UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

REVISIÓN DE MURO DE CONTENCIÓN LOCALIZADO EN EL “RESIDENCIAL CAMPESTRE”, SECCION 3, EN URUAPAN, MICHOACÁN

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Jesús Kevin Urtiz Robles

Asesor:

Ing. Anastacio Blanco Simiano

Uruapan, Michoacán, 24 de septiembre del 2024

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de imágenes, 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 donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes. 1

Planteamiento del problema. 2

Objetivo. 3

Pregunta de investigación 3

Justificación. 4

Marco de referencia. 5

Capítulo1.- Suelos

1.1 Definición de suelo. 6

1.2 Suelos residuales. 7

1.3 Suelos transportados. 8

1.4 Clasificación e identificación de suelos. 9

1.4.1 Suelos cohesivos. 10

1.4.2 Suelos no cohesivos. 11

1.4.3 Suelos orgánicos. 11

1.5 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. 12

1.6 Tipos de suelos. 17

1.7 Fases de los suelos. 18

1.8 Estudio de mecánica de suelos. 21

1.8.1 Permeabilidad de los suelos. 25

1.8.2 Granulometría. 27

1.8.3 Resistencia al cortante. 29

1.8.4 Límites de consistencia. 30

1.8.5 Compresión triaxial. 32

1.8.6 Consolidación unidimensional. 34

1.8.7 Gravedad específica o peso específico de los sólidos. . . . 36

Capítulo 2.- Muros de contención

2.1 Concepto de muro de contención. 37

2.2 Teoría de empuje de tierras según Rankine. 38

2.2.1 Método semiempirico de Terzaghi. 39

2.3 Efecto de los empujes.. 44

2.3.1 Empuje activo. 46

2.3.2 Empuje pasivo. 47

2.4 Formas de muros de contención. 48

2.4.1 Muros de contención de gravedad. 49

2.4.2 Muros de contención con contrafuerte. 50

2.4.3 Muros de concreto armado 51

2.5 Tipos de fallas en un muro de contención. 54

2.5.1 Falla por volteo. 54

2.5.2 Falla por deslizamiento. 57

2.5.3 Falla por flexión 58

2.5.4 Falla por capacidad de carga del suelo. 59

Capítulo 3.- Macro y Micro localización.

3.1 Generalidades. 62

3.1.1 Objetivo. 62

3.1.2 Alcance del proyecto. 62

3.2 Resumen ejecutivo. 63

3.3 Entorno geográfico. 63

3.3.1Macro y micro localización. 64

3.3.2 Geología regional y de la zona de estudio. 68

3.3.3 Hidrología regional y de la zona de estudio. 68

3.3.4 Clima y precipitación. 68

3.4 Informe fotográfico. 69

3.4.1 Problemática. 71

3.4.2 Estado físico actual. 71

3.5 Alternativa de solución. 71

3.5.1 Planteamiento de alternativas. 71

3.6 Procesos de análisis. 71

Capítulo 4.- Metodología.

4.1.-Método de investigación. 73

4.1.1 Método matemático. 74

4.2. Enfoque de la investigación. 75

4.2.1 Alcance de la investigación. 77

4.3 Diseño de la investigación. 77

4.4 Instrumentos de recopilación de datos. 78

4.5 Descripción del proceso de investigación. 79

Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados

5.1 Topografía. 81

5.2 Estudio de mecánica de suelos. 82

5.3 Cálculo de empujes. 86

5.4 Revisión de dimensionamiento. 88

5.5 Revisión por deslizamiento, volteo y capacidad de carga. . . 89

5.6 Propuesta que garantiza la estabilidad del muro. 96

5.6.1 Cálculo de empujes. 96

5.6.2 Predimensionamiento del muro como propuesta. . . . 98

5.6.3 Revisión por deslizamiento, volteo y capacidad de carga. . . 99

Conclusiones 106

Bibliografía 109

Anexos 113

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Se le llama muro de contención a todo aquel muro que ayude a contener o estabilizar masas de tierra o materiales de la misma índole, también se utilizan para soportar agua y otros líquidos que puede ocasionar un talud de cualquier material o tipo de suelo, que puede estar localizado en cualquier lugar que lo requiera. Los muros de contención pueden ser de concreto, concreto armado o mampostería.

Estos muros no solamente pueden soportar empujes horizontales del terreno donde se pretende construir y los que le transmite el mismo y también reciben los empujes verticales que le pueden producir una columna, un muro de carga, etc.

Muchos de los muros de contención se realizan a base de concreto armado, pero al igual se realizan mucho las construcciones de muros a base mampostería o de piedra angulada y no de canto rodado(para cimentación) por lo regular de un tamaño mayor a 30 cm que no tengan alguna grieta o fisura que pueda producir alguna falla y cuidando cada espacio entre piedra y piedra que no sea mayor a 2.5 cm. Todo detalle que pueda llegar a tener el muro se debe cuidar que las diversas fallas en algunos aspectos ya que pueden llegar a ser contraproducente y puede afectar gradualmente la resistencia del muro, como lo dice “SAGARPA(1981)”.

Previamente, al consultar en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C se encontró que hay una tesis realizada por el alumno Roberto Ruiz Abarca, llamada “DISEÑO DE MUROS DE CONTENCION DE CONCRETO ARMADO Y DE GRAVENDAD EN PREDIO UBICADO EN EL LIBRAMIENTO ORIENTE DE LA

CIUDAD DE URUAPAN”, en la cual se realiza otro tipo de muro al que se revisará pero es encaminada a la misma finalidad que lo que buscamos en el presente trabajo.

Planteamiento de problema.

Durante la construcción de algún proyecto, se tiene la necesidad de resistir masas de suelos, para no dañar el proyecto en proceso. Este tipo de suelos, tienen un talud que se necesita mantener estable, el cual se soluciona con una estructura que ayude en el soporte del mismo y garantice seguridad en el proyecto.

Como mencionó José Barros P. (1974), hay diferentes tipos de muros de contención para diferentes tipos de trabajos y diferentes formas de actuar, cada uno de ellos en diferente proporción y para diferente trabajo, pero es común que en algunos se implementen de manera similar.

Las dimensiones de este tipo de construcción están regidas por las características del terreno sobre el cual se llevará a cabo el muro y todo esto se realizará con un estudio de mecánica de suelos apropiado en el cual mencione el tipo de suelo donde se estará elaborando el muro.

En el presente trabajo, se revisará el muro ya elaborado en el lugar de construcción del mismo, con el que se pretende verificar si es que cumple con los requerimientos para tener una buena estabilidad en el suelo de dicho terreno y así poder determinar si logra cumplir con su función. Y ya que se sabe que se deben cumplir ciertos requerimientos para poder llevar a cabo un muro de contención se plantea la siguiente pregunta:

¿El muro de contención que se localiza en el “Residencial Campestre” sección 3 cumple con los requerimientos para satisfacer la necesidad de contener el talud del mismo lugar?

Objetivo general:

Revisar si el muro de contención que se encuentra en el “Residencial Campestre” sección 3 en la parte posterior del mismo cuenta con las características apropiadas de acuerdo al tipo de suelo en el que se encuentra y si cumple con las características correctas para que no ocurra una falla en el mismo.

Objetivo particular:

1. Conocer los tipos de suelo y sus características.
2. Determinar el tipo de suelo en el que se está trabajando.
3. Conocer la clasificación de los tipos de suelos.
4. Conocer el muro de contención a revisar.
5. Conocer el objetivo o el propósito de un muro de contención.
6. Comprobar si el muro de contención es el apropiado o no, para el tipo de suelo donde se encuentra.

Pregunta de investigación.

Con el presente trabajo se busca responder la siguiente pregunta:

¿El muro de contención que se localiza en el “Residencial Campestre” sección 3 cumple con los requerimientos para satisfacer la necesidad de contener el talud del mismo lugar?

Justificación.

La construcción al paso de los años ha cambiado a través de las tecnologías y métodos de empleos diversos en ellas, como los procesos constructivos y materiales empleados en las construcciones que nos ayudan con la optimización de los rendimientos y la satisfacción de las necesidades humanas.

Un problema que se tiene es el cómo tratar los suelos que se tienen en el terreno. El tipo de suelo es un factor determinante en el ámbito de la construcción de los muros de contención y por lo tanto hay que tener mucho cuidado en su cálculo y elaboración del mismo, en un mal manejo de los materiales y un mal cálculo podrá producir un riesgo en la estructura y puede llevar al colapso, fractura y así provocar un deslizamiento de tierras dependiendo la cantidad de tierras a contener que tenga.

En el presente trabajo tendremos la finalidad de plantear una revisión a un muro de contención que se elaboró a base de mampostería, es decir, piedra braza, ya que puede elegirse un diferente material como el concreto simple o concreto armado y existen diferencias tanto en el proceso constructivo como en el cálculo del mismo.

Este trabajo nos ayudará a conocer si el cálculo del muro de contención ya mencionado es el correcto o si tiene alguna deficiencia en el muro que pueda llegar a fallar o a tener algún defecto que pueda afectar la capacidad de carga que tenga el muro. También beneficiará al propio constructor del muro de contención a tomar precauciones respecto al mismo para no llegar al colapso o a la falla del muro ya mencionado.

Marco de referencia.

Este trabajo se realizó en Uruapan, Michoacán en el “Residencial Campestre” sección 3. La ciudad de Uruapan tiene un clima templado, una gran vegetación y con una fuerte producción de aguacate anual con calidad nacional y en su mayoría de exportación, por la cual se le conoce como “la capital mundial del aguacate”. Ésta se le considera la segunda ciudad más importante y con mayor población del estado de Michoacán. Su nombre oficial es Uruapan del Progreso.

Los datos recopilados por el Conteo de Población y Vivienda del INEGI en 2010, en el municipio de Uruapan la población es de 315,350 habitantes y la ciudad de Uruapan cuenta con 264,439 habitantes lo que la hace la segunda ciudad más poblada del estado de Michoacán . “INEGI”

La altura de la ciudad de Uruapan, Michoacán va desde los 900 msnm (metros sobre el nivel del mar) hasta los 2000 msnm pero en su mayoría 1620 msnm3; la región cuenta con un suelo principalmente limo plástico con un comportamiento muy similar al de un suelo arcilloso.”INEGI”

CAPÍTULO 1

SUELOS

En este primer capítulo se dará a conocer la definición de suelo y como es y en qué consiste la clasificación e identificación de los mismos y los componentes que comprenden el estudio de mecánica de suelos.

1.1 Definición de suelo.

“El suelo es una agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización o conjunto. Pero en realidad se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían vectorialmente…… La palabra suelo se presenta de todo tipo de material terróso. “Badillo E. y Rico E., 2005:34”

El suelo es un material que se compone por la desintegración de las rocas, por cambios de temperatura y los efectos de la humedad, el aire y partículas. Las rocas pueden ser metamórficas, sanas, relleno, escombro, sedimentos, areniscas, etcétera, estos tipos de suelos se pueden localizar en cualquier terreno, estos son generados desde las capas de la tierra generalmente en la corteza terrestre y estos con el tiempo llegan a transportarse por medio del agua o del viento del lugar o zona.

Menciona ““Eulalio J y Afonso R.,2005””, los materiales orgánicos regularmente se encuentran con facilidad en la superficie de la tierra y esto suele suceder cuando el suelo no se produce por la descomposición como tal y como esto se da en capas donde se encuentran raíces o cualquier tipo de material orgánico.

Cuando este suelo llega a su estado de descomposición se producen gases tóxicos tales como el ácido sulfhídrico que para las personas que lleguen a trabajar en ese suelo es peligroso para su salud.

1.2 Suelos residuales.

"Eulalio J y Afonso R.,2005" menciona que los suelos residuales son producto de las partículas que se encuentran en el intemperismo de un lugar las cuales se depositan sobre la roca y así originando dichos suelos, si la velocidad de la descomposición de la roca producida por dichas partículas es mayor a la velocidad de arrastre, se origina un efecto llamado acumulación residual. Los factores que generalmente producen esta condición son la temperatura, el tiempo, la lluvia y en su mayoría la naturaleza.

En los suelos residuales existen dos conceptos muy importantes dentro de ellos la meteorización y el conjunto de estructuras heredadas. La meteorización son los diferentes materiales que se forman en un lugar donde se encuentre la roca meteorizada se forma de manera química o mecánica como la descomposición de la misma y puede variar dependiendo del lugar donde se encuentre la roca y de las propiedades de la misma, la topografía del lugar, la erosión y las aguas subterráneas o el clima. La temperatura también favorece a la creación de capas de grandes dimensiones, por mencionar un ejemplo los suelos del sur de África, Asia y en algunos lugares de América.

Las estructuras heredadas son las formas, fallas, o los defectos que puede llegar a tener el suelo como herencia de las rocas originales.

1.3 Suelos transportados.

Menciona “Eulalio J y Alfonso R., (2005)” Los suelos residuales se producen cuando los productos de meteorización por medio de los agentes de transporte como lo son principalmente viento, glaciares, ríos, aguas superficiales, donde estos factores pueden llegar a combinarse y así lo que puede transportar el suelo.

Eulalio J. y Alfonso R. (2005) mencionan que hay diferentes tipos de suelos transportados como son:

- Coluviones: fragmentos de rocas ya sean anguladas o sub angulares caen por medio de la gravedad de tal manera que se forma un nuevo suelo.
- Aluviales: es todo aquel material que fue arrastrado por cualquier corriente de agua, estos pueden estar formados por arenas, gravas, limos o arcillas.
- Transportados y depositados por viento: todo aquel material que por causa del viento fue depositado en un lugar y así formar el depósito del lugar

“Eulalio J. y Alfonso R. (2005)” mencionan que la combinación del escurrimiento de aguas en las colinas y los montes y las fuerzas que se ejercen por la gravedad, forman los depósitos de material en las orillas de cualquier elevación. Se forman por el arrastre del material que a lo largo del curso que va teniendo se depositan de forma graduada, donde los materiales más finos se depositan en las zonas planas de los valles.

Los ríos son los principales transportadores de suelos ya que acarrean diversos materiales en diferentes graduaciones y así a lo largo de su trayectoria, los deposita de acuerdo a la velocidad que tenga el río.

Otro tipo de depósito son los lacustres, principalmente son de material con un grano muy fino, ya que la velocidad con la que pasa el agua es muy lenta, ya que esas aguas fluyen en los lagos. Los depósitos marinos suelen estar en estratos; estos demuestran las características de las costas de la zona.

Como menciona “Eulalio J. y Alfonso R. (2005)” los vientos también funcionan como agente de transporte de material ya que por lo general llegan a transportar desde limos hasta arenas gruesas. Hay dos tipos de suelo que deben su formación a los vientos el loes y los médanos. El loes es aquel depósito que en su mayoría contiene arenas arcillosas y limo y los médanos son depósitos que por lo regular en su mayoría por arena suelta y arenas cuarzosas.

1.4 Clasificación e identificación de suelos.

“Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa. Obviamente la mecánica de suelos desarrolló estos sistemas de clasificación desde un principio”. “Eulalio J y Alfonso R., 2005:151”

Un sistema de clasificación debe de cubrir las necesidades actuales, y se debe de basar en las propiedades mecánicas ya que estas son importantes para la ingeniería civil.

Un sistema de clasificación debe regir en el criterio técnico respecto al suelo que se analice, ya que este debe de tener un conocimiento sobre el suelo ya mencionado, un conocimiento profundo y extenso sobre las propiedades del suelo.

Al paso de los años el suelo ha sido transportado por acción de los agentes transportadores que los han depositado en diferentes zonas o regiones.

Existen diferentes tipos de suelos, los cuales son:

- Suelos cohesivos.
- Suelos no cohesivos.
- Suelos orgánicos.

1.4.1 Suelos cohesivos

En este tipo de suelos las partículas son muy pequeñas donde la mayoría tienden a juntarse con la interacción del agua y son suelos plásticos como la arcilla. En la siguiente fotografía se muestra un suelo cohesivo arcilla:

Fotografía 1. Suelo cohesivo arcilla.

Fuente: Propia

1.4.2 Suelos no cohesivos.

En este tipo de suelo las partículas no tienden a juntarse ni a adherirse, ya que son grandes, a estos también se les llama granulares o friccionantes.

En la siguiente fotografía se muestra un suelo no cohesivo:

Fotografía 1.1. Suelo cohesivo grava.

Fuente: www.dreamstime.com

1.4.3 Suelos orgánicos.

“Karl T. y Ralph B. (1973)” mencionan que los suelos orgánicos se forman gracias a la descomposición de la capa vegetal de los suelos como el caso de las turbas.

En la siguiente fotografía se muestra un ejemplo de este tipo de suelo:

Fotografía 1.2 Suelo orgánico turba.

Fuente: Propia.

1.5 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Eulalio J. y Alfonso R. (2005) mencionan que este sistema esta basado en el sistema de aeropuertos y se podría decir que es el mismo con escasa modificaciones. El sistema abarca lo que son los suelos gruesos (friccionantes) y los finos, diferenciando a unos de otros por el método de cribado a través de la malla número 200, las partículas mayores son los suelos gruesos y las partículas más chicas son los suelos finos.

El suelo se determina grueso si más del 50% se retiene en la malla del número 4 y si pasa más del 50% del material, pero se retiene en la número 200 quiere decir que es un suelo grueso grava y si más del 50% del material pasa la malla número 200 quiere decir que estamos hablando de un suelo fino.

“Karl T. y Ralph B. (1973)” menciona que los suelos gruesos se dividen en dos grupos el tipo de suelos y se determinan por dos letras mayúsculas que son las iniciales del nombre del material en inglés si hablamos de un grupo G se refiere a las gravas y si hablamos un grupo S estamos hablando de una arena y suelos arenosos.

Eulalio J. y Alfonso R. (2005) mencionan que para determinar si es grava o arena se separa el material a través de la malla número 4; si más del 50% de la materia se retiene en la malla 4 estaremos hablando de un suelo G (grava) pero si el material pasa más del 50% del mismo y se retiene en la número 200 y así se identifica que es un suelo S (arena).

En las siguientes imágenes se muestran la malla número 4 y 200:

Imagen1 Malla número 4 y malla número 200.

Fuente: Propia.

Como menciona **“**Karl T. y Ralph B. (1973)” las arenas y las gravas se dividen en 4 tipos:

- El primero indica que está limpio de finos y bien graduado y se representa con la letra W. Ya en combinación del suelo grueso sería GW o en el otro caso SW.
- El segundo indica que está prácticamente limpio de finos pero mal graduado y se representa con la letra P y en combinación con los símbolos del suelo grueso serían GP o en dado caso SP.
- El tercero señala que el material tiene presencia de finos no plásticos y se representa con la letra M y en combinación con los símbolos de los suelos gruesos sería GM o en dado caso SM.
- El cuarto indica que el suelo tiene presencia de finos plásticos y se representa con la letra C y en combinación de los símbolos de los suelos gruesos sería GC o en su caso SC.

Eulalio J. y Alfonso R. (2005) explican que los suelos finos también se encuentran distintos tipos de ellos los cuales son:

- Limos inorgánicos que se representa con la letra o símbolo M.
- Arcillas inorgánicas que se representan con la letra o símbolo C.
- El tercero se encuentra una combinación con los símbolos o letras de las arcillas y los limos quesería con la letra O ya que indica que tienen presencia de materia orgánica

Cada uno de estos tres tipos se dividen gracias a su límite líquido, si ése es menor al 50%.significa que son de baja o media compresibilidad y se representa con la letra L y así también se logra la combinación ML (limo de baja o media compresibilidad), CL (arcilla de baja o media compresibilidad) y OL (material orgánico de baja o media compresibilidad).Si el suelo fino tiene un límite liquido mayor al 50% quiere decir que son de alta compresibilidad y se representa con la letra H y al igual se logra una combinación de letras MH (limo de alta compresibilidad),CH (arcilla de alta compresibilidad) y OH (material orgánico de alta compresibilidad.

Tabla 1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Fuente: www.yumpu.com./2018

1.6 Tipos de suelos

El clasificar un suelo dentro de los grupos del sistema que abordamos en el subtema anterior se clasifican según sus características. Esta clasificación nos permite saber de forma cualitativa las propiedades mecánicas e hidráulicas del material o el suelo a estudiar y así poder determinar a qué grupo corresponde.

Eulalio J. y Alfons R. (2005) mencionan que una forma común de determinar es usando el método del SUCS(Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) el cual permite saber con precisión el tipo de suelo que se está estudiando.

El SUCS determina los suelos de la siguiente manera:

- Arenas
- Gravas
- Arcillas
- Limos
- Orgánicos

La grava y arena son suelos gruesos y tienen en esencia las mismas propiedades. Su diferencia sería el grado que estas se presentan, se diferencian por medio de la malla número 4 y esta no ocasiona un cambio en las propiedades del material. Los suelos gruesos cuando no contienen material fino son permeables, fáciles de compactar y la humedad los afecta de manera mínima.

Los limos se caracterizan por ser finos no plásticos, son inestables cuando hay presencia de agua y tienden a elevarse cuando llegan a saturarse.

Las arcillas tienden a ser finos plásticos, tienen una baja resistencia a la deformación cuando contienen humedad y cuando llegan a secarse formar suelos cohesivos y duros. Son impermeables y es complicado el compactarlas cuando tienen presencia de humedad e imposibles de drenar con medios ordinarios.

Eulalio J. y Alfonso R. (2005) explican que el color del suelo es un dato muy útil para determinar el tipo de suelo del que se trata ya que se pueden identificar los estratos que puede tener la muestra o el suelo. Hay criterios que ayudan en su identificación como el color negro en los suelos o los colores obscuros determinan que es un suelo fino con presencia con materia orgánica y los colores claros y brillantes con propios de suelos finos sin material orgánico.

El olor en los suelos orgánicos es distintivo y se puede identificar con facilidad, el olor suele ser fuerte cuando hay presencia de humedad o agua en el lugar y si tiene una exposición al aire libre y aumenta la temperatura de la muestra húmeda

1.7 Fases de los suelos.

Eulalio J. y Alfonso R. (2005) mencionan que los suelos se caracterizan por estar conformados por tres fases: la fase gaseosa, la fase líquida y la fase sólida. La fase gaseosa comprende de aire principalmente y los gases que puede llegar a tener la muestra como vapores sulfurosos, etc. La fase líquida comprende en su mayoría a la cantidad de agua que puede llegar a tener la muestra aunque puede tenerla presencia de otros líquidos y la fase sólida se conforma por todas las partículas de minerales de suelo y esta incluye la capa solida absorbida.

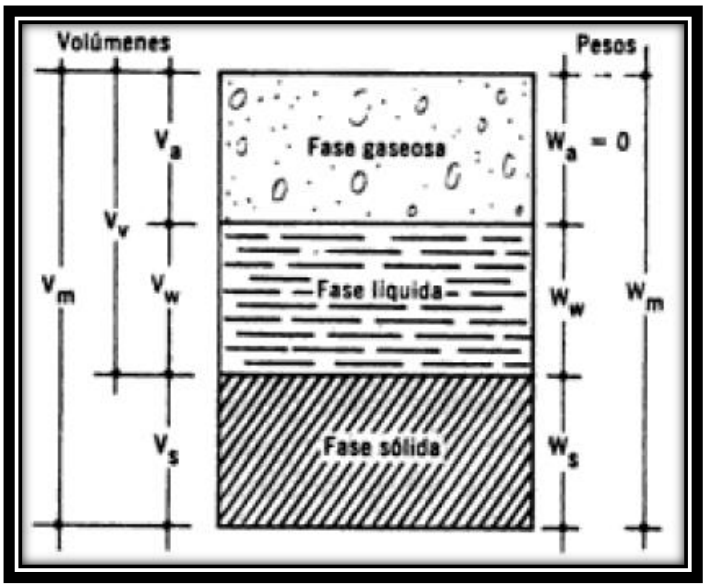
En conjunto la fase líquida y la fase gaseosa comprenden el volumen de vacíos y la fase sólida comprende el volumen de sólidos.

Se le llama a un suelo totalmente saturado cuando los espacios vacíos del suelo están ocupados por agua ; un suelo con estas características cuenta como único caso tener dos fases, que son la líquida y gaseosa; muchos suelos debajo del nivel de aguas freáticas suelen tener estas características por ser suelos totalmente saturados .

Los mismos Eulalio J. y Alfonso R. (2005) comentan que los suelos que contienen material orgánico, el caso de las turbas se conforma de material vegetal descompuesta. El contenido de la materia orgánica es importante en cuanto a las propiedades mecánicas del suelo, por esto no es necesario pesarlos en la medición y de volúmenes y pesos relativos a las tres fases ya mencionadas, estas influyen posteriormente en el estudio en ciertas propiedades de los suelos.

En los laboratorios de mecánica de suelos es fácil conseguir los pesos de las muestras húmedas, el peso de las muestras secadas por un horno y el peso relativo del suelo, donde estas magnitudes o mediciones no son las únicas cuyo cálculo sea necesario. Dentro del laboratorio también se necesita encontrar relaciones de tipo gravimétrico y volumétrico, estas son de mayor importancia para la aplicación rápida y sencilla de la teoría y su manejo debe de ser indispensable.

A continuación, se muestra una imagen donde se observa cómo es que se dividen las tres fases principales:



Imágen1.3 Fases del suelo.

Fuente: Eulalio J. y Alfonso R., 2005: 52.

Donde:

Vm= Volumen total de la muestra de suelo (volumen de la masa).

Vs= Volumen de la fase sólida de la muestra de suelo (volumen de sólidos).

Vv= Volumen de vacíos de la muestra de suelo (volumen de vacíos).

Vw= Volumen de la fase líquida de la muestra de suelo (volumen de agua).

Va= Volumen de la fase gaseosa de muestra de suelo (volumen de aire).

Wm= Peso total de la muestra del suelo (peso de la masa).

Ws= Peso de la fase sólida de la muestra del suelo (peso de sólidos).

Ww= Peso de la fase líquida de la muestra de suelo (peso del agua).

Wa= Peso de la fase gaseosa de la muestra de suelo (es considerado nulo en la mecánica de suelos).

1.8 Estudio de mecánica de suelos.

Karl T y Ralph B.(1973) la mecánica de suelos ayuda a determinar las características índice y mecánicas del suelo. En un estudio de mecánica de suelos se comienza con una introducción donde se explica brevemente la fecha cuando se solicitó la realización del estudio y lugar donde se llevará a cabo el mismo y quien es el que solicitó dicho estudio. También se menciona el objetivo del estudio. En el mismo estudio se menciona la localización y ubicación del lugar donde se hará el estudio, esta localización y ubicación del mismo se realiza por medio de una programa llamado Google Earth que ayuda con la localización vía satélite y mostrando una imagen donde se encuentra el lugar. En el estudio se indica la estratigrafía del estudio y donde también se realizan pozos a cielo abierto como se muestra en la siguiente imagen:

Fotografía 1.3 Pozo a cielo abierto donde se señala la estratigrafía del sitio

Fuente:www.cuevadelcivil.com/2018

Eulalio J. y Alfonso R. (2005) mencionan que para obtener las pruebas para determinar las propiedades índice y mecánicas del suelo se necesitan pruebas como son:

- Clasificación del suelo.
- Análisis granulométrico.
- Peso volumétrico en estado natural.
- Límites de consistencia.
- Clasificación SUCS.
- Compresión triaxial rápida
- Consolidación unidimensional.
- Densidad de sólidos.

En el estudio se tendrá que juntar la información, por medio de un formato que se muestra a continuación:

Pruebas a realizar	**Sondeo # 1**	
	Capa superficial.	**Estrato #1**
Profundidad del estrato (M).		
Descripción ocular del suelo.		
Nivel de aguas freáticas.		
	Granulometría.	

Peso volumétrico seco. PVSS (Ton/m^3)		
% Sobretamaños>7.5 cm (3")		
% Gravas. Pasa 5.08 cm (2") y retenido en 4.76 cm (Malla No. 4)		
% Arenas. Pasa 4.76 cm (Malla No. 4) y retenido en 0.0074 cm (Malla No. 200)		
% Finos. Pasa 0.0074 cm (Malla No. 200)		
Clasificación granulométrica.		
	Límites de consistencia	
Humedad natural. (%)		
Límite líquido. (%)		

Límite plástico (%)		
Índice plástico. (%)		
Contracción lineal. (%)		
Clasificación de límites.		
Descripción del SUCS.		
	Compresión triaxial.	
Peso volumétrico promedio. (Ton/m^3)		
Cohesión. (Ton/m^2)		
Ángulo de fricción interna (°)		

	Consolidación unidimensional.	
Densidad de sólidos.		
Carga de preconsolidación. (Ton/m^2)		

Tabla 1.1 Formato de resultados de estudio de mecánica de suelos

Fuente: Propia.

Para finalizar el estudio se dan las conclusiones, observaciones y recomendaciones que tenga que dar el que realiza el estudio.

1.8.1 Permeabilidad de los suelos.

Braja M.(2001) comenta que la permeabilidad de los suelos dependen de distintos factores tales como: la viscosidad del fluido, la distribución del tamaño de los poros del suelo, la distribución granulométrica, relación de vacíos, rugosidad de las partículas del suelo y el grado de saturación del mismo.

La estructura de los suelos arcillosos es muy importante en la permeabilidad junto con otros factores que afectan a la misma, en este suelo estos son la

concentración iónica y el espesor de las capas de agua que se adhirieron a las partículas de las arcillas.

El coeficiente de permeabilidad se representa con la letra k, éste varia en diferentes suelos saturados. En los suelos no saturados el coeficiente de permeabilidad es menor y crece rápidamente con el grado de saturación del suelo.

En la siguiente tabla se muestran los valores que toma el coeficiente de permeabilidad para los diferentes tipos de suelo:

Tipo de suelo	k (cm/s)
Grava limpia	100 – 1
Arena gruesa	1.0 – 0.01
Arena fina	0.01 – 0.001
Arcilla limosa	0.001 – 0.00001
Arcilla	0.000001

Tabla 1.2 Coeficiente de permeabilidad para los distintos tipos de suelos.

Fuente: Braja M. Das, 2001: 86.

La permeabilidad también se relaciona con las propiedades del fluido que pasa a través de los poros del suelo y se calcula con la siguiente fórmula:

Donde: $$k = \frac{\gamma w}{\eta}$$

Yw: Peso específico del agua.

Ƞ: Viscosidad del agua.

$\bar{K}$: Permeabilidad absoluta.

1.8.2 Granulometría.

Mencionan Eulalio J. y Alfonso R. (2005) que las propiedades mecánicas dependen directamente de la distribución de las partículas del suelo según sus tamaños. Estas pruebas permiten a la persona que realiza el estudio a determinar los tamaños de los granos del material, mediante su paso por mallas con determinadas aberturas.

La granulometría de los suelos gruesos ya que su distribución es por tamaños se puede identificar referente a las propiedades físicas del suelo, los suelos gruesos tienen un comportamiento favorable, el comportamiento mecánico e hidráulico está definido por la capacidad que tiene el suelo de compactarse y la orientación de los granos que lo conforma.

Como menciona Eulalio J y Alfonso R. (2005) los suelos finos en un estado no alterado, sus propiedades mecánicas e hidráulicas suelen sujetarse de su propia estructuración e historia geológica.

En la siguiente tabla se muestran los tamaños del grano que conforman cada tipo de suelo

MATERIAL	CARACTE-RISTICA	TAMAÑO mm
Piedra	— — —	Mayor de 70 mm
Grava	Gruesa	30 a 70
	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
Arena	Gruesa	1 a 2
	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
Polvo	Grueso	0.05 a 0.1
	Fino	0.02 a 0.05
Limo	Grueso	0.006 a 0.02
	Fino	0.002 a 0.006
Arcilla	Gruesa	0.0006 a 0.002
	Fina	0.0002 a 0.0006
Ultra-Arcilla	— — —	0.00002 a 0.0002

Tablas 1.3 Granulometría de los diferentes suelos

Fuente: Eulalio J. y Alfonso R. ,2005 : 99.

1.8.3 Resistencia al cortante.

Menciona L. (1991) que es un factor importante ya que ayuda a determinar la capacidad de carga máxima del suelo, la presión contra algunos muros y la estabilidad de terraplenes , esta resistencia varía de acuerdo a la profundidad, tipo de suelo y cualquier tipo de perturbación estructural, también puede llegar a afectar la saturación del material, el contenido de humedad y su filtración.0

Para poder encontrar este factor se usa la ecuación de Coulomb, esta ecuación surgió cuando Coulomb observó que el empuje ejercido por el suelo se dirigía hacia un muro de contención y el mismo empuje originaba un movimiento en el muro y con esto postuló la siguiente ecuación:

$$Tf = c + \alpha \tan \Theta$$

Donde:

C: Cohesión del suelo.

Θ: Ángulo de fricción del suelo.

α: Esfuerzo normal total en el plano de falla.

Para los suelos granulares la cohesión valdrá cero por lo tanto la ecuación queda:

$$Tf = c + \alpha \tan \Theta.$$

1.8.4 Limites de consistencia.

Eulalio J. y Alfonso R. (1973) mencionan que los límites de consistencia son las propiedades que tienen los suelos en su particularidad las arcillas que formando sus partículas y dividiéndolas, dependen en gran parte de la humedad, donde el agua forma una capa alrededor de las partículas del material y su espesor puede ser importante en los comportamientos del material. Cuando el materia está saturado el suelo no tiene resistencia al cortante y al perder el agua aumenta la resistencia ya nombrada.

Eulalio J. y Alfonso R. (1973) comentan que el límite líquido (ll) y el límite plástico (lp) ayudan a determinar qué tan compresible puede ser el material.

Estos límites se determinan a través de una prueba la cual se denomina la prueba de la copa de Casagrande la cual por medio de una manivela que produce una serie de golpes ayuda a determinar estos límites.

El límite líquido es la frontera entre estado semi-líquido y plástico y se define como la humedad que requiere el material.

El límite plástico es la frontera entre el estado plástico y semi-sólido.

El límite de contracción es la denominación que se le da arbitrariamente el material que se encuentra entre los estados semi-sólido y sólido.

En la siguiente imagen se muestra una copa de Casagrande:

Fotografía 1.4 Copa de Casagrande.

Fuente: Propia.

Como menciona Eulalio J. y Alfons R. (1973) el limite líquido fija la cantidad de agua que debe de contener un suelo remoldeado en la copa donde se hace una ranura en el centro de la copa con las dimensiones estándar (13mm) del ranurador, esta muestra se someterá a 25 golpes los cuales se realizan por medio de la manivela de la copa.

También menciona Eulalio J. y Alfons R. (1973) que el límite plástico lo fija el contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el mismo material de aproximadamente 3 mm de diámetro y con una longitud de 11 cm.

El límite de contracción se define con el contenido de humedad que tiene el suelo, el cual tras un secado por medio de un horno posteriormente ya no provoca disminución de volumen en la muestra.

1.8.5 Compresión triaxial.

Menciona Eulalio J. y Alfonso R. (1973) que la función principal de esta prueba es obtener los parámetros del suelo y la relación de esfuerzo-deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante que sufre la prueba del suelo al ser cargada.

Eulalio J. y Alfonso R. (1973) explican que esta prueba consiste en envolver en una membrana impermeable o plástica una muestra del material en forma de cilindro, cuyas bases de la misma muestra están en contacto con dos bases sólidas, después esta muestra se introduce dentro de una cámara especial a la cual se le aplica una presión igual en todos los sentidos y direcciones se le conoce como presión de confinamiento, alcanzando ese estado de equilibrio incrementa o aumenta la presión normal o axial, sin modificar la presión lateral aplicada, hasta que se llegue a la falla de la probeta o de la muestra del material estudiado.

Ésta prueba se realiza por lo menos tres veces, con presiones laterales diferentes y de manera gráfica se representan a través de los círculos de Mohr los cuales representan los esfuerzos que produce la falla en cada muestra y trazando una tangente por encima de estos círculos se encuentra lo que es el ángulo de fricción interna y cohesión.

Menciona Eulalio J. y Alfonso R. (1973) que las muestras tienen como dimensiones 3.6 cm de diámetro y 9 cm de altura, otras dimensiones serían de tal manera que la relación de la altura sobre el diámetro sea aproximadamente igual a 2.5:1 cm.

Como menciona Eulalio J. y Alfonso R. (1973) existen cuatro pruebas triaxiales:

- Prueba rápida o sin drenaje: en esta prueba se ejerce una presión de agua a la cámara que se transmite de manera hidrostáticamente a la prueba actuando sobre la misma. Las válvulas que realizan el drenaje se cierran de aplicar la presión de agua, durante este proceso quedan cerradas y asi comienza a cargar axialmente la muestra aplicando el vástago una carga que se va aumentando hasta llegar a la falla de la muestra.
- Prueba rápida-consolidada: en esta prueba se aplica una presión con agua dentro de la cámara, donde se abren las válvulas de drenaje de la muestra permitiendo así la entrada del agua y ejerciendo la presión del fluido producida por el aumento de presión aplicada a la muestra.
- Prueba lenta: igual que la muestra anterior, la triaxial lenta permite la consolidación del suelo bajo presiones dentro de la cámara, pero las válvulas no se cierran al aplicar la carga axial que ejerce el vástago, aparte de la aplicación de la carga ya mencionada se hacen ligeros incrementos durante un intervalo de tiempo. Al realizar esta prueba bajo estas condiciones se podría considerar que los esfuerzos aplicados de manera exterior a la muestra son esfuerzos intergranulares, ya que la misma presión ejercida puede considerarse nula.
- Prueba gigante: en esta prueba se emplean muestras con diámetros de 15cm de diámetro con una relación de esbeltez de 2.5 cm a 3 cm. Esta prueba tiene como objetivo estudiar las muestras de agregados gruesos

como las arenas, gravas y mezclas de las mismas donde el procedimiento de la prueba es igual a las anteriores pruebas ya mencionadas.

1.8.6 Consolidación unidimensional

Como menciona Eulalio J. y Alfono R. (2005) todos los materiales al ser sujetos a cambios de esfuerzos producen deformaciones que pueden variar dependiendo del tiempo, pueden cambiar dependiendo del material que se apliquen dichos esfuerzos. Las relaciones más comunes se producen en materiales elásticos donde el esfuerzo y la deformación son proporcionales.

La consolidación es un fenómeno que se forma a causa de que el suelo está parcialmente o totalmente saturado y se aplica una carga, al comienzo de esta el agua existente absorbe dicha carga ya que el agua es incompresible , pero con el transcurso del tiempo ésta se escurre y así el suelo absorberá paulatinamente esa carga , éste proceso de transferencia de carga , origina algunos cambios de volumen en el suelo, similares al volumen del agua que se drenó.

Así como menciona Eulalio J y Alfonso R. (2005) en este tipo de prueba pueden variar los esfuerzos principales que están actuando sobre el suelo y así produciendo cualquier mezcla de esfuerzos normales y tangenciales de la muestra. Los aparatos que ayudan a la compresión triaxial ejercen dos de los esfuerzos principales y estos se producen por la presión del líquido que rodea a la muestra.

La finalidad de esta prueba es determinar el grado de asentamiento y la velocidad que se observa en la muestra del suelo estudiado, al someterla a una serie de incrementos de carga o de presión.

Los parámetros más importantes de la consolidación son el coeficiente de consolidación vertical (Cv) y el coeficiente de compresibilidad volumétrica (Mv) estos se obtienen de las pruebas de laboratorio con un ensayo de consolidación.

Eulalio J. y Alfonso R. (2005) mencionan que esta prueba se realiza a través de un consolidómetro el cual se muestra en la siguiente imagen:

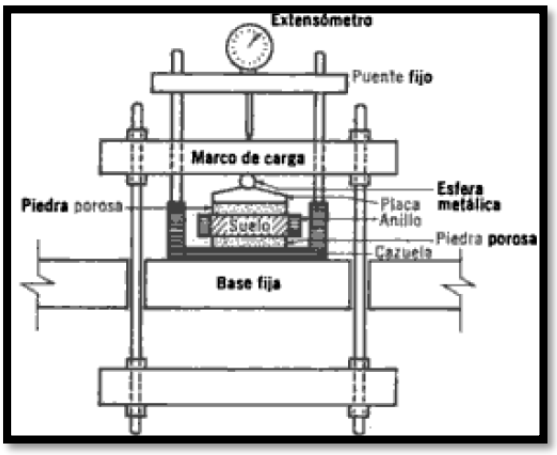


Imagen 1.1 Consolidómetro.

Fuente: Eulalio J. y Alfonso R., 2005: 248.

En este consolidómetro se introduce un anillo de bronce junto con una muestra del suelo estudiado que es de un grosor de 20 mm y un diámetro de 75mm, en las diversas caras de la muestra se colocan dos piedras con bastante porosidad y estas se encuentras saturadas. Se le aplica una carga a la muestra estudiada por medio de una placa superior, un brazo de palanca, una barra de carga (marco de carga) y las pesas, ésta carga se aplica gradual y unitariamente, donde se toman lecturas a través del extensómetro para detectar los asentamientos.

1.8.7 Gravedad específica o peso específico de los sólidos.

La gravedad específica de una muestra de suelo es la relación del peso del aíre de un volumen de partículas de la muestra del suelo y se calcula con la siguiente fórmula:

$$Ss = Ws/Vs$$

Donde :

Ws: es el peso de los sólidos de la muestra de suelo.

Vs: es el volumen de sólidos de la muestra de suelo.

En un suelo la gravedad específica se usa mucho, ya que se relaciona el peso del suelo y el volumen del mismo y así conociendo el grado de saturación del suelo, su relación de vacíos, la gravedad específica puede utilizar la fórmula que se mencionó anteriormente para calcular el peso volumétrico de la muestra de suelo.

La gravedad específica se usa la mayoría de las veces para cálculos que se acompañan de las pruebas de laboratorio y se emplea en la identificación de materiales, aunque su valor es mínimo para fines de identificación de suelos.

CAPÍTULO 2
MUROS DE CONTENCIÓN

En este segundo capítulo se hablará de la definición de muro de contención, cómo es que están conformados, los empujes que se generan en un muro de contención, los tipos de muros de contención y las fallas que pueden llegar a tener debido a su mal cálculo.

2.1 Concepto de muros de contención.

Como menciona José B. (1974) los muros de contención son estructuras que pueden ser de diferente material como concreto, mampostería y celosía, que está sujeta a flexión porque ayuda con la contención de tierras y los empujes que generan, en algunas ocasiones retienen un relleno natural o un relleno artificial. Esta estructura ayuda a remplazar el talud que puede tener el suelo y así poder aprovechar espacio y dar lugar a alguna construcción, carretera, etc.

Todos los muros de contención tienen algo en común que es el soportar suelo de forma lateral, esta presión ejercida por el mismo suelo está ejercida a un costado del muro y a esta presión se le conoce como empuje de tierras.

El objetivo de los muros de contención es detener o reducir el empuje ya mencionado debido a la tierra que contenga, agua y vientos en las vías de comunicación terrestres, fluvial, oleaje, aludes y la erosión en las riberas.

2.2 Teorías de empujes de tierras según Rankine

Karl T. y Ralph B. (1973) mencionan que los muros de contención o sostenimiento, como lo nombran ellos, tienen una fusión similar a la de las caras verticales de un cajón ya que el suelo que está de forma adyacente al mismo, dependiendo el caso, puede formar parte de un terraplén o un relleno, el cual se deposita después de la construcción del muro y a medida que se lleva esto a cabo el muro tiende a tener alguna deformación que se produce por medio del empuje de la masa de suelo. El valor que resulta al final de este empuje no depende solo del tipo de suelo donde está construido el muro y la altura del propio muro, sino también de la magnitud de la deformación o movimiento que pueda llegar a tener.

Si el muro no se llegara a mover o a deformar, podría ser que el empuje que ejerce la masa de suelo es un valor cercano al que le corresponde al suelo en reposo pero ya que empiece el muro a sufrir deformaciones que lo lleguen a mover de manera suficiente aunque sea compatible con su estabilidad, se satisfacen de manera automática las condiciones de deformación para que el suelo que está de forma adyacente pase del estado en reposo al estado de equilibrio plástico. Por la misma razón, para que pueda ser estable un muro de contención que puede deformarse o moverse debe de tener un coeficiente de seguridad apropiado para las emergentes del empuje activo, para determinar su estabilidad y consideración de empujes mayores.

2.2.1 Método semiempirico de Terzaghi.

Karl T. Y Ralph B.(1973) proponen un método más específico que reúne su experiencia y la propia de los mismos autores constituye quizá el método más seguro para la valuación de empujes contra elementos de retención, con tal de que estos elementos tengan que caer dentro de la aplicabilidad del mismo método. Este método está restringido para muros no mayores a 7 metros de altura.

Terzaghi nombra como primer paso encasillar el tipo de material con el cual estará conformado el relleno con el cual se trabajará y los encasilla de la siguiente manera:

1. Suelo granular grueso, sin finos.
2. Suelo granular fino, con finos limosos.
3. Suelo residual con bloques de piedras, gravas, arenas finas y finos arcillosos en gran cantidad.
4. Arcillas blandas plásticas, limos orgánicos o arcillas limosas.
5. Fragmentos de arcilla blanda o dura, protegidos de modo que el agua proveniente de cualquier lugar no entre en los mismos fragmentos.

Karl T. Y Ralph B.(1973) mencionan que para ello los rellenos más desfavorables serían como los puntos número 4 y 5 los cuales siempre hay que evitar usar y en particular más el número 5 cuando haya riesgo de filtración de agua a los espacios vacíos que hay entre los fragmentos de arcilla porque estas producen la expansión de las arcillas y así provocando el aumento de presiones en el muro.

Menciona Karl T. Y Ralph B.(1973) que si se presentara el caso de que el muro se realizara antes de conocer el tipo de relleno, el proyecto se deberá realizar sobre las bases más desfavorables. Este método cubre en lo particular 4 casos frecuentes que se refieren a la geometría del relleno los cuales son:

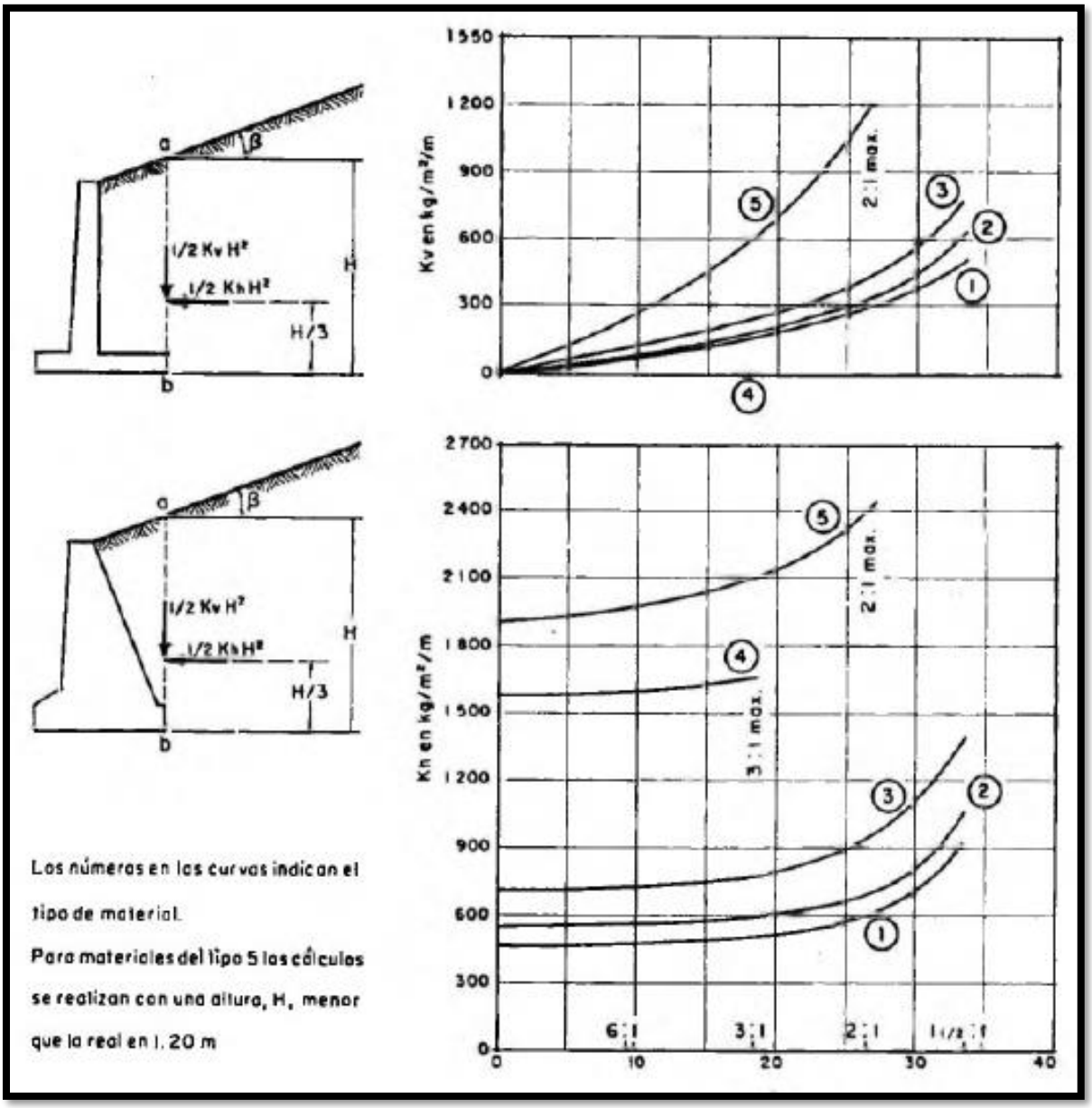
- La superficie del relleno es plana, inclinada o no y sin sobrecarga alguna.
- La superficie del relleno es inclinada, a partir de la corona del muro, hasta un cierto nivel en que se torna horizontal.
- La superficie del relleno es horizontal y sobre ella actúa una sobrecarga lineal, paralela a la corona del muro y uniformemente distribuida.

Para el primer caso el problema se resuelve con las siguientes fórmulas:

$$E_H = 1/2\ K_H * H^2$$

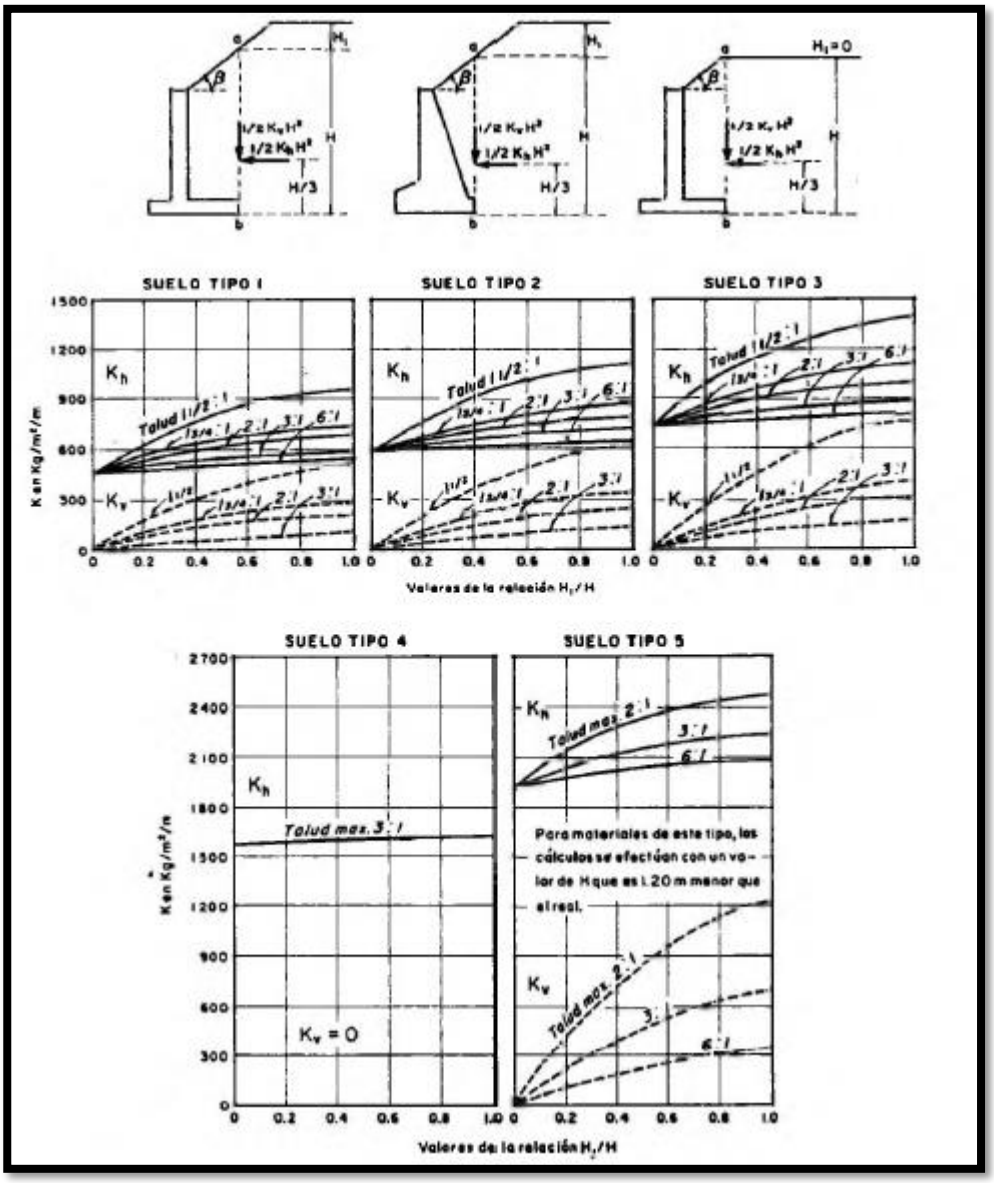
$$E_V = 1/2\ K_V * H^2$$

Estas fórmulas ayudan a proporcionar los elementos tanto horizontales como verticales del empuje actuante que se ejerce en el muro en su plano vertical y pasa por el extremo inferior del mismo por el lado del relleno. Para calcular el valor de K_H y K_V se muestran las siguientes graficas que son necesarias para la aplicación de las fórmulas anteriores ya que están en función de la inclinación de la superficie del relleno y del tipo de material con el cual se trabajará.



Grafica 2. Gráficas para determinar el empuje de rellenos con superficie plana, según Terzaghi.

Fuente: Karl T. Y Ralph B.(1973): 361.



Grafica 2.1 Gráficas para determinar el empuje de rellenos con superficie plana, según Terzaghi.

Fuente: Karl T. Y Ralph B.(1973): 362.

Las gráficas anteriores determinan el empuje por metro lineal del muro y este empuje se aplicará a la altura H/3, y se contará desde el paño inferior del muro.

En el caso de desarrollar el proyecto en un terreno tipo 5 y el valor de H, se debe considerar reducir en los cálculos 1.20 m respecto al usual y el empuje que se obtenga se debe considerar aplicado a la altura corregida.

$$d´=1/3\ (H-1.20)$$

Cuando el tipo de relleno tenga una superficie horizontal y soporte de carga distribuida, la presión que se ejerce en el plano vertical donde el empuje se considera actuante deberá incrementarse y uniformemente en:

$$p=C*q$$

Donde se representa el valor de la sobrecarga uniformemente ejercida. C es el valor de la fórmula que se genera en la siguiente tabla de acuerdo al tipo de relleno:

Valores de C

Tipo de relleno	*C*
I	0.27
II	0.30
III	0.39
IV	1.00
V	1.00

Tabla 2 tabla que sirve para determinar el valor de C.

Fuente: Karl T. Y Ralph B.(1973): 364

2.3 Efecto de los empujes.

“Se le denomina empuje a la acción que las tierras ejercen sobre el muro”. (Barros; 1974: 13) Esto señala que es toda aquella fuerza que se produce por el suelo que puede llegar a tener un efecto, ya sea positivo o negativo sobre el muro y se tomará como empuje, este tipo de empujes o presiones sobre el muro que se toman en cuenta para su diseño y cálculo.

Los empujes generan fallas, o puede llegar a pasar que a causa de los mismos, el muro quede inservible, esto se debe a un mal diseño o mal cálculo que no contrarresta los empujes ejercidos por el suelo o que se tuvieran las precauciones exactas para el efecto de estos empujes.

Algunas de las fallas que se podrían producir serían por deslizamiento, por volteo, etc. Éstas se producen por el empuje activo y pasivo y por no tomar en consideración sus consecuencias sobre el muro.

Imagen 2. Falla por deslizamiento.

Fuente: www. victoryepes.blogs.upv.es (2018)

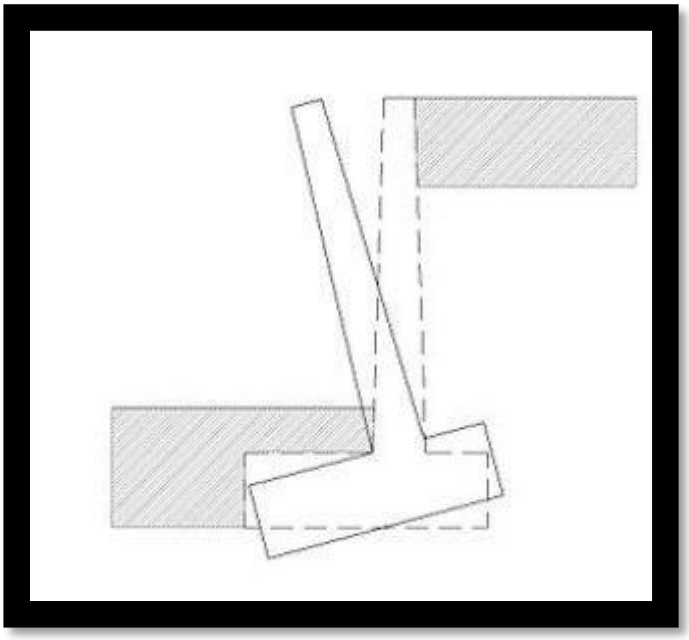


Imagen 2.1 Falla por volteo.

Fuente: www. aguirrebaeza.com (2018)

Imagen 2.2 Falla por hundimiento o capacidad de carga.

Fuente: www.ite-arquitectos.com (2018)

2.3.1 Empuje activo.

Si los muros de contención se desplazan pueden llegar a permitir la expansión lateral del suelo lo cual produce una falla por corte del suelo que se está reteniendo y se crea una cuña. Este empuje disminuye desde el valor del empuje al reposo hasta el denominado valor del empuje activo, que es el mínimo valor posible del empuje.

Este empuje se puede calcular por diferentes teorías como las ya mencionadas en este capítulo.

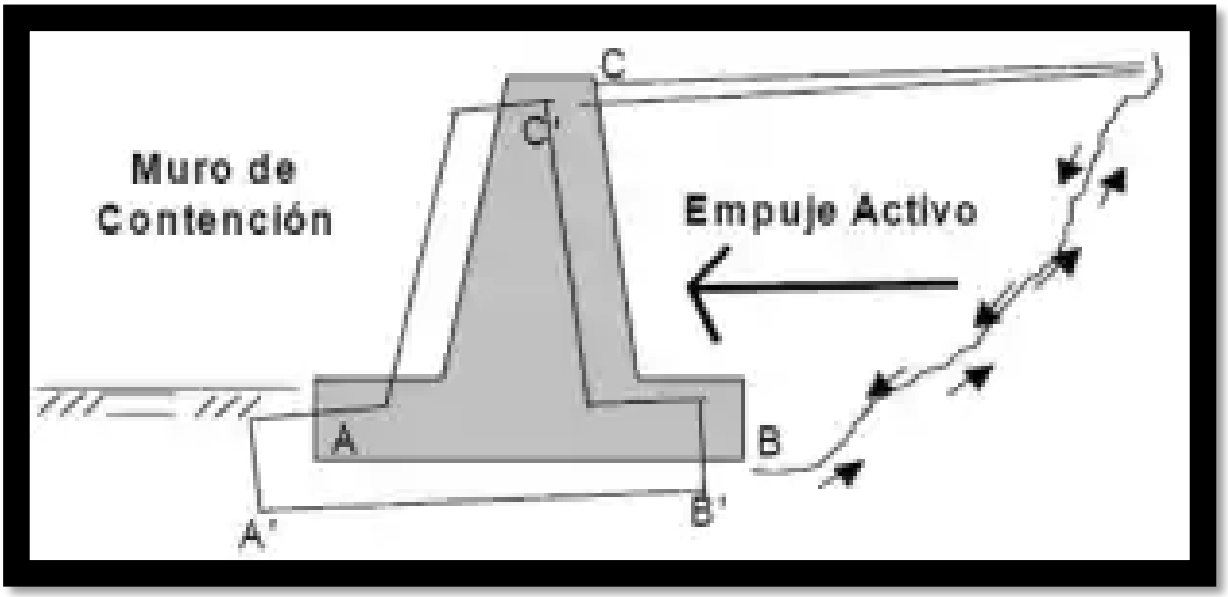


Imagen 2.3 Empuje activo según Rankine.

Fuente: www. geotecniafacil.com.(2018)

2.3.2 Empuje pasivo.

Al contrario del empuje anterior, si se aplican fuerzas al muro de contención de tal forma que éste empuje al suelo que tiene por relleno, la falla se produce mediante una cuña más amplia. A este empuje se le conoce con el nombre de empuje pasivo y es el mayor valor que puede alcanzar el empuje.

Al igual que el empuje anterior, este se puede calcular con diferentes teorías como las mencionadas en este capítulo.

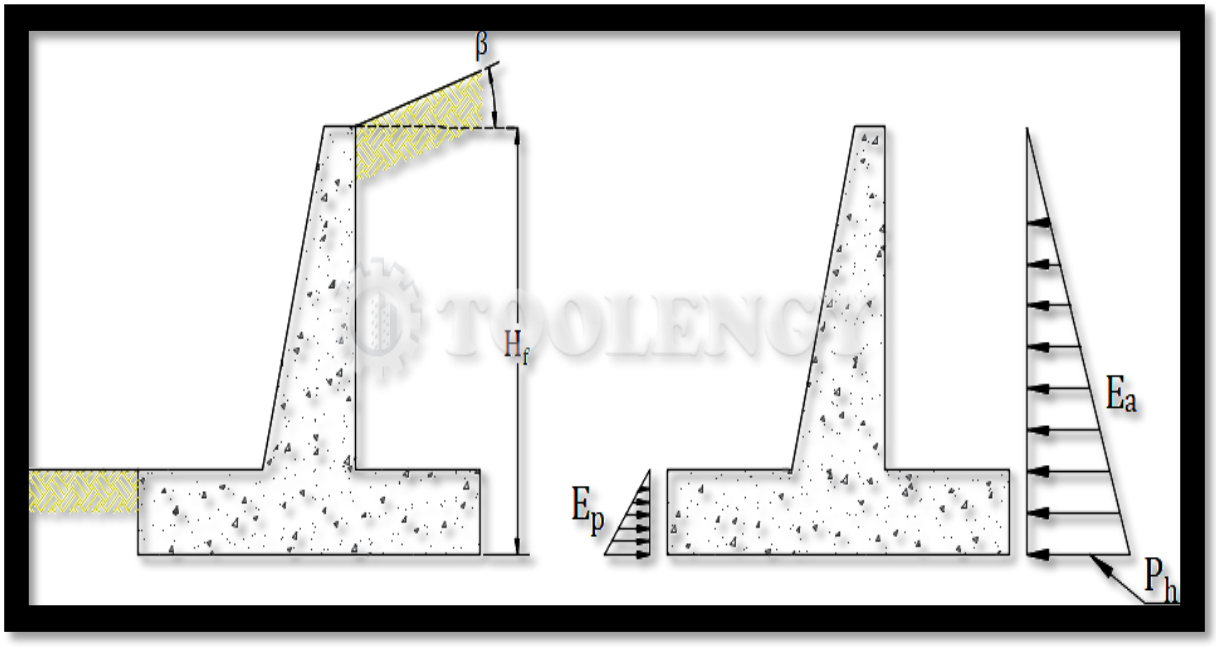


Imagen 2.4 Empuje pasivo según Rankine.

Fuente: www.aim-andalucia.com (2018)

2.4 Formas de muro de contención.

José B. (1974) menciona que las formas clásicas de los muros de contención ya sean de concreto en masa o de mampostería son los de sección trapezoidal, aunque existen diferentes formas variadas de muros y esta depende de la necesidad que necesite el constructor y el proceso constructivo.

En este subtema lo que se busca es describir las distintas formas más comunes y después con su propio cálculo mediante las teorías como las ya mencionadas y con expresiones gráficas.

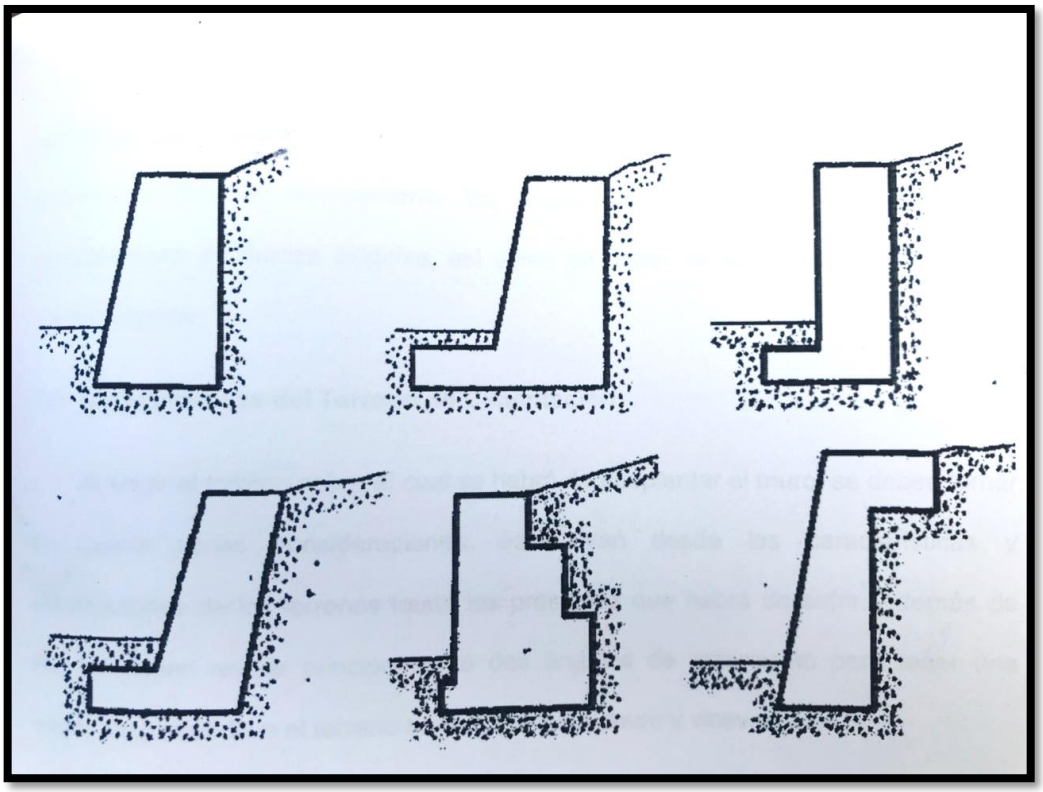


Imagen 2.5 Formas de muros.

Fuente: José B., 1974;25.

2.4.1 Muros de contención de gravedad.

Menciona José C. (1987) que estos muros pueden ser construidos en concreto en masa o mampostería ya que estos resisten los empujes ejercidos con su propio peso normalmente tienden a agrandar el cimiento, aunque puede ser que no lo necesite.

La ventaja más importante de estos muros es que no van armados en el caso de concreto. Estos se pueden utilizar para muros de alturas moderadas y su longitud no debe ser muy grande ya que los volúmenes de obra crecen y por ende el costo del mismo también.

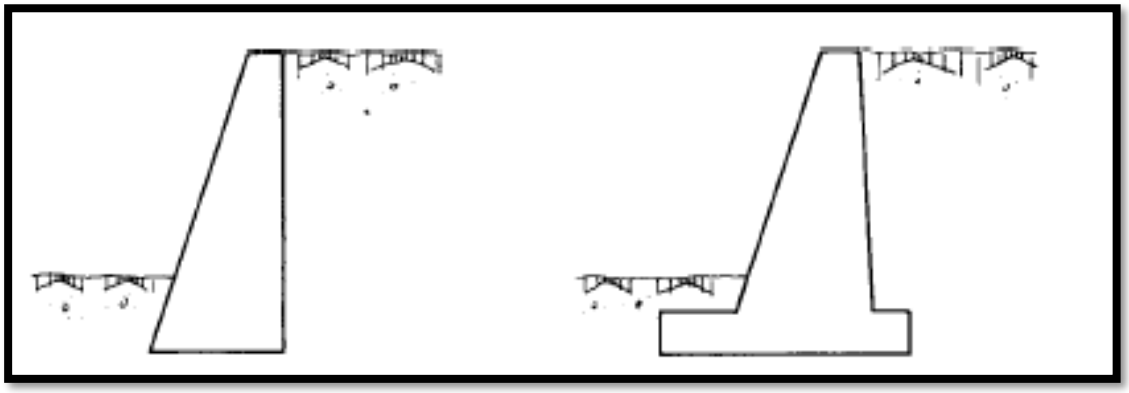


Imagen 2.6 Muros de contención de gravedad

Fuente: José C. ,1987 ; 9

2.4.2 Muros de contención con contrafuerte.

Como José B. (1974) menciona este tipo de muros son de concreto pueden ser armados o en masa dependiendo del uso que se le vaya a dar y según sus características y necesidades.

El espesor de la pared vertical o pantalla, así como la armadura en el caso que el muro tenga armado será de acuerdo a los esfuerzos a los que va a estar sometido ya que se considera como una viga horizontal que está apoyada en sus extremos que serían los contrafuertes. Cuando el muro es mayor a 10 ó 12 metros el grosor del contrafuerte es importante y por lo mismo el volumen del concreto.

Para el cálculo den la estabilidad de este muro se tomará un elemento de muro ancho igual a la distancia del mismo muro comprendida entre las partes centrales de dos elementos de pantalla.

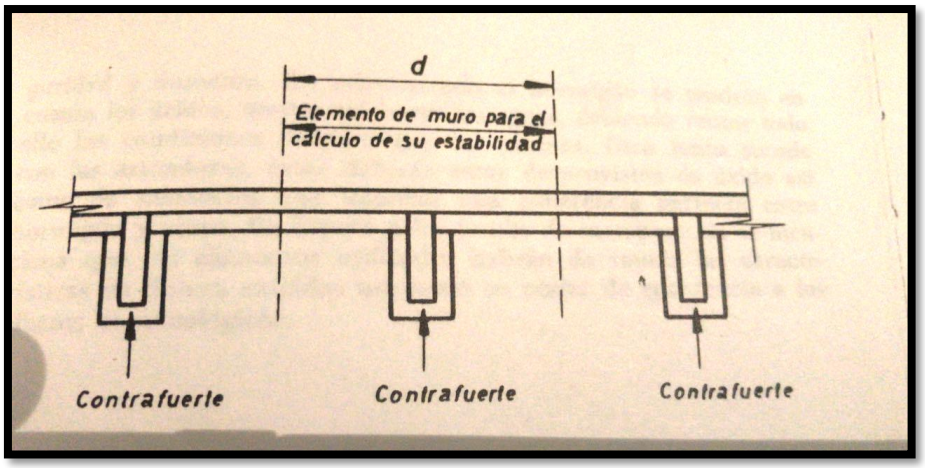


Imagen 2.7 Muro con contrafuertes.

Fuente: José B., 1974; 23.

2.4.3 Muros de concreto armado.

Existen diferentes tipos de muros de concreto armado como menciona José B. (1974) los cuales son:

- Muro clásico: esta es la forma más usual cuando las condiciones del lugar lo permiten. Este muro puede tener la opción de colocarle el tacón o no, ya que en muchos casos se considera innecesario el colocárselo. Este tipo de muro se puede construir en obras o destierres en las zonas de la puntera así como la del talón, aunque esto a veces no es posible y es necesario la construcción de otro tipo de muro.

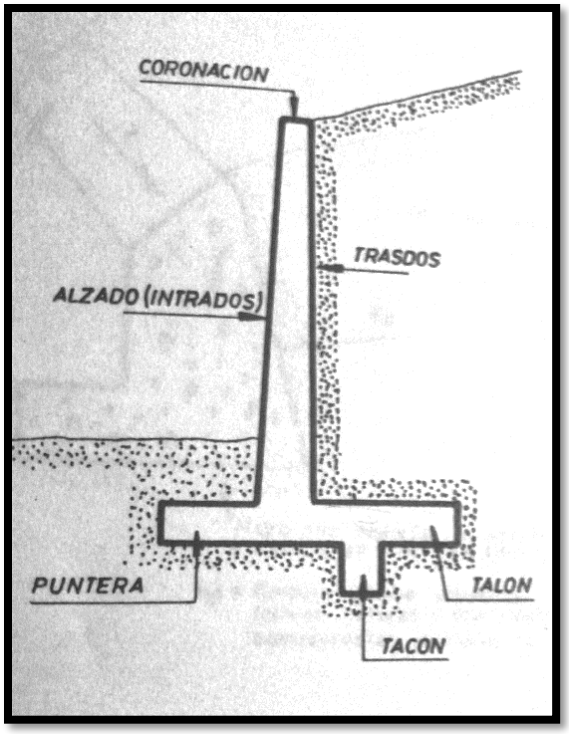


Imagen 2.8 Muro clásico.

Fuente: José B., 1974; 13.

- Muro carente de puntera: este tipo de muro se caracteriza por no tener puntera, este tipo de muro suele construirse cuando en la obra no resulta factible la construcción de la puntera por existir características en el terreno que no permiten la elaboración de la misma.

  Una de las ventajas de este muro, en cuanto a su estabilización es la gravitación sobre su talón donde existe el peso de las tierras contenidas, de esta forma disminuye el momento de volteo que existe por la falta de la puntera.

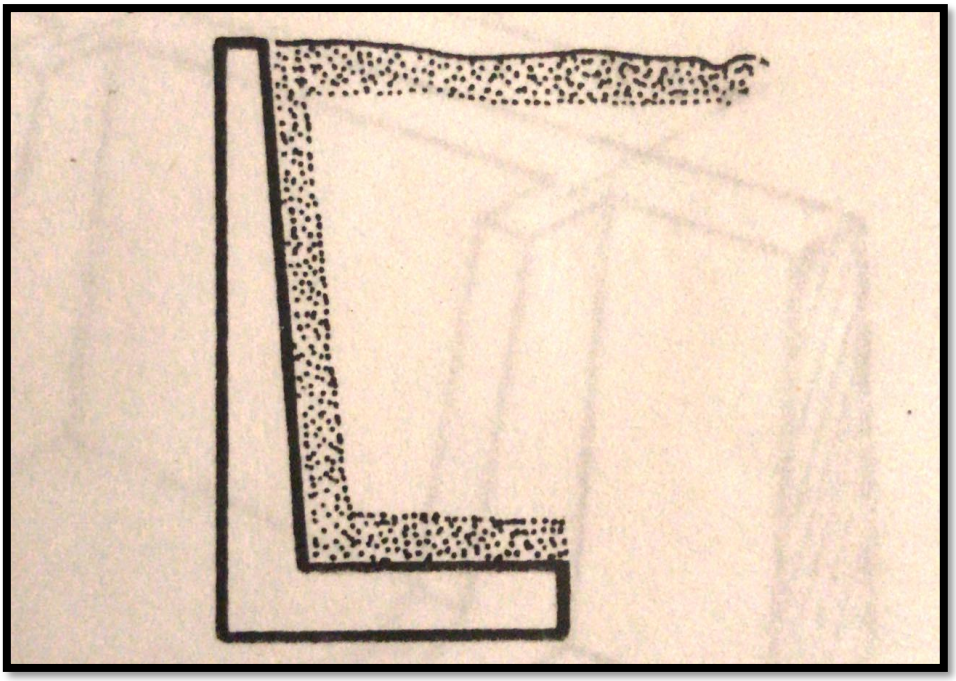


Imagen 2.9 Muro carente de puntera .

Fuente: José B., 1974; 21.

- Muro carente de talón: este tipo de muro se construye cuando existe piedra en el lugar y no permite la construcción del mismo ya que no permite penetrar en el terreno para socavar el hueco del talón. En este muro existe la ventaja sobre el volteo en la existencia de la puntera ya que esta ayuda a soportar el empuje activo que es el que produce la falla por volteo.

  A este tipo de muros también se les conoce como muros de ménsula y por lo regular se usan para alturas no mayores a 10 metros y cuando se exceda esta altura se deberán construir contrafuertes.

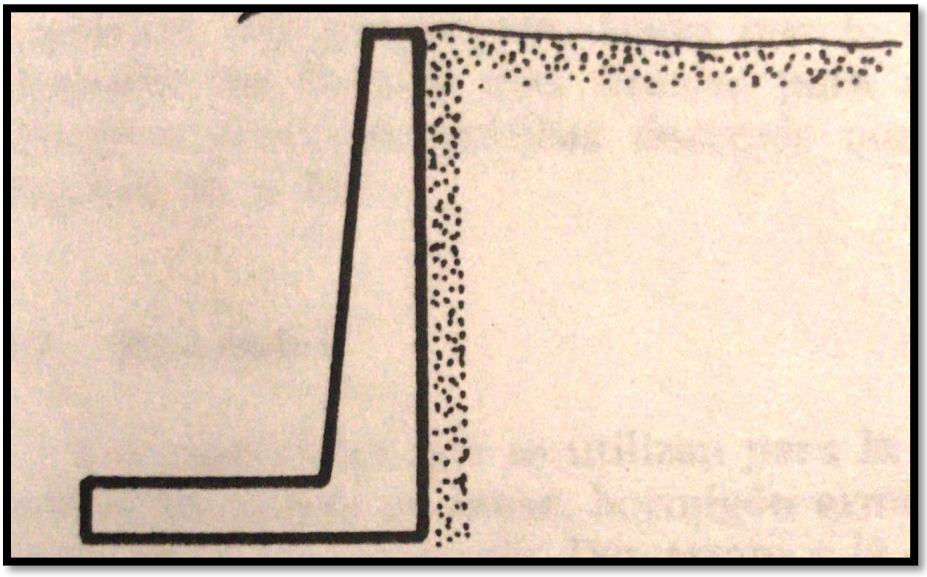


Imagen 2.10 Muro carente de talón.

Fuente: José B., 1974; 22.

- Muros con contrafuertes: como ya se habló de él en el anterior subtema estos pueden ser