.56 ft

Angulo de inclinación del muro (β): 89 grados°

Angulo de fricción suelo-muro (δ): 26 grados°

Angulo de fricción base-muro (Φb): 17 grados°

Sobre-Carga: 0.69 kips/ft

Estratigrafía

Fig.5. Panel de unidades en Sistema inglés.

6.2 Datos del muro

Una vez selecciona el tipo de muro se muestra la interfaz en donde se podrán ingresar los valores de las características del muro de retención, cabe resaltar que dichas características varían según el tipo de muro seleccionado. Para facilitar la comprensión de los datos a ingresar, se tiene una imagen que muestra las características de muro como se observa en la **figura 6**.

Menu

Muro en Voladizo

Características del muro

P.e. Concreto: kN/m³

Base Muro: m

Altura muro(H): m

Corona: m

Altura Talón(H.T): m

Ancho Puntera: m

Delta (δ): grados°

Inclinación: ☐ SI

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

Tipo de Carga:

Muro Canteliver? ☐

Carga: kN/m

Estratigrafía

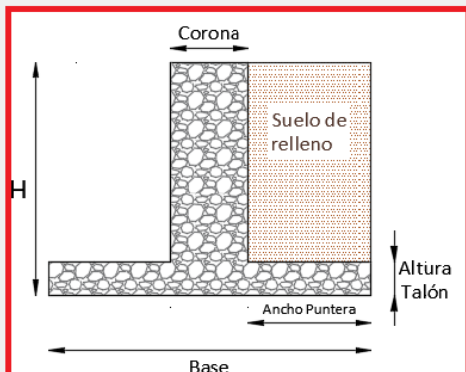
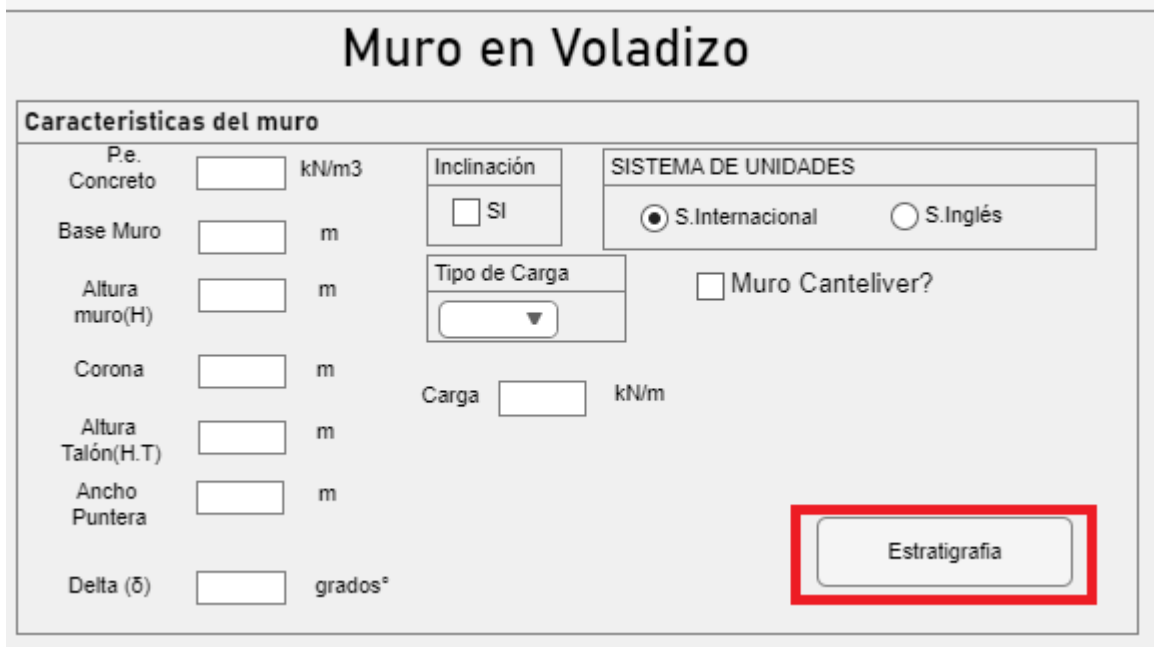


Fig.6. Datos del muro de retención.

6.3 Datos del suelo de relleno

Para ingresar los valores del suelo se cuenta con otra interfaz la cual se abrirá al oprimir el botón estratigrafía, el cual se encuentra en el panel de las características del muro, ver **figura 7**.



Muro en Voladizo

Características del muro

P.e. Concreto kN/m3

Base Muro m

Altura muro(H) m

Corona m

Altura Talón(H.T) m

Ancho Puntera m

Delta (δ) grados°

Inclinación ☐ SI

SISTEMA DE UNIDADES
☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

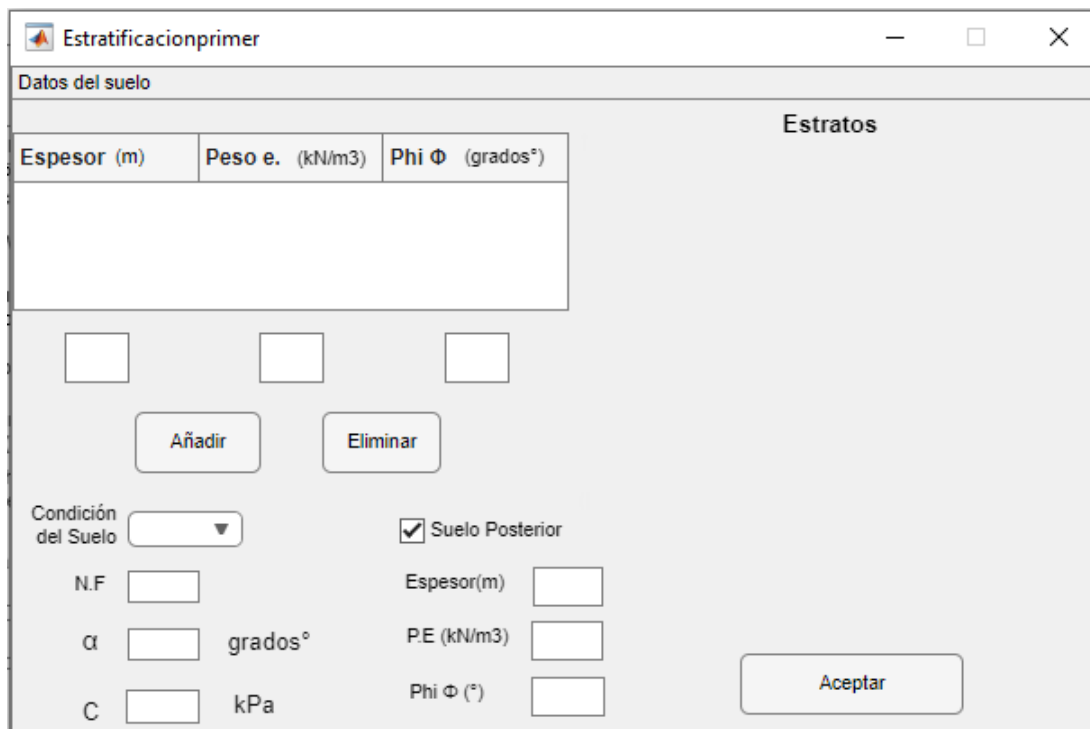
Tipo de Carga

Carga kN/m

☐ Muro Canteliver?

Estratigrafia

Fig.7. Botón para ingresar datos del suelo de relleno.



Estratificacionprimer

Datos del suelo

Estratos

| Espesor (m) | Peso e. (kN/m3) | Phi Φ (grados°) |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Condición del Suelo

☒ Suelo Posterior

N.F

α grados°

C kPa

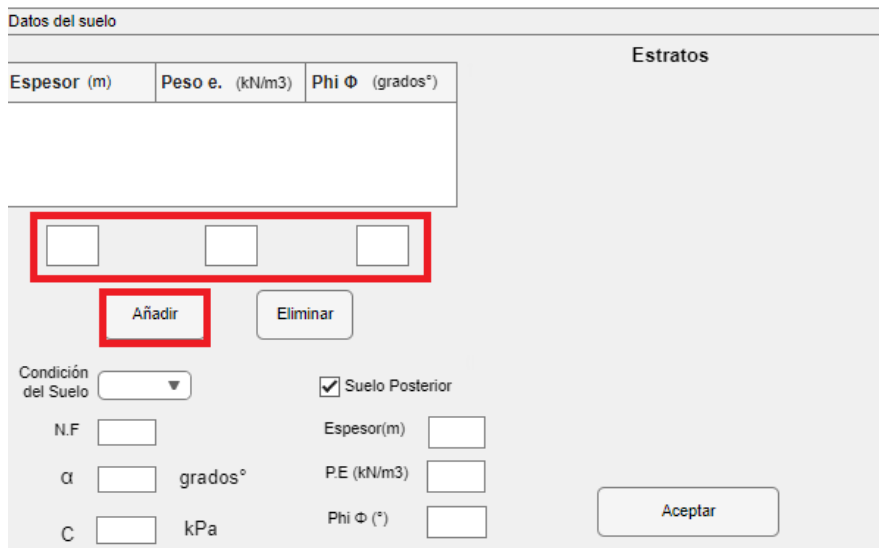
Espesor(m)

P.E (kN/m3)

Phi Φ (°)

Fig.8. Interfaz para suelo de relleno.

Para todos los casos a excepción del muro cantiléver analizado estáticamente, se podrá ingresar un estrato de suelo, este estrato cuenta con 3 características principales, altura de estrato, peso específico y ángulo de fricción interno valores que el usuario deberá ingresar en la tabla haciendo uso de las casillas u el botón añadir que se muestran en la **figura 9**. Finalmente, el usuario podrá completar la información del suelo llenando las demás propiedades mostradas en la **figura 10**.



Datos del suelo

| Espeor (m) | Peso e. (kN/m3) | Phi Φ (grados°) |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Estratos

Añadir **Eliminar**

Condición del Suelo

☒ Suelo Posterior

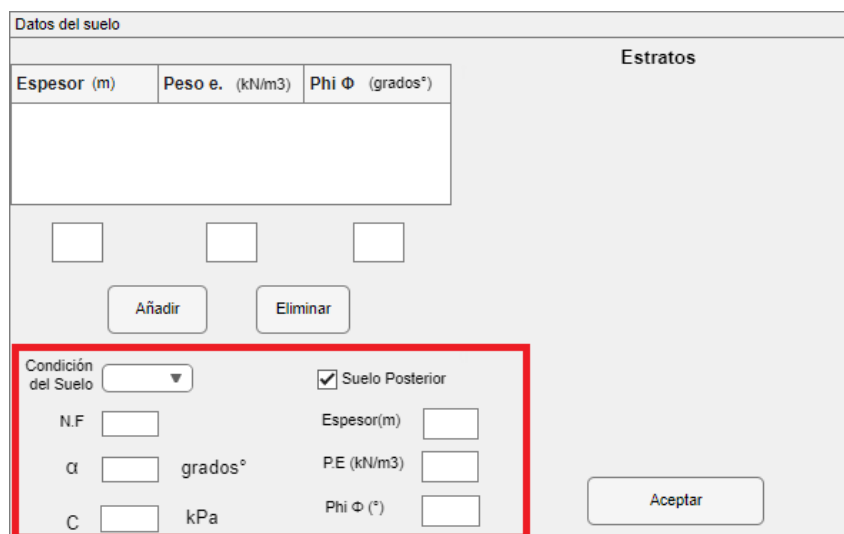
N.F Espeor(m)

α grados° P.E (kN/m3)

C kPa Phi Φ (°)

Aceptar

Fig.9. Datos del suelo de relleno.



Datos del suelo

| Espeor (m) | Peso e. (kN/m3) | Phi Φ (grados°) |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Estratos

Añadir **Eliminar**

Condición del Suelo

☒ Suelo Posterior

N.F Espeor(m)

α grados° P.E (kN/m3)

C kPa Phi Φ (°)

Aceptar

Fig.10. Datos del suelo de relleno.

Una vez ingresado estos valores el usuario deberá oprimir el botón de aceptar dando inicio a la revisión de los datos, suponiendo que todos los datos sean ingresados correctamente, la interfaz graficará automáticamente el estrato de suelo con sus características, a su vez aparecerá un mensaje emergente de que los datos han sido ingresados correctamente como se ve en la **figura 11**.

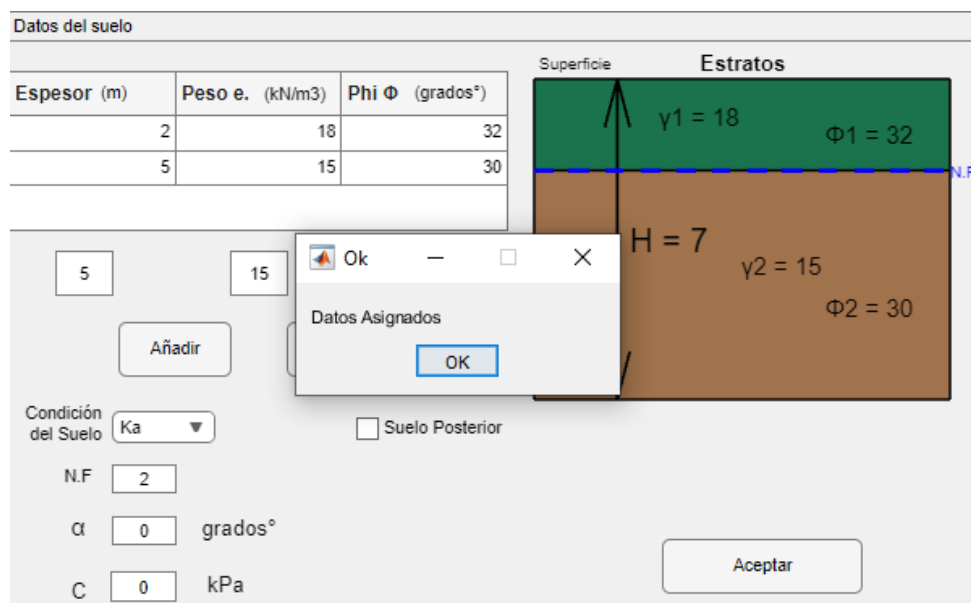


Fig.11. Datos del suelo de relleno asignados correctamente.

Para el caso del muro de retención cantiléver analizado estáticamente se podrán ingresar hasta 4 estratos de suelo, los cuales pueden ser adicionados con el botón añadir, en el caso de que se cometa algún error en el ingreso de los datos de la tabla se cuenta con el botón eliminar que limpiara la tabla para ingresar de nuevo los valores, ver **figura 12**.

Datos del suelo

| Espesor (m) | Peso e. (kN/m ³) | Phi Φ (grados°) |
|-------------|------------------------------|----------------------|
| 1 | 18 | 32 |
| 2 | 19 | 32 |
| 3 | 17 | 30 |

Condición del Suelo
☐ Suelo Posterior

N.F.

α grados°

C kPa

Superficie Estratos

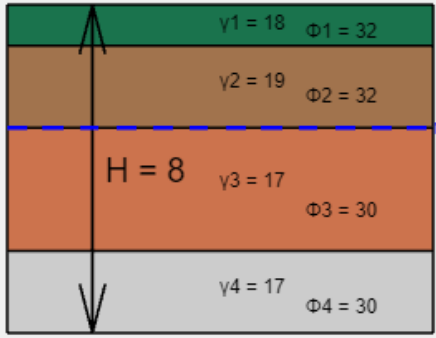


Fig.12.Cuatro estratos del suelo de relleno.

6.4 Datos del Sismo

Para el caso pseudo-estático se cuenta con la posibilidad de seleccionar 3 teorías de análisis.

Las teorías que se tienen en cuenta son:

- Monobe-Okabe.
- Análisis simplificado por INPRES-CIRSOC 103.
- Richard y Elms desplazamientos controlados.

Para seleccionar las teorías se cuenta con un panel con 3 interruptores, cada uno de ellos con el nombre de una teoría de análisis la cual podrá ser seleccionada con un click encima del interruptor, al abrirse la interfaz por defecto se tiene la teoría de Monobe-Okabe, al elegirse alguna de las otras el interruptor cambiara de color o se rellenara como se muestra, ver **figura 13**.

PSEUDO-ESTATICO

TEORIAS

☒ Mononobe-Okabe
 ☐ Metodo Simplificado
 ☐ Richard y Elms

Tipo de Muro

▼

Inclinación?

☐ SI

SISTEMA DE UNIDADES

☒ S.Internacional
 ☐ S.Inglés

Kh Kv g

Sobrecarga kN/m

P.e. Concreto kN/m3

Estratigrafía

Fig.13.Panel teorías de análisis.

6.5 Ayudas del programa

- Para asegurar que el usuario ingrese los valores correctamente y no haya errores a la hora de los cálculos se han adicionado algunas ayudas dentro del programa. En la mayoría de las casillas o botones donde se ingresan o se seleccionan datos, se han adicionado tips para que el usuario tenga más claro que dato debería ingresar, estos tips aparecen cuando el usuario coloca el cursor encima de dicha casilla o botón, ver **figura 14**.

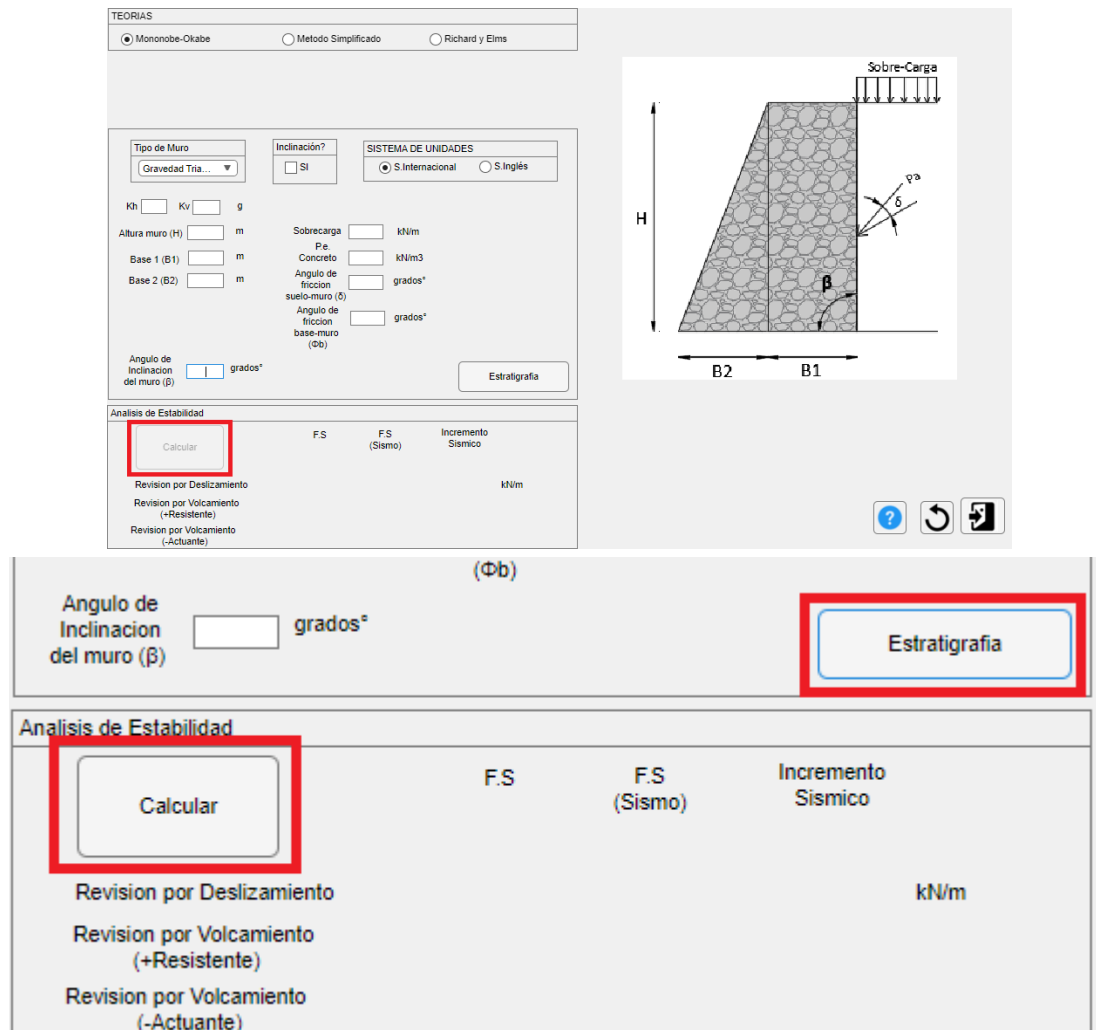
| | | | | | |
|--|----------------------|---------|-------------------------|----------------------|---------|
| Altura muro (H) | <input type="text"/> | m | Sobrecarga | <input type="text"/> | kN/m |
| Base 1 (B1) | <input type="text"/> | m | P.e. | <input type="text"/> | |
| Base 2 (B2) | <input type="text"/> | m | Concreto | <input type="text"/> | kN/m3 |
| | | | Angulo de friccion | <input type="text"/> | grados° |
| | | | suelo-muro (δ) | | |
| | | | Angulo de friccion | <input type="text"/> | grados° |
| | | | base-muro (Φb) | | |
| Angulo de Inclinacion del muro (β) | <input type="text"/> | grados° | | | |

'Angulo Beta'
Inclinación del muro de gravedad.
Para el muro 'Triangular' Beta es 90°

Analisis de Estabilidad
Calcular

Fig.14.Tips del programa.

- Se bloquea inicialmente el botón de calcular, evitando así problemas a la hora del cálculo, este botón se desbloquea cuando el usuario oprime el botón de estratigrafía, ver **figura 15**.



TEORIAS

☒ Mononobe-Okabe ☐ Metodo Simplificado ☐ Richard y Elms

Tipo de Muro: Gravedad Tria...

Inclinación? ☐ SI

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

Kh Kv g

Altura muro (H) m

Base 1 (B1) m

Base 2 (B2) m

Sobrecarga kN/m

Pc Concreto kN/m³

Angulo de fricción suelo-muro (δ) grados*

Angulo de fricción base-muro (ϕ_b) grados*

Angulo de inclinación del muro (β) grados*

Estratigrafía

Analisis de Estabilidad

Calcular

F.S. F.S. (Sismo) Incremento Sismico

Revision por Deslizamiento kN/m

Revision por Volcamiento (+Resistente)

Revision por Volcamiento (-Actuante)

Angulo de inclinación del muro (β) grados*

Estratigrafía

Analisis de Estabilidad

Calcular

F.S. F.S. (Sismo) Incremento Sismico

Revision por Deslizamiento kN/m

Revision por Volcamiento (+Resistente)

Revision por Volcamiento (-Actuante)

Fig.15. Boton bloqueado

- En el caso de que el usuario cometa un error a la hora de ingresar alguno de los datos, como por ejemplo que ingrese una letra en vez de un número o un número menor que 0, el programa mostrara un mensaje emergente aclarando que el valor de esa casilla no corresponde con un valor numérico o que no se encuentra dentro del rango de valores adecuados ver **figura 16**

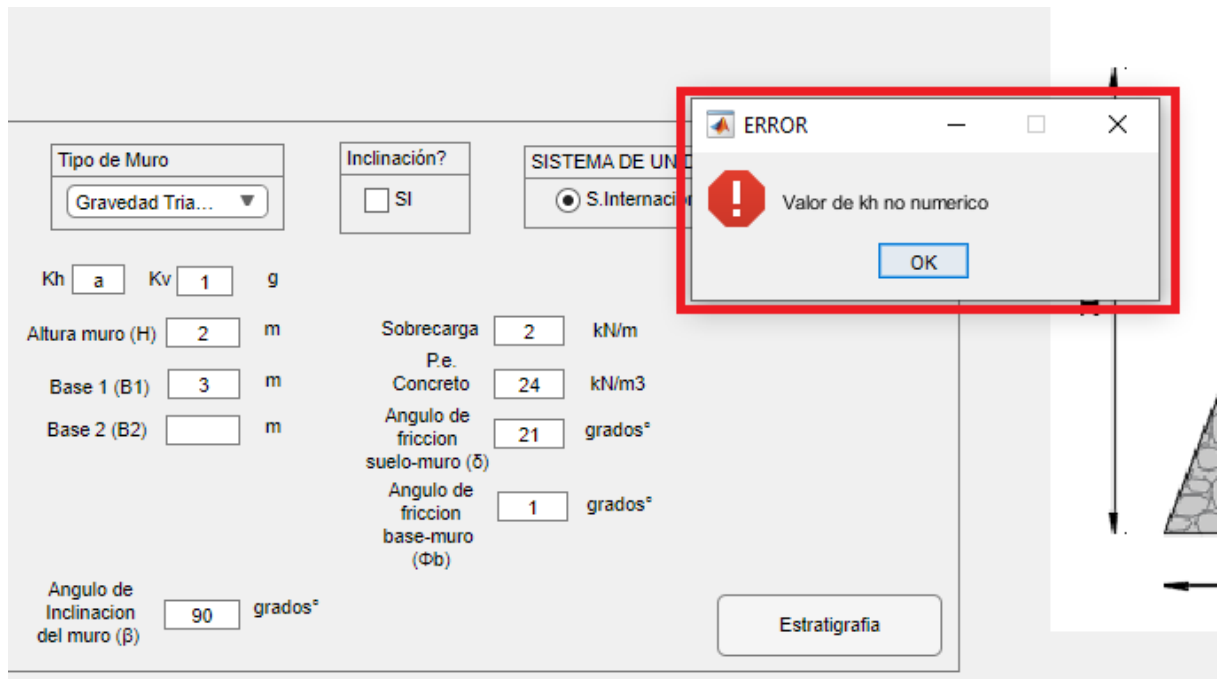


Fig.16.Error al ingresar datos.

6.6 Datos de salida

Una vez se han ingresado todos los datos el usuario deberá oprimir el botón calcular, el cual al oprimirse mostrara una ventana emergente al usuario preguntando si desea generar un reporte de las fórmulas y cálculos realizados para obtener los resultados de los factores de seguridad, si el usuario no desea realizar un reporte podrá oprimir el botón “no” o el botón “cancelar” que cerrara la ventana emergente y mostrara finalmente los resultados en los textos de Factor de seguridad ubicados en la interfaz ver **figura 17**.

TEORIAS

☒ Mononobe-Okabe ☐ Metodo Simplificado ☐ Richard y Elms

Tipo de Muro: Gravedad Tria...

Inclinación? ☐ SI

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

Kh: 0.2 Kv: 0 g

Altura muro (H): 6 m

Base 1 (B1): 3 m

Base 2 (B2): 2 m

Sobrecarga: 0 kN/m

P.e. Concreto: 24 kN/m³

Angulo de fricción suelo-muro (δ): 17 grados*

Angulo de fricción base-muro (ϕ_b): 29 grados*

Angulo de inclinación del muro (β): 90 grados*

Estratigrafía

Analisis de Estabilidad

Calcular

F.S. F.S. (Sismo) Incremento Sismico

Revisión por Deslizamiento

Revisión por Volcamiento (+Resistente)

Revisión por Volcamiento (-Actuante)

Generar reporte

Desea generar reporte?

SI NO CANCELAR

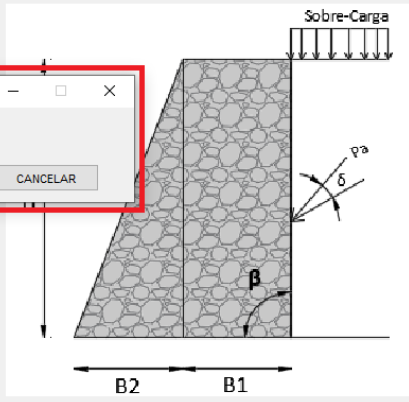


Fig.17.Ventana generar reporte.

PSEUDO-ESTATICO

TEORIAS

☒ Mononobe-Okabe ☐ Metodo Simplificado ☐ Richard y Elms

Tipo de Muro: Gravedad Tria...

Inclinación? ☐ SI

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

Kh: 0.2 Kv: 0 g

Altura muro (H): 6 m

Base 1 (B1): 3 m

Base 2 (B2): 2 m

Sobrecarga: 0 kN/m

P.e. Concreto: 24 kN/m³

Angulo de fricción suelo-muro (δ): 17 grados*

Angulo de fricción base-muro (ϕ_b): 29 grados*

Angulo de inclinación del muro (β): 90 grados*

Estratigrafía

Analisis de Estabilidad

Calcular

| | F.S. | F.S. (Sismo) | Incremento Sismico | |
|--|-------|--------------|--------------------|------|
| Revisión por Deslizamiento | 3.88 | 2.52 | 46.79 | kN/m |
| Revisión por Volcamiento (+Resistente) | 10.68 | 3.69 | | |
| Revisión por Volcamiento (-Actuante) | 42.07 | 4.66 | | |

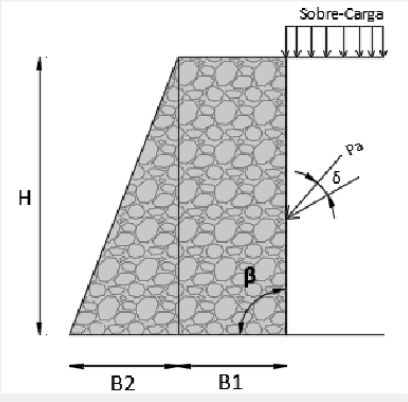


Fig.18.Datos de salida.

7. Muros de retención

Para diseñar apropiadamente los muros de retención, un ingeniero debe conocer ciertos parámetros básicos como es el caso de las geometrías de los muros y dimensiones recomendadas ya que debe suponer algunas de ellas inicialmente. Los muros de retención que se han tenido en cuenta para la aplicación son los muros de retención de gravedad y los muros de retención cantiléver o en voladizo.

7.1 Muro de gravedad

Son muros de hormigón en masa en los que la resistencia se consigue por su propio peso. Normalmente carecen de cimiento diferenciado, aunque pueden tenerlo. (Calavera, 1989).

Son muros con gran masa que resisten el empuje mediante su propio peso y con el peso del suelo que se apoya en ellos; suelen ser económicos para alturas moderadas, menores de 5 m, son muros con dimensiones generosas, que no requieren de refuerzo. Los muros de gravedad pueden ser de concreto ciclópeo, mampostería, piedra o gaviones. La estabilidad se logra con su peso propio, por lo que requiere grandes dimensiones dependiendo del empuje. La dimensión de la base de estos muros oscila alrededor de 0,4 a 0,7 de la altura. Por economía, la base debe ser lo más angosta posible, pero debe ser lo suficientemente ancha para proporcionar estabilidad contra el volcamiento y deslizamiento, y para originar presiones de contacto no mayores que las máximas permisibles (Torres, 2008).

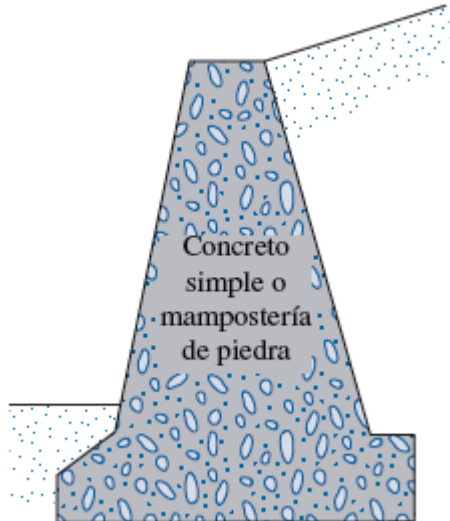


Fig.19. Muro de gravedad. (Braja Das, 7ma edición)

Se Presentan las Dimensiones y valores recomendados para las geometrías analizadas las cuales son trapezoidal (**figura 20**) y triangular (**figura 21**).

- Altura H: valores menores de 7 m o 23 ft.
- Base del muro: 0.5 a 0.7 H.
- Corona: 0.3 m o 1 ft como valor mínimo.

- Profundidad D (Relleno Posterior): Valores menores de $\frac{1}{3}H$

- Si se supone además que el terreno natural en superficie, tiene una inclinación tal que forma un ángulo α con la horizontal este valor no podrá superar el valor del ángulo de fricción interna ϕ del material.
- Entre mayor sea la inclinación del muro β el coeficiente K_a disminuye haciendo que la fuerza actuante disminuya y entre menor sea β el coeficiente K_a aumenta por consiguiente la fuerza actuante lo hará, valores recomendados de β de 30 a 90°.

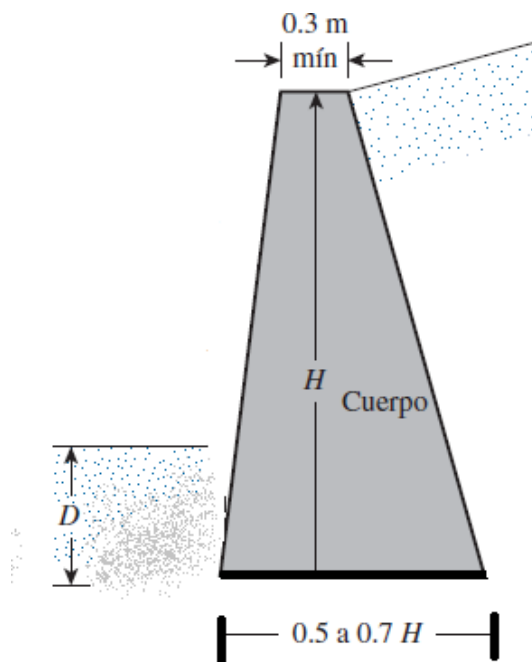


Fig.20. Muro de gravedad trapezoidal. (Modificación propia, Braja Das, 7ma edición)

En el caso que se tenga el muro triangular se aplican las mismas condiciones que para el trapezoidal teniendo en cuenta el cambio del ángulo beta.

- Usar $\beta = 90^\circ$ debido a que la parte rectangular del muro esta perpendicular a la horizontal de la base.

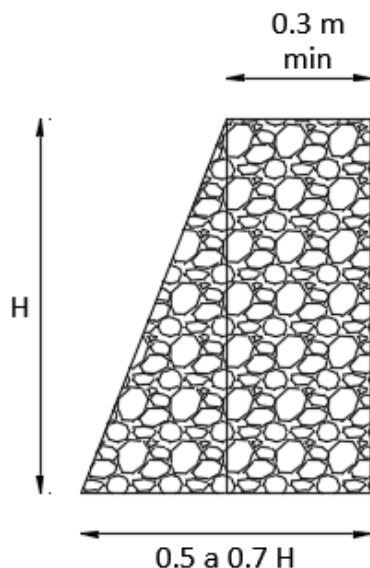


Fig. 21. Muro de Gravedad triangular. (Elaboración propia)

7.2 Muro en voladizo

Los muros de retención en voladizo (**figura 22**) están hechos de concreto reforzado y consisten en un cuerpo o alzado delgado y una losa de base. Este tipo de muro es económico hasta una altura de aproximadamente 8 m. En el caso de los muros en voladizo se tienen en cuenta también 2 geometrías, muro cantiléver con corta fuentes (**figura 23**) y muro sección T (**figura 24**).

Características:

- Tallo Delgado.
- Mayores esfuerzos de flexion.
- Hecho principalmente con Concreto Reforzado.
- Construcción hasta 8 metros de altura.

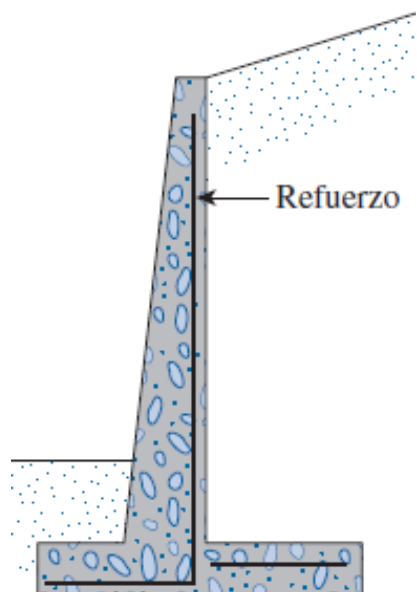
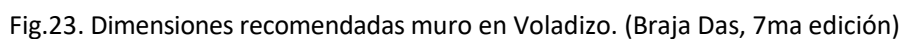


Fig.22. Muro en Voladizo. (Braja Das, 7ma edición)

Dimensiones recomendadas para muro en voladizo (**figura 23**).

- Altura H : valores menores de 8 m
- Base del muro: 0.5 a 0.7 H
- Corona: 0.3 m valor mínimo
- Base del Talón: 0.3 a 0.5 H
- Altura del Talón: 0.1 H
- Base del tallo y puntera: 0.1 H
- Profundidad D (Relleno Posterior): Valores menores de $\frac{1}{3}H$
- Si se supone además que el terreno natural en superficie, tiene una inclinación tal que forma un ángulo α con la horizontal este valor no podrá superar el valor del ángulo de fricción interna ϕ del material.



7.3 Muro tablestaca

Para el caso de esta aplicación son se tendrán en cuenta tablestacas que penetran suelos arenosos. Los muros tablestacas según el libro “Fundamentos de ingeniería de cimentaciones 7ma edición” se dividen en dos categorías básicas.

1. Tablestacas en voladizo

Los muros de tablestacas en voladizo suelen recomendarse para muros de altura moderada de aproximadamente 6 m o menor, medida arriba de la línea de dragado. En esos muros, las tablestacas actúan como una viga ancha en voladizo arriba de la línea de dragado (Braja Das, 7ma edición).

2. Tablestacas ancladas

Cuando la altura del material de relleno detrás de un muro de tablestacas en voladizo excede aproximadamente 6 m, resulta más económico anclar el muro cerca de su parte superior a placas de anclaje, muros de anclaje o pilotes de anclaje. A este tipo de construcción se le refiere como muro de tablestacas ancladas o muro anclado. Los anclajes minimizan la profundidad de penetración requerida por las tablestacas y también reducen su área de la sección transversal y el peso de las tablestacas necesarias para la construcción del muro. Sin embargo, los tirantes y anclajes se deben diseñar cuidadosamente. (Braja Das, 7ma edición).

Las tablestacas pueden estar hechas de diferentes materiales, en el caso de que las tablestacas sean fabricadas de acero, la Bethlehem Steel Corporation indica propiedades para diferentes secciones, ver *figura 25*.

| Tipo de acero | Esfuerzo permisible |
|---------------|-----------------------|
| ASTM A-328 | 170 MN/m ² |
| ASTM A-572 | 210 MN/m ² |
| ASTM A-690 | 210 MN/m ² |

Fig.25. Esfuerzo de flexión permisible. (Braja Das, 7ma edición).

8. Características suelo de relleno.

Existen varios tipos de suelos con distintas características a continuación se recomiendan valores de estas.

8.1 Angulo de fricción δ'

Si se utiliza la teoría de Coulomb, será necesario conocer el intervalo del ángulo de fricción δ' del muro con varios tipos de material de relleno. Los siguientes son algunos intervalos del ángulo de fricción del muro de mampostería o del muro de concreto. (Braja Das, 7ma edición).

| Material de relleno | Intervalo de δ' (grados) |
|---------------------|---------------------------------|
| Grava | 27-30 |
| Arena gruesa | 20-28 |
| Arena fina | 15-25 |
| Arcilla firme | 15-20 |
| Arcilla limosa | 12-16 |

Fig.26. Intervalos del ángulo delta. (Braja Das, 7ma edición).

8.2 Angulo de fricción interna ϕ

El valor del ángulo de fricción interno del suelo debe ser determinado a partir de ensayos de resistencia al corte tales como el corte directo o a la compresión triaxial. Preferentemente el análisis debe ser hecho en base a las tensiones normales efectivas que actúan en el macizo. (Ocampo, 2014). En la figura 26 y 27 se recomiendan algunos valores para esta característica.

| Tipo de suelo | Ángulo de fricción [grados] |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Arena angular, suelta | 32 - 36 |
| Arena angular, compacta | 35 - 45 |
| Arena sub-angular, suelta | 30 - 34 |
| Arena sub-angular, compacta | 34 - 40 |
| Arena redondeada, suelta | 28 - 32 |
| Arena redondeada, compacta | 32 - 38 |
| Arena limosa, suelta | 25 - 35 |
| Arena limosa, compacta | 30 - 36 |
| limo | 25 - 35 |

Fig.27. Ángulo de fricción para suelos no cohesivos. (Ocampo, 2014).

| Tipo de roca | Ángulo de fricción, ϕ' (grados) |
|--------------|--------------------------------------|
| Arenisca | 27-45 |
| Caliza | 30-40 |
| Esquisto | 10-20 |
| Granito | 40-50 |
| Mármol | 25-30 |

Fig.28. Ángulo de fricción para rocas. (Braja Das, 7ma edición).

8.3 Peso específico γ

El peso específico puede ser determinado a partir de ensayos "in situ", tales como el embudo de arena. (Ocampo, 2014). En la figura 28 y 29 se recomiendan algunos valores para esta característica.

| Tipo de suelo | Peso Específico [tf/m^3] |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Arena angular, suelta | 1,7 |
| Arena angular, compacta | 2,0 |
| Arena limosa, suelta | 1,8 |
| Arena limosa, compacta | 1,9 |
| Limo | 1,7 - 1,9 |
| Limo arcilloso | 1,6 - 1,8 |
| Arcilla inorgánica | 1,5 - 1,7 |
| Arcilla orgánica | 1,3 - 1,6 |

Fig.29. Ángulo de fricción para suelos no cohesivos. (Ocampo, 2014).

| Tipo de terreno | Peso específico (kN/m ³) | Peso específico (lb/ft ³) |
|--|---|--|
| Arcilla | 19 | 122.039 |
| Arcilla difícil de amasar, dura | 21 | 134.885 |
| Arcilla fácil de amasar, blanda | 18 | 115.616 |
| Marga arenosa, rígida | 23 | 147.731 |
| Arcilla arenosa, dureza media | 18 | 115.616 |
| Arcilla arenosa, blanda | 17 | 109.192 |
| Limo | 18 | 115.616 |
| Fango orgánico blando, poco arcilloso | 14 | 89.923 |
| Fango blando muy arcilloso con abundante materia orgánica | 13 | 83.5 |

Fig.30. Pesos específicos de algunos materiales. (Elaboración propia)

8.4 Cohesión en la base Ca

El valor de la cohesión se puede determinar a partir de pruebas de compresión no confinada en laboratorio, pruebas de corte con paletas o pruebas triaxiales sin drenaje. Correlaciones de resistencia al corte con pruebas de penetración estándar y también se pueden usar pruebas de penetración de cono. (Naval facilities engineering command, 1986).

| Material | Cohesión(psf) | Cohesión(kPa) |
|-----------------------------|---------------|-----------------|
| Suelo cohesivo muy blando | 0 - 250 | 0 - 11,970 |
| Suelo cohesivo suave | 250 - 500 | 11,970 - 23.94 |
| Suelo cohesivo medio rígido | 500 - 750 | 23.94 - 35.91 |
| Suelo cohesivo rígido | 750 - 950 | 35.91 - 45.486 |
| Suelo cohesivo muy rígido. | 950 - 1,300 | 45.486 - 62.244 |

Fig.31. Adherencia entre el suelo y la superficie del pilote o la superficie de algunos otros materiales de base. (Elaboración propia de acuerdo a manual Naval facilities engineering command)

8.5 Aceleraciones sísmicas

No todos los muros necesitan ser analizados para cargas sísmicas. Las recomendaciones del Proyecto NCHRP 12-70 indican que la aceleración máxima del suelo ajustada al sitio $F_{PGA}PGA$, sí es inferior a 0,3 g y el relleno detrás de la pared es plana, no es necesario un análisis sísmico a menos que la cimentación sea susceptible a la licuefacción. De manera similar, no es necesario ningún análisis si el PGA ajustado al sitio es menor a 0.2 g y la pendiente del relleno es más plano que 3H:1V o si el PGA ajustado al sitio es inferior a 0,1 g y la pendiente del relleno es más plana que 2H:1V y no se prevé licuefacción. La Tabla 11-1 (NCHRP, 2008) resume estas condiciones bajo que no es necesario un análisis sísmico para las estructuras de contención de tierra independientes. (U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2011).

| Slope Angle Above Wall | $F_{PGA}PGA$ |
|------------------------|--------------|
| Flat | 0.3 g |
| 3H:1V | 0.2 g |
| 2H:1V | 0.1 g |

Fig.32. Condiciones bajo las cuales no se requiere el análisis sísmico para un muro de contención de tierra autoportante. (NCHRP, 2008)

En la NSR-10 se consideran 3 zonas de amenaza sísmica, amenaza baja para la cual se consideran valores de aceleraciones horizontales o verticales menores de 0.10 g, intermedia cuyos valores están entre 0.10 y 0.20 g, y alta para valores mayores a 0.20. Con el siguiente mapa (**figura 32**) puede guiarse para saber que valores de aceleración presenta según la zona en la que se encuentre, de igual manera con la tabla (**figura 33**), también se pueden hallar los valores de aceleración para algunas ciudades.

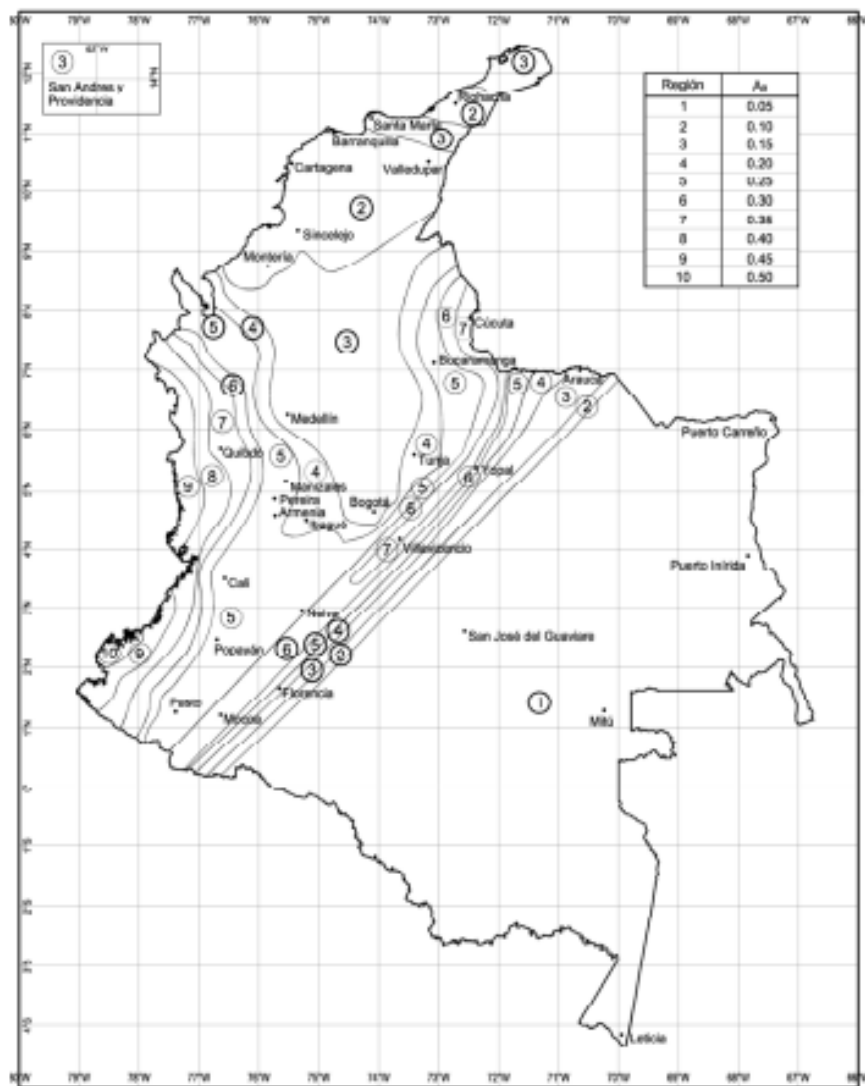


Fig.33. Mapa de Colombia zonificado por aceleraciones sísmicas. (NSR-10, 2010)

| Ciudad | A_a | A_v | Zona de Amenaza Sísmica |
|-----------------------|-------|-------|-------------------------|
| Arauca | 0.15 | 0.15 | Intermedia |
| Armenia | 0.25 | 0.25 | Alta |
| Barranquilla | 0.10 | 0.10 | Baja |
| Bogotá D. C. | 0.15 | 0.20 | Intermedia |
| Bucaramanga | 0.25 | 0.25 | Alta |
| Cali | 0.25 | 0.25 | Alta |
| Cartagena | 0.10 | 0.10 | Baja |
| Cúcuta | 0.35 | 0.30 | Alta |
| Florencia | 0.20 | 0.15 | Intermedia |
| Ibagué | 0.20 | 0.20 | Intermedia |
| Leticia | 0.05 | 0.05 | Baja |
| Manizales | 0.25 | 0.25 | Alta |
| Medellín | 0.15 | 0.20 | Intermedia |
| Mitú | 0.05 | 0.05 | Baja |
| Mocoa | 0.30 | 0.25 | Alta |
| Montería | 0.10 | 0.15 | Intermedia |
| Neiva | 0.25 | 0.25 | Alta |
| Pasto | 0.25 | 0.25 | Alta |
| Pereira | 0.25 | 0.25 | Alta |
| Popayán | 0.25 | 0.20 | Alta |
| Puerto Carreño | 0.05 | 0.05 | Baja |
| Puerto Inírida | 0.05 | 0.05 | Baja |
| Quibdó | 0.35 | 0.35 | Alta |
| Riohacha | 0.10 | 0.15 | Intermedia |
| San Andrés, Isla | 0.10 | 0.10 | Baja |
| Santa Marta | 0.15 | 0.10 | Intermedia |
| San José del Guaviare | 0.05 | 0.05 | Baja |
| Sincelejo | 0.10 | 0.15 | Intermedia |
| Tunja | 0.20 | 0.20 | Intermedia |
| Valledupar | 0.10 | 0.10 | Baja |
| Villavicencio | 0.35 | 0.30 | Alta |
| Yopal | 0.30 | 0.20 | Alta |

Fig.34. Aceleraciones zonificado por coeficientes de aceleración. (NSR-10, 2010)

8.6 Coeficiente de presión sísmica de la tierra

El coeficiente sísmico máximo (k_{max}) para el cálculo de la presión sísmica de la tierra se determinará en la base de la aceleración máxima ajustada de clase de sitio en la superficie del suelo $F_{PGA}PGA$.

$$k_{max} = F_{PGA} * PGA$$

Donde F_{PGA} , es el factor de sitio para PGA

Y PGA es la aceleración pico efectiva o A_a en NSR-10.

Para hallar el tipo de suelo que se tiene y posteriormente hallar el coeficiente de amplificación se puede usar la descripción de la tabla **Tabla A.2.4-1** de la NSR10, ver **figura 35**.

| Tipo de perfil | Descripción | Definición |
|----------------|---|---|
| A | Perfil de roca competente | $\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$ |
| B | Perfil de roca de rigidez media | $1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$ |
| C | Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | $760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$ |
| | perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios | $\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa } (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$ |
| D | Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | $360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$ |
| | perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones | $50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa } (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa } (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$ |
| E | Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o | $180 \text{ m/s} > \bar{V}_s$ |
| | perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas | $IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa } (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$ |
| F | Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m) | |

Fig.35. Clasificación de los perfiles de suelo. (NSR-10, 2010)

Para hallar el factor de sitio se puede utilizar la **Figura A.2.4-1** o **Tabla A.2.4-2** de la NSR-10, ver **figura 35** y **figura 36** respectivamente, en cualquiera de los dos casos F_a depende del tipo de suelo y la aceleración pico efectiva.

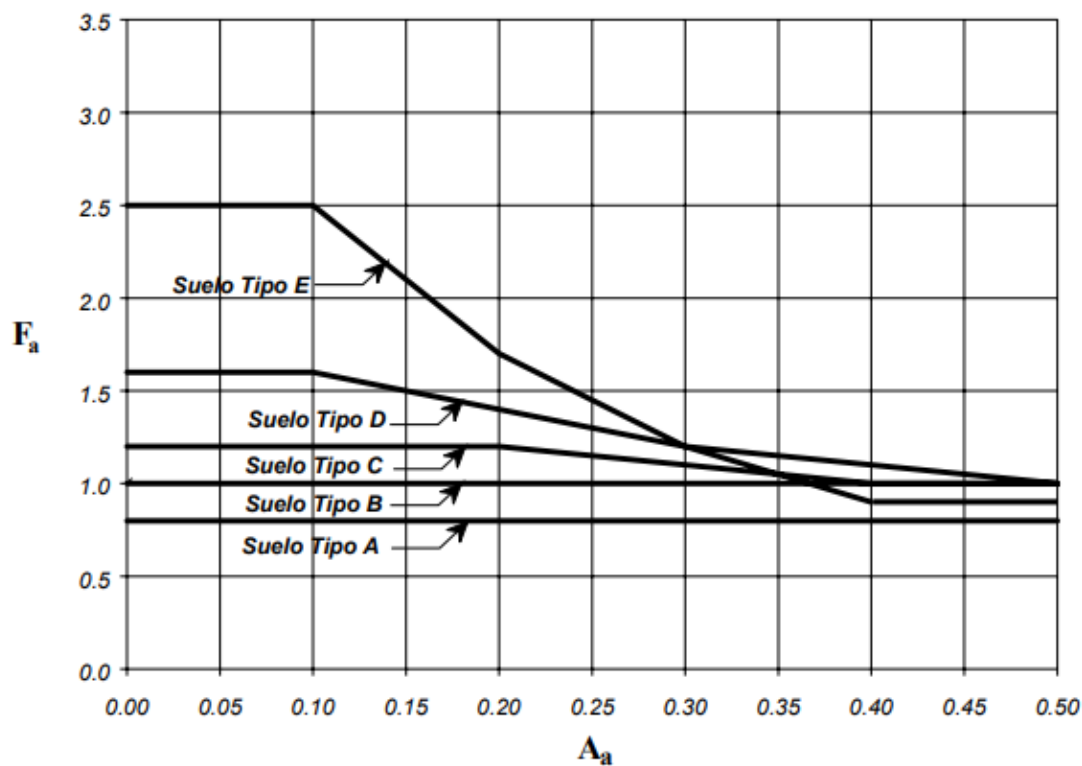


Fig.36. Coeficiente de amplificación F_a del suelo para la zona de períodos cortos del espectro. (NSR-10, 2010)

| Tipo de Perfil | Intensidad de los movimientos sísmicos | | | | |
|----------------|--|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | $A_a \leq 0.1$ | $A_a = 0.2$ | $A_a = 0.3$ | $A_a = 0.4$ | $A_a \geq 0.5$ |
| A | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| B | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| D | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| E | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 0.9 | 0.9 |
| F | véase nota | véase nota | véase nota | Véase nota | véase nota |

Fig.37. Valores del coeficiente F_a , para la zona de períodos cortos del espectro. (NSR-10, 2010)

8.7 Coeficiente de aceleración sísmica horizontal y vertical

Para el coeficiente de aceleración sísmica horizontal puede usar.

$$k_h = k_{max}$$

$$k_h = a_s, \text{ donde } a_s \text{ es la aceleración máxima del terreno}$$

En la ingeniería práctica se ha estimado el valor del coeficiente sísmico como una fracción constante de la aceleración máxima del terreno para los eventos de diseño y usualmente se aplican valores entre 0.33 y 0.67 dependiendo de la zona sísmica. (Martínez, R., Barrera, S. y Gómez, P., 2011)

Martínez, Barrera y Gómez también mencionan que en la práctica chilena el coeficiente sísmico horizontal k_h puede ser calculado por dos métodos.

1. Expresión de Saragoni (1993)

- $k_h = \left(0.3 * \frac{a_{max}}{g}\right); a_{max} < 0.67$
- $k_h = \left(0.2 * \frac{a_{max}}{g}\right)^{0.2}; a_{max} > 0.67$

Donde a_{max} es la aceleración pico efectiva.

2. Manual Chileno de Carreteras (2002)

- $k_h = 0.5 * A'_o$

Donde A'_o representa el coeficiente máximo efectivo de aceleración, el cual depende de la zona, ver **figura 35**.

| Zona Sísmica | A'_o |
|--------------|--------|
| 1 | 0,2 |
| 2 | 0,3 |
| 3 | 0,4 |

Fig.38. Coeficiente máximo efectivo de aceleración. (Martínez, R., Barrera, S. y Gómez, P., 2011)

9. Factores de seguridad indirectos

En Ingeniería Civil en general el Factor de Seguridad FS se define como la relación entre fuerzas resistentes FR y actuantes FA y se usa para evaluar el Estado Límite de Falla. (NSR-10,2010)

$$FS = \frac{F_R}{F_A}$$

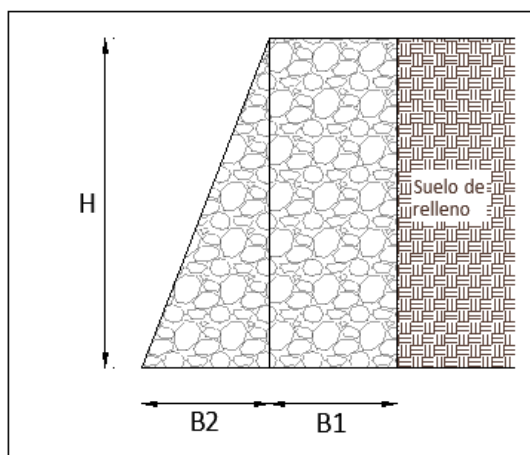
La NSR-10 afirma que se deben cumplir con unos factores de seguridad mínimos los cuales son indicados en la tabla H.6.9-1 de la norma, ver **figura 38**.

| Condición | Construcción | Estático | Sismo | Seudo estático |
|--|---|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Deslizamiento | 1.60 | 1.60 | Diseño | 1.05 |
| Volcamiento: el que resulte más crítico de Momento Resistente/ Momento Actuante Excentricidad en el sentido del momento (e/B) | ≥ 3.00 $\leq 1/6$ | ≥ 3.00 $\leq 1/6$ | Diseño Diseño | ≥ 2.00 $\leq 1/4$ |
| Capacidad portante | Iguales a los de la Tabla H.4.1 | | | |
| Estabilidad Intrínseca materiales térreos (reforzados o no) | Iguales a los de la Tabla H.2.1 | | | |
| Estabilidad Intrínseca materiales manufacturados | Según material (Concreto-Título C; Madera-Título G; etc.) | | | |
| Estabilidad general del sistema: Permanente o de Larga duración (> 6 meses) Temporal o de Corta duración (< 6 meses) | 1.20 1.20 | 1.50 1.30 | Diseño 50% de Diseño | 1.05 1.00 |
| Laderas adyacentes (Zona de influencia > 2.5H) | 1.20 | 1.50 | Diseño | 1.05 |

Fig.39. Factores de seguridad indirectos mínimos. (NSR-10,2010)

10. Ejemplos para casos estáticos.

10.1 Ejemplo Muro de gravedad

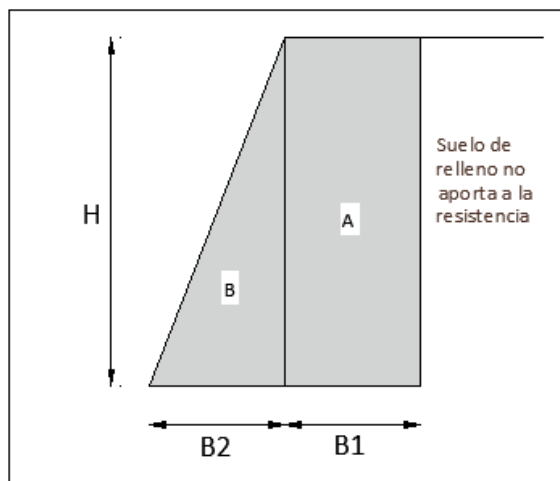


| MURO A GRAVEDAD (Sección triangular) | |
|--|----------------------|
| ALTURA DEL MURO (H) | 6 m |
| BASE 1 DEL MURO | 2 m |
| BASE 2 DEL MURO | 2 m |
| LONGITUD | 1 m |
| PESO ESPECIFICO (<i>concreto</i>) | 24 kN/m ³ |
| ANGULO DE INCLINACIÓN DEL MURO (β) | 90° |

| SUELO DE RELLENO (Nivel freático Saturado) | |
|--|-------------------------|
| PESO ESPECIFICO (<i>ymojado</i>) | 20,81 kN/m ³ |
| ANGULO DE FRICCION (ϕ_1) | 32° |
| ANGULO DE FRICCION Base (ϕ_2) | 29° |
| INCLINACION DEL RELLENO (α) | 0° |
| COHESIÓN | 0 Kpa |
| SOBRE-CARGA | 0 kN/m |

| SUELO DE CIMENTACIÓN | |
|--|-------------------------|
| ANGULO DE FRICCION ENTRE EL SUELO Y EL MURO (δ) | 26° |
| PESO ESPECIFICO (<i>ymojado</i>) | 19.81 kN/m ³ |
| COHESIÓN | 0 Kpa |

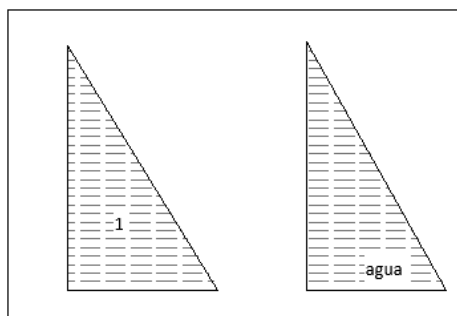
Factores Resistentes



| Sección | Volumen (m ³) | Peso/longitud unitaria (kN/m) | Brazo (m) | Momento ($\frac{kN-m}{m}$) |
|---------|---------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------------|
| A | 12 | 288 | 3 | 864 |
| B | 6 | 144 | 1,333 | 192 |
| TOTAL | | 432 | | 1056 |

Factores Actuantes

| | |
|-----------|-------|
| Condición | 32° |
| Ka | 0.275 |



| Sección | Fuerzas ($\frac{kN}{m}$) | Momento ($\frac{kN \cdot m}{m}$) |
|---------|----------------------------|------------------------------------|
| 1 | 54,45 | |
| agua | 176,58 | 353,16 |

| | Fuerzas ($\frac{kN}{m}$) | Fuerzas ($\frac{kN}{m}$) | Brazos(m) | Momento ($\frac{kN \cdot m}{m}$) |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|------------------------------------|
| $Pav(\text{resistente})$ | $54,45 * \sin 26$ | 23,869 | 4 | 95,476 |
| $Pah(\text{actuante})$ | $54,45 * \cos 26$ | 48,939 | $\frac{6}{3}$ | 97,878 |

$$F.S_{Des} = \frac{(432 + 23,869) * \tan 29}{48,939 + 176,58}$$

$$F.S_{Des} = 1,120$$

$$\text{Caso1. } F.S_{Volc} = \frac{1056 + 95,476}{97,878 + 353,16}$$

$$\text{Caso1. } F.S_{Volc} = 2,55$$

$$\text{Caso2. } F.S_{Volc} = \frac{1056}{97,878 + 353,16 - 95,476}$$

$$\text{Caso2. } F.S_{Volc} = 2,969$$

Muro de Gravedad

DATOS DEL MURO

Tipo de Muro: Inclínación? ☐ SI SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

P.e. Concreto: kN/m³ Ángulo de fricción suelo-muro δ : grados*

Base 1: m Ángulo de fricción base-muro ϕ : grados*

Base 2: m Ángulo de inclinación del muro β : grados*

Altura muro: m

Análisis de Estabilidad

 Factores de Seguridad

| | |
|--|------|
| Revisión por Deslizamiento | 1.12 |
| Revisión por Volcamiento (+Resistente) | 2.55 |
| Revisión por Volcamiento (-Actuante) | 2.97 |

Estratigravedad

Datos del suelo

| Espeor (m) | Peso.e. (kN/m ³) | Phi (Grados*) |
|------------|------------------------------|---------------|
| 6.0000 | 20.8100 | 32.0000 |

Condición del Suelo: ☐ Suelo Posterior

N.F.

Superficie Estratos

$\gamma = 20.81$
 $\phi = 32$
 $H = 6$

SIN NIVEL FREÁTICO

| SUELO DE RELLENO (Sin Nivel freático) | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| PESO ESPECIFICO (γ_{mojado}) | 20,81 kN/m ³ |
| ANGULO DE FRICCIÓN (ϕ_1) | 32° |
| ANGULO DE FRICCIÓN Base (ϕ_2) | 29° |
| INCLINACION DEL RELLENO (α) | 0° |
| COHESIÓN | 0 Kpa |
| SOBRE-CARGA | 0 kN/m |

Factores Actuantes

| | |
|-----------|-------|
| Condición | 32° |
| Ka | 0.275 |

| Sección | Fuerzas ($\frac{kN}{m}$) | Momento ($\frac{kN \cdot m}{m}$) |
|---------|----------------------------|------------------------------------|
| 1 | 103,01 | |

| | Fuerzas ($\frac{kN}{m}$) | Fuerzas ($\frac{kN}{m}$) | Brazos(m) | Momento ($\frac{kN \cdot m}{m}$) |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|------------------------------------|
| <i>Pav</i> (resistente) | $103,01 * \sin 26$ | 45,156 | 4 | 180,624 |
| <i>Pah</i> (actuante) | $103,01 * \cos 26$ | 92,58 | $\frac{6}{3}$ | 185,16 |

$$F.S_{Des} = \frac{(432 + 23,869) * \tan 29}{48,939 + 176,58}$$

$$F.S_{Des} = 1,120$$

$$\text{Caso1. } F.S_{Volc} = \frac{1056 + 180,624}{185,16}$$

$$\text{Caso1. } F.S_{Volc} = 6,678$$

$$\text{Caso2. } F.S_{Volc} = \frac{1056}{185,16 - 180,624}$$

$$\text{Caso2. } F.S_{Volc} = 232,8$$

MGavedad

Muro de Gravedad

DATOS DEL MURO

Tipo de Muro:

Inclinación? ☐ SI ☒ NO

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

P.e. Concreto: kN/m³

Base 1: m

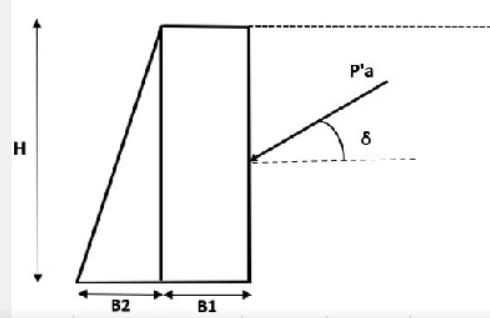
Base 2: m

Altura muro: m

Angulo de inclinación del muro β: grados°

Angulo de fricción suelo-muro δ: grados°

Angulo de fricción base-muro φ: grados°



Análisis de Estabilidad

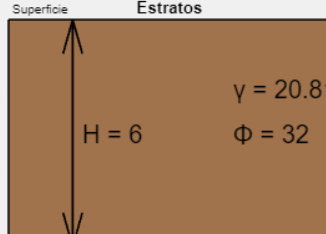
Factores de Seguridad:

| | |
|--|-------|
| Revisión por Deslizamiento | 2.86 |
| Revisión por Volcamiento (+Resistente) | 6.69 |
| Revisión por Volcamiento (-Actuante) | 232.8 |

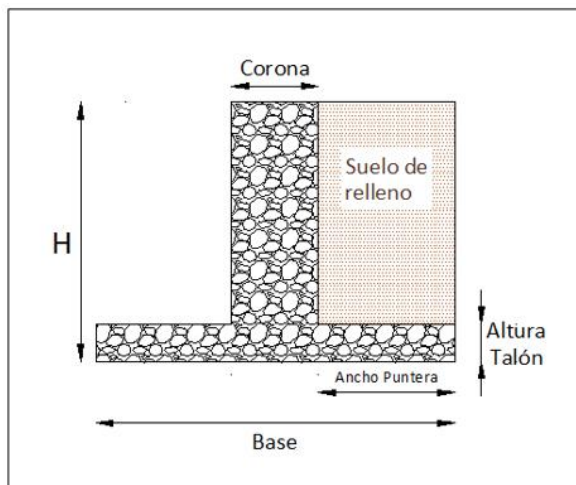
Estratigravedad

Datos del suelo

| Superficie | Estratos |
|------------|--|
| Espeor (m) | Peso.e. (kN/m ³) Phi (Grados°) |
| 6.0000 | 20.8100 32.0000 |



10.2 Ejemplo Muro en voladizo

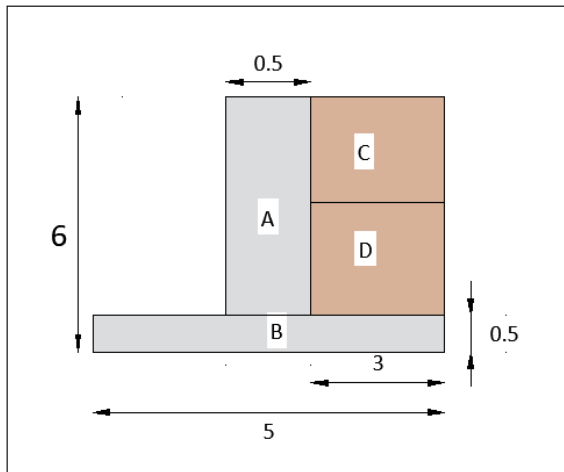


| MURO CANTELIVER (Sección T) | |
|-------------------------------------|----------------------|
| ALTURA DEL MURO (H) | 6 m |
| BASE DEL MURO | 5 m |
| CORONA | 0.5 m |
| ALTURA DEL TALÓN | 0.5 m |
| ANCHO DE LA PUNTERA | 3 m |
| LONGITUD | 1 m |
| PESO ESPECIFICO (<i>concreto</i>) | 24 kN/m ³ |

| SUELO DE RELLENO (Nivel freático en 2 estratos) | |
|---|-------------------------|
| PESO ESPECIFICO (γ) | 18 kN/m ³ |
| PESO ESPECIFICO (γ_{mojado}) | 19.81 kN/m ³ |
| ANGULO DE FRICCIÓN (ϕ_1) | 32° |
| ANGULO DE FRICCIÓN (ϕ_2) | 30° |
| INCLINACION DEL RELLENO (α) | 0° |
| COHESIÓN | 0 Kpa |
| SOBRE-CARGA | 0 kN/m |

| SUELO DE CIMENTACIÓN | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| ANGULO DE CIMENTACIÓN (δ) | 28° |
| PESO ESPECIFICO (γ_{mojado}) | 19.81 kN/m ³ |
| COHESIÓN | 0 Kpa |
| | |

Factores Resistentes



| Sección | Volumen (m^3) | Peso/longitud unitaria (kN/m) | Brazo | Momento ($\frac{kN-m}{m}$) |
|---------|-------------------|-----------------------------------|-------|------------------------------|
| A | 2,75 | 66 | 1,75 | 115,5 |
| B | 2,5 | 60 | 2,5 | 150 |
| C | 7,5 | 135 | 3,5 | 472,5 |
| D | 9 | 178,29 | 3,5 | 624,015 |
| TOTAL | | 439,29 | | 1362,02 |

Cálculo del empuje

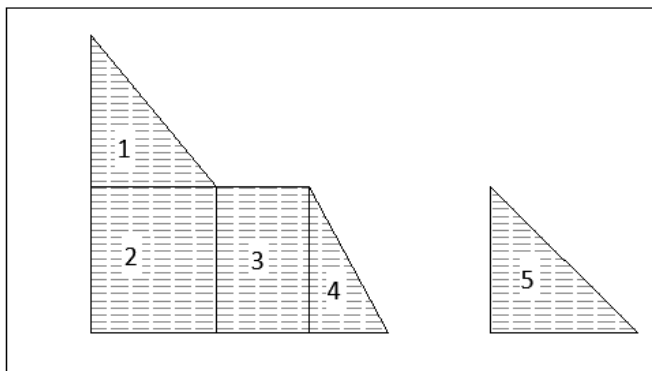
Método Rankine

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi}$$

| Condición | 32° | 30° |
|-----------|-------|-------|
| K_a | 0.307 | 0.333 |

Factores Actuantes



| Sección | Fuerzas($\frac{kN}{m}$) |
|----------|---------------------------|
| 1 | 17,275 |
| 2 | 48,37 |
| 3 | 4,13 |
| 4 | 20,422 |
| 5 (agua) | 60,1 |
| Total | 150,3 |

| Sección | Brazos | Brazos | Momentos($\frac{kN-m}{m}$) |
|----------|-----------------------|--------|------------------------------|
| 1 | $3,5 + \frac{2,5}{3}$ | 4,333 | 74,85 |
| 2 | $\frac{3,5}{2}$ | 1,75 | 84,65 |
| 3 | $\frac{3,5}{2}$ | 1,75 | 7,22 |
| 4 | $\frac{3,5}{3}$ | 1,167 | 23,832 |
| 5 (agua) | $\frac{3,5}{2}$ | 1,167 | 70,137 |
| Total | | | 260,689 |

$$F.S_{Des} = \frac{\sum F_{Resistentes} * \tan\delta + C * \beta}{F_{Actuantes} + P_{agua}}$$

$$F.S_{Des} = \frac{439,9 * \tan 28 + 0 * \beta}{90,18 + 60,1}$$

$$F.S_{Des} = 1,55$$

$$F.S_{Volc} = \frac{\sum M_{Resistentes}}{\sum M_{Actuantes}}$$

$$F.S_{Volc} = \frac{1362,02}{260,689}$$

$$F.S_{Volc} = 5,22$$

Muro en Voladizo

Características del muro

Peso Concreto: 24 kN/m³

Base Muro: 5 m

Altura muro(H): 6 m

Corona: 0.5 m

Altura Talón(H.T): 0.5 m

Ancho Puntera: 3 m

Delta (δ): 28 grados°

Inclinación: ☐ SI ☒ NO

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

Tipo de Carga:

Carga: 0 kN/m

☐ Muro Canteliver?

Estratigrafia

Análisis de estabilidad

Calcular

Factores de Seguridad

Revision por Deslizamiento: 1.55

Revision por Volcamiento: 5.22

Estratificacionprimer

Datos del suelo

| Espesor (m) | Peso e. (kN/m ³) | Phi Φ (grados°) |
|-------------|------------------------------|-----------------|
| 2.5000 | 18.0000 | 32.0000 |
| 3.5000 | 19.8100 | 30.0000 |

Superficie Estratos

γ1 = 18 Φ1 = 32

H = 6

γ2 = 19.81 Φ2 = 30

Condición del Suelo: Ka

N.F: 2

α: 0 grados°

C: 0 kPa

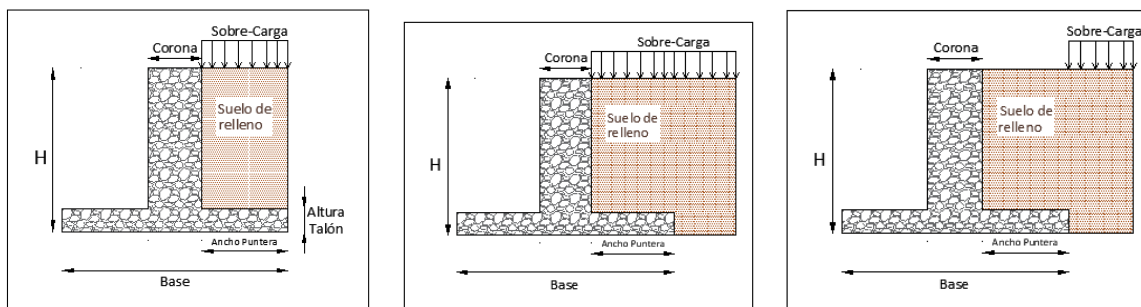
Añadir Eliminar

☐ Suelo Posterior

Aceptar

- Si se presenta una sobrecarga se consideran 3 tipos de posibilidades.

1. Sobre la Puntera.
2. Por fuera de la puntera.
3. Sobre y por fuera de la puntera.



Sobre - carga = 30 kN/m

| SUELO DE RELLENO (Nivel freático en 2do estrato) | |
|--|-------------------------|
| PESO ESPECIFICO (γ) | 18 kN/m ³ |
| PESO ESPECIFICO (γ_{mojado}) | 19.81 kN/m ³ |
| ANGULO DE FRICCION (ϕ_1) | 32° |
| ANGULO DE FRICCION (ϕ_2) | 30° |
| INCLINACION DEL RELLENO (α) | 0° |
| COHESIÓN | 0 Kpa |
| SOBRE-CARGA | 30kN/m |

Esfuerzos producidos por la sobrecarga

$$K_a * Carga = Esfuerzo$$

estrato1:

$$0,307 * 30 = 9,21$$

$$P_{carga1} = 23,03$$

$$Brazo1 = 4,75$$

$$M1 = 109,393$$

estrato2:

$$0,333 * 30 = 9,999$$

$$P_{carga2} = 35$$

$$Brazo2 = 1,75$$

$$M2 = 61,25$$

$$P_{carga} = 58,03$$

$$M_{carga} = 170,643$$

Caso 1. Antes de la Puntera.

$$F.S_{Des} = \frac{\sum F_{Resistentes} + F_{Sobre-carga} * \tan\delta + C * \beta}{F_{Actuantes} + P_{agua}}$$

$$F.S_{Volc} = \frac{\sum M_{Resistentes} + M_{Sobre-carga}}{\sum M_{Actuantes}}$$

$$F.S_{Des} = \frac{(439,29 + 58,03) * \tan 28 + 0 * \beta}{90,18 + 60,1}$$

$$F.S_{Des} = 1,759$$

$$F.S_{Volc} = \frac{1362,02 + 170,643}{260,689}$$

$$F.S_{Volc} = 5.879$$

Muro en Voladizo

Características del muro

P.e. Concreto: 24 kN/m³

Base Muro: 5 m

Altura muro: 6 m

Corona: 0.5 m

Altura Talón: 0.5 m

Ancho Puntera: 3 m

Delta (δ): 28 grados*

Inclinación: ☐ SI ☒ NO

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S Internacional ☐ S Inglés

Tipo de Carga: Qp

Carga: 30 kN/m

☐ Muro Cantilever?

Estratigrafía

Analisis de estabilidad

Calcular

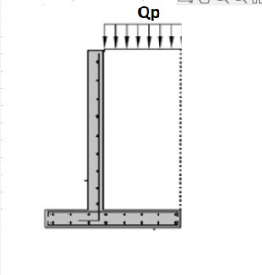
Factores de Seguridad

Revision por Deslizamiento: 1.76

Revision por Volcamiento: 6.11

Restablecer

Salir



Caso 2. Por fuera de la puntera.

$$F.S_{Des} = \frac{\sum F_{Resistentes} * \tan \delta + C * \beta}{F_{Actuantes} + P_{agua} + F_{Sobre-carga}}$$

$$F.S_{Volc} = \frac{\sum M_{Resistentes}}{\sum M_{Aactuantes} + M_{Sobre-carga}}$$

$$F.S_{Des} = \frac{(439,29 + 58,03) * \tan 28 + 0 * \beta}{90,18 + 60,1 + 58,03}$$

$$F.S_{Des} = 1,269$$

$$F.S_{Volc} = \frac{1362,02 + 170,643}{260,689 + 170,643}$$

$$F.S_{Volc} = 3,157$$

Muro en Voladizo

Características del muro

P.e. Concreto: 24 kN/m³

Base Muro: 5 m

Altura muro: 6 m

Corona: 0.5 m

Altura Talón: 0.5 m

Ancho Puntera: 3 m

Delta (δ): 28 grados*

Inclinación: ☐ SI ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

Tipo de Carga: ☐ Muro Canteliver? ☒ Qf

Carga: 30 kN/m

Estratigrafía

Analisis de estabilidad

Calcular

Factores de Seguridad

Revision por Deslizamiento: 1.12

Revision por Volcamiento: 3.23

Estratificación primer

Datos del suelo

| Espesor (m) | Peso e. (kN/m ³) | Phi Φ (grados*) |
|-------------|------------------------------|-----------------|
| 2.5000 | 18.0000 | 32.0000 |
| 3.5000 | 19.8100 | 30.0000 |

Superficie Estratos

γ1 = 18 Φ1 = 32

H = 6

γ2 = 19.81 Φ2 = 30

Condición del Suelo: ☐ Suelo Posterior

Caso 3. Sobre y por fuera de la puntera.

$$F.S_{Des} = \frac{\sum F_{Resistentes} + F_{Sobre-carga} * \tan \delta + C * \beta}{F_{Actuantes} + P_{agua} + F_{Sobre-carga}}$$

$$F.S_{Volc} = \frac{\sum M_{Resistentes} + M_{Sobre-carga}}{\sum M_{Aactuantes} + M_{Sobre-carga}}$$

$$F.S_{Des} = \frac{58,03 * \tan 28 + 0 * \beta}{90,18 + 60,1 + 58,03}$$

$$F.S_{Volc} = \frac{1362,02}{260,689 + 170,643}$$

Muro en Voladizo

Características del muro

P.e. Concreto: 24 kN/m³

Base Muro: 5 m

Altura muro: 6 m

Corona: 0.5 m

Altura Talón: 0.5 m

Ancho Puntera: 3 m

Delta (δ): 28 grados*

Inclinación: ☐ SI ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

SISTEMA DE UNIDADES: ☒ S. Internacional ☐ S. Inglés

Tipo de Carga: ☐ Muro Canteliver? ☒ Q

Carga: 30 kN/m

Analisis de estabilidad

Calcular

Factores de Seguridad

Revision por Deslizamiento: 1.27

Revision por Volcamiento: 3.64

Estratificación primer

Datos del suelo

| Espesor (m) | Peso e. (kN/m ³) | Phi Φ (grados*) |
|-------------|------------------------------|-----------------|
| 2.5000 | 18.0000 | 32.0000 |
| 3.5000 | 19.8100 | 30.0000 |

Superficie Estratos

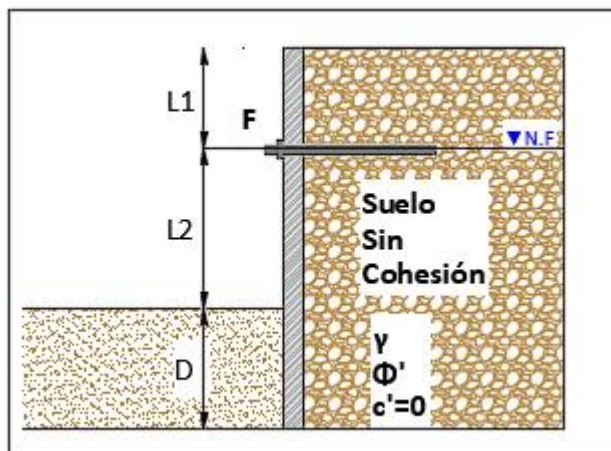
γ1 = 18 Φ1 = 32

H = 6

γ2 = 19.81 Φ2 = 30

Condición del Suelo: ☐ Suelo Posterior

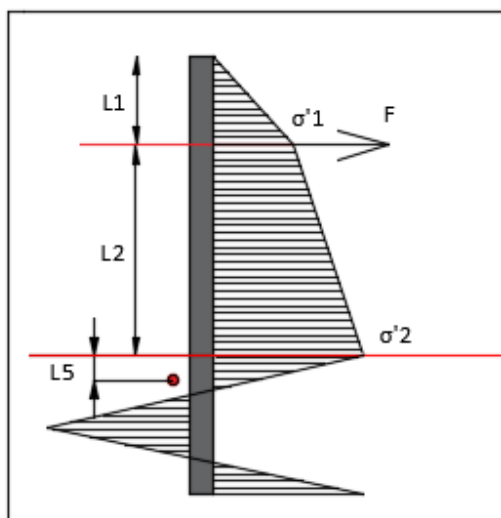
10.3 Ejemplo Muro tablestaca



| MURO TIPO TABLESTACA APUNTALADA | |
|---------------------------------|--------|
| ALTURA DEL ANCLAJE($L1$) | 1,53 m |
| LONGITUD DEL ANCLAJE($L2$) | 1,52 m |
| ANGULO DEL ANCLAJE | 0° |

| SUELO DE RELLENO (Nivel freático en 2 estrato) | |
|--|------------------------|
| PESO ESPECIFICO (γ) | 16 kN/m ³ |
| ALTUA ESTRATO ($L1$) | 3,05 m |
| ALTUA ESTRATO ($L2$) | 6,1 m |
| PESO ESPECIFICO (γ_{mojado}) | 19,5 kN/m ³ |
| ANGULO DE FRICCIÓN ($\phi1$) | 30° |
| ANGULO DE FRICCIÓN ($\phi2$) | 30° |
| COHESIÓN | 0 Kpa |

Factores Actuantes



| | | |
|-----------|--------------------------------|-------|
| Condición | | 30° |
| Ka | $\tan^2(45 - \frac{\phi'}{2})$ | 0,333 |
| Kp | $\tan^2(45 + \frac{\phi'}{2})$ | 3 |

Se determina L5, que es una función del ángulo de fricción ϕ del suelo debajo de la línea de dragado, con la tabla siguiente:

| $\phi'(\text{grados})$ | $\frac{L5}{L1 + L2}$ |
|------------------------|----------------------|
| 30° | 0,08 |
| 35° | 0,03 |
| 40° | 0 |

$$L5 = 0,08 * (3,05 + 6,1)$$

$$L5 = 0,73$$

$$\gamma' = 19,5 - 9,81$$

$$\gamma' = 9,69 \text{ kN/m}^3$$

| ESFUERZO | kN/m^2 |
|-------------|-----------------|
| σ'_1 | 16,27 |
| σ'_2 | 35,97 |

La presión activa neta a una profundidad L5 debajo de la línea de dragado se puede calcular como

$$PEF = \sigma'_2 - \gamma' * (Kp - Ka) * L5$$

$$PEF = 35,97 - 9,69 * (3 - 0,333) * 0,73$$

$$PEF = 17,1 \text{ kN/m}^3$$

$$L' = l_2 + L_2 + L_5$$

$$L' = 8,35$$

Momento máximo

$$W = 0,5 * (s_1 + s_2) * l_2 + 0,5 * L_2 * (s_2 + \sigma'_2) + 0,5 * L_5 * (\sigma'_2 + PEF)$$

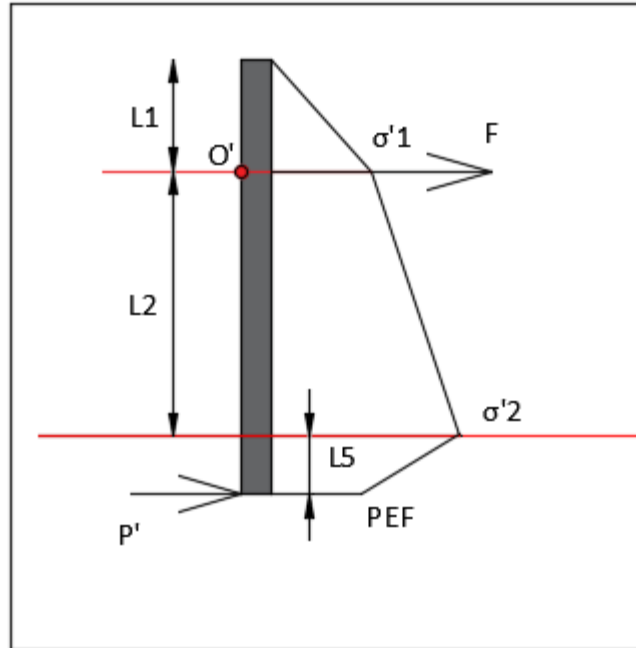
$$W = 0,5 * (8,16 + 16,27) * 1,52 + 0,5 * 6,1 * (16,27 + 35,27) + 0,5 * 0,73 * (35,97 + 17,1)$$

$$W = 197,2 \text{ kN/m}$$

$$M_{MAX} = \frac{W * L'}{8}$$

$$M_{MAX} = 205,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \text{m}$$

El diagrama de presión neta



$$P' = \frac{1}{L} * \text{Momento respecto a } O'$$

$$\text{Brazo1} = \left(\frac{2}{3} * 3,05 - 1,53 \right) = 0,503$$

$$\text{Brazo2} = \left(1,52 + \frac{6,1}{2} \right) = 4,57$$

$$\text{Brazo3} = \left(1,52 + \frac{2}{3} * 6,1 \right) = 5,587$$

$$\text{Brazo4} = 0,73 * \left(1,52 + 6,1 + \frac{0,73}{2} \right) = 5,829$$

Momento 1 respecto a O'

$$= [(0,5 * 16,27 * 3,05 * 0,503) + (16,27 * 6,1 * 4,57) + (0,5 * 6,1 * (35,97 - 16,27) * 5,587) + (0,5 * (35,97 + 17,1) * 5,829)]$$

$$\text{Momento 1 respecto a } O' = 956,736 \frac{kN}{m} * m$$

$$P' = \frac{1}{8,35} * 956,736$$

$$P' = 114,938 \text{ kN/m}$$

$$D = L5 + 1,2 \sqrt{\frac{6P'}{(Kp - Ka) * Y'}}$$

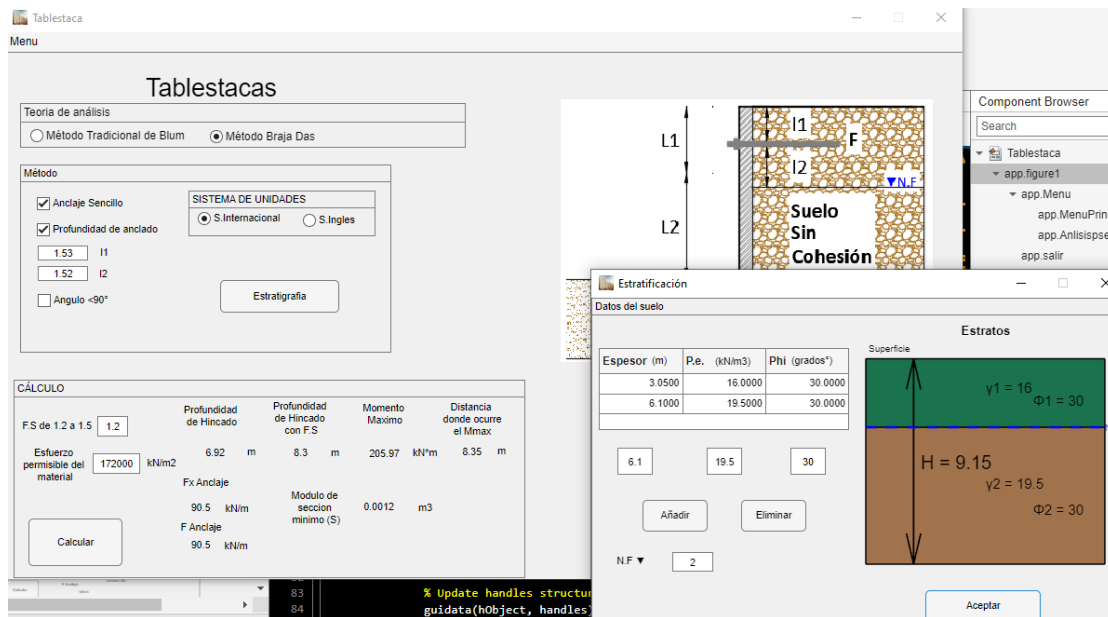
$$D = 0,73 + 1,2 \sqrt{\frac{6 * 114,938}{(3 - 0,333) * 9,69}}$$

$$D = 6,929 \text{ m}$$

Tomando el momento respecto al punto de aplicación de P' se obtiene la fuerza del anclaje F

$$F = \frac{1}{L'} * \text{Momento respecto a } l$$

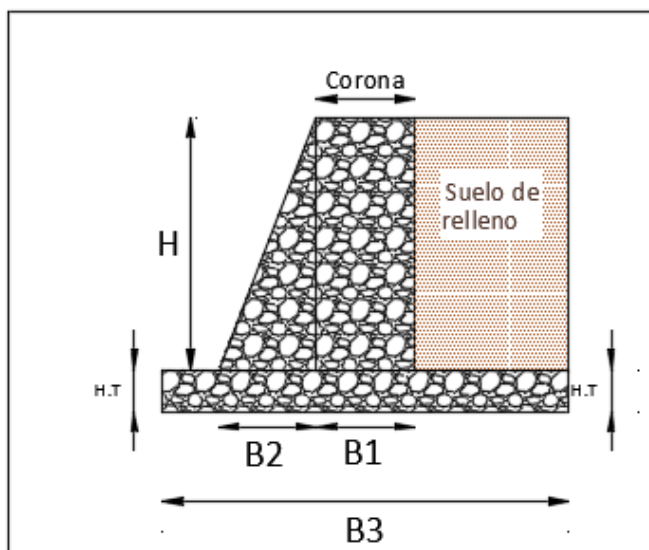
$$F = 88,95 \text{ kN/m}$$



The screenshot displays the 'Tablestaca' software interface, which is used for calculating the design of sheet piles. The main window is titled 'Tablestacas' and contains several sections:

- Teoría de análisis:** Options for 'Método Tradicional de Blum' and 'Método Braja Das'.
- Método:** Checkboxes for 'Anclaje Sencillo' and 'Profundidad de anclaje'. A 'SISTEMA DE UNIDADES' section allows switching between 'S. Internacional' (selected) and 'S. Ingles'.
- CÁLCULO:** A table showing calculated values for different parameters. The 'F.S. de 1.2 a 1.5' column has a value of 1.2. The 'Profundidad de Hincado' is 6.92 m. The 'Profundidad de Hincado con F.S.' is 8.3 m. The 'Momento Máximo' is 205.97 kN*m. The 'Distancia donde ocurre el Mmax' is 8.35 m. The 'Esfuerzo permisible del material' is 172000 kN/m². The 'Fx Anclaje' is 90.5 kN/m. The 'F Anclaje' is 90.5 kN/m. The 'Modulo de seccion minimo (S)' is 0.0012 m³.
- Estratificación:** A window showing soil data. It includes a table for 'Datos del suelo' with columns for 'Espesor (m)', 'P.e. (kN/m³)', and 'Phi (grados)'. The data shows two layers: 3.0500 m of soil with P.e. 16.0000 and Phi 30.0000, and 6.1000 m of soil with P.e. 19.5000 and Phi 30.0000. Below the table are buttons for 'Añadir' and 'Eliminar'. A 'Superficie' section shows a diagram of the soil profile with a green layer (γ1 = 16, Φ1 = 30) and a brown layer (γ2 = 19.5, Φ2 = 30). The total height H is 9.15 m. A 'Aceptar' button is at the bottom right.

11. Ejemplo para casos pseudo-estáticos



| MURO EN VOLADIZO | |
|--|------------------------|
| ALTURA DEL MURO (H) | 6 m |
| ALTURA DEL MURO ($H + H.T$) | 6,07 m |
| BASE DEL MURO ($B3$) | 4 m |
| BASE DEL MURO($B1$) | 0,5 m |
| BASE DEL MURO($B2$) | 0,2 m |
| ALTURA DEL TALÓN ($H.T$) | 0,7 m |
| TALÓN | 2,6 m |
| CORONA | 0,5 m |
| LONGITUD | 1 m |
| PESO ESPECIFICO (concreto) | 23,58kN/m ³ |
| ANGULO DE INCLINACIÓN DEL MURO (β) | 90° |

| SUELO DE RELLENO (Nivel freático Seco) | |
|--|----------------------|
| PESO ESPECIFICO (γ_{seco}) | 18 kN/m ³ |
| ANGULO DE FRICCION ($\phi1$) | 30° |
| ANGULO DE FRICCION Base ($\phi2$) | 20° |
| INCLINACION DEL RELLENO (α) | 10° |
| COHESIÓN | 0 Kpa |
| ALTURA DEL ESTARTO ($H + H.T + H.C$) | 7,158m |
| SOBRE-CARGA | 0 kN/m |
| COEFICIENTE HORIZONTAL DE ACERLERACIÓN(Kh) | 0,25 g |
| COEFICIENTE VERTICAL DE ACERLERACIÓN(Kv) | 0 g |

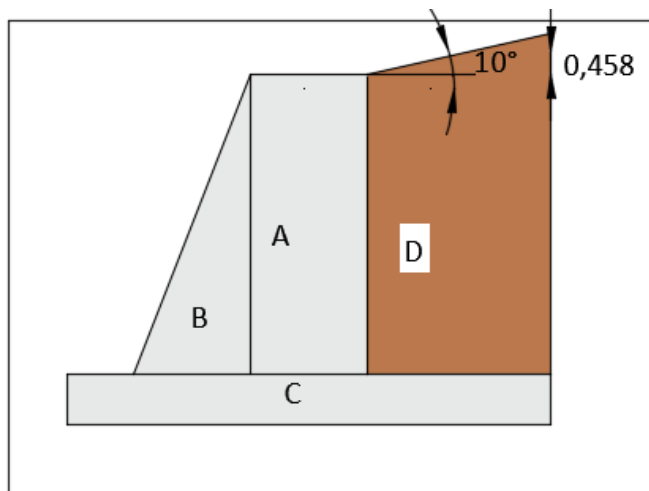
| SUELO DE CIMENTACIÓN | |
|--|-------------------------|
| ANGULO DE FRICCIÓN ENTRE EL SUELO Y EL MURO (δ) | 10° |
| PESO ESPECIFICO (γ_{mojado}) | 20,81 kN/m ³ |
| COHESIÓN | 0 Kpa |

$$\tan(10^\circ) = hc/2,6$$

$$hc = 0,458$$

$$D2 = 0,458 * 2,6 * 1$$

$$D2 = 0,595 \text{ m}^3$$



| Sección | Volumen (m ³) | Peso/longitud unitaria (kN/m) | Brazo (m) | Momento($\frac{kN-m}{m}$) |
|---------|---------------------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|
| A | 3 | 70,74 | 1,15 | 81,35 |
| B | 0,6 | 14,15 | 0,833 | 11,79 |
| C | 2,8 | 66,02 | 2 | 132,04 |
| D1 | 15,6 | 280,80 | 2,7 | 758,16 |
| D2 | 0,595 | 10,71 | 3,13 | 33,52 |
| TOTAL | | 442,42 | | 1016,76 |

Factores Actuantes

| | |
|-----------|-------|
| Condición | 30° |
| Ka | 0,353 |

| Sección | Fuerzas ($\frac{kN}{m}$) | Momento ($\frac{kN \cdot m}{m}$) |
|---------|----------------------------|------------------------------------|
| Pa | 162,9 | |
| Agua | 0 | 0 |

| | Fuerzas (kN/m) | Fuerzas (kN/m) | Brazos (m) | Momento ($\frac{kN \cdot m}{m}$) |
|-------|--------------------------|----------------|-------------------|------------------------------------|
| Pav | $162,9 * \sin(10^\circ)$ | 28,287 | 4 | 113,148 |
| Pah | $162,9 * \cos(10^\circ)$ | 160,425 | $\frac{7,158}{3}$ | 382,774 |

Factores de sismo para $A_a = A_v = 0,2$ y un desplazamiento $\Delta = 50mm$

$$Kh = A_a * \left[\frac{0,2 * A_v^2}{A_a * \Delta} \right]^{0,25}$$

$$Kh = 0,0336g$$

$$\theta' = \arctg\left(\frac{Kh}{1 - Kv}\right)$$

$$\theta' = 1,92^\circ$$

$$Kae \text{ o } Kad = \frac{\sin^2(\phi - \theta + \beta)}{\cos(\theta) * \sin^2(\beta) * \sin(\beta - \theta - \delta) * \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \theta - \alpha)}{\sin(\beta - \delta - \theta) * \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$= \frac{\sin^2(30^\circ - 6,391^\circ + 90^\circ)}{\cos(6,391^\circ) * \sin^2(90^\circ) * \sin(90^\circ - 6,391^\circ - 10^\circ) * \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30^\circ + 10^\circ) * \sin(30 - 6,391^\circ - 10^\circ)}{\sin(90^\circ - 10^\circ - 6,391^\circ) * \sin(10^\circ + 90^\circ)}}\right]^2}$$

$$Kae \text{ o } Kad \approx 0,376$$

$$Pae = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * (1 - Kv) * Kae$$

$$Pae = \frac{1}{2} * 18 * 7,158^2 * (1 - 0) * 0,376$$

$$Pae = 173,386$$

$$\Delta Pae = Pae - Pa$$

$$\Delta Pae = 173,386 - 162,9$$

$$\Delta Pae = 10,489 \text{ kN/m}$$

$$\bar{Z} = 2,50$$

$$Mea = \bar{Z} * Pae * \cos(10^\circ)$$

$$Mea = 426,88 \text{ kN} * \text{m}$$

FACTORES DE SEGURIDAD DINAMICOS

$$F.S_{Des} = \frac{(442,42 + 28,287) * \tan 20}{160,425 + 10,489}$$

$$F.S_{Des} = 1,002$$

$$\text{Caso1. } F.S_{Volc} = \frac{1016,76 + 113,148}{382,774 + 426,88}$$

$$\text{Caso1. } F.S_{Volc} = 1,396$$

$$\text{Caso2. } F.S_{Volc} = \frac{1016,76}{382,774 + 426,88 - 113,148}$$

$$\text{Caso2. } F.S_{Volc} = 1,459$$

Peso del muro para el desplazamiento tolerable que puede tener lugar durante un sismo

$$C_{IE} = \frac{\sin(\beta - \delta) - \cos(\beta - \delta) * \tan(\phi)}{(1 - K_v) * (\tan(\phi_2) - \tan(\theta'))}$$

$$C_{IE} = \frac{\sin(90 - 10) - \cos(90 - 10) * \tan(30)}{(1 - 0) * (\tan(20) - \tan(1,92))}$$

$$C_{IE} = 2,677$$

$$W_w = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * (1 - K_v) * K_{ae} * C_{IE}$$

$$W_w = \frac{1}{2} * 18 * 7,158^2 * (1 - 0) * 0,376 * 2,677$$

$$W_w = 464,154 \text{ kN/m}$$

$$W_w * F.S = 464,154 * 1,002$$

$$W_w = 465,082 \text{ kN/m}$$

Para un factor de seguridad recomendado de 1,5

$$W_w * F.S = 464,154 * 1,5$$

$$W_w = 696,227 \text{ kN/m}$$

PSEUDO-ESTATICO

TEORIAS

☐ Mononobe-Okabe ☐ Metodo Simplificado ☒ Richard y Elms

Metodo Richards y Elms

Desp. Restringido (Dr) m Coeficiente de aceleración efectiva (Aa) g Coeficiente de velocidad pico efectiva (Av) g

Tipo de Muro Inclinación? ☒ SI SISTEMA DE UNIDADES ☒ S. Internacional ☐ S. Ing.

Kv g Angulo de inclinación α grados°

Altura muro m Sobrecarga kN/m

Base 1 m Pe. Concreto kN/m³

Base 2 m Angulo de fricción suelo-muro δ grados°

Base 3 m Angulo de fricción base-muro ϕ grados°

Altura Talón m Talón m Angulo de inclinación del muro β grados°

Estratigrafía

Estratigravedadpe

Datos del suelo

| Espesor (m) | Peso.e. (kN/m³) | Phi (grados°) |
|-------------|-----------------|---------------|
| 7.158 | 18.0000 | 30.0000 |

7.158 18 30

Añadir Eliminar

Condición del Suelo N.F. C kPa

Suelo Posterior ☐

Superficie

$\gamma = 18$
 $H = 7.158$ $\Phi = 30$

Aceptar

B3

Analisis de Estabilidad

| | F.S | F.S (Sismo) | Incremento Sismico |
|--|------|-------------|--------------------|
| Calcular | | | |
| Revision por Deslizamiento | 1.08 | 1.01 | 12.26 kN/m |
| Revision por Volcamiento (+Resistente) | 2.99 | 1.41 | |
| Revision por Volcamiento (-Actuante) | 3.83 | 1.48 | |

Peso del muro para D.r

| | | |
|--------------------------------|--------|------|
| Para el valor obtenido | 467.71 | kN/m |
| Para un F.s recomendado de 1.5 | 696.63 | kN/m |

Restablecer Salir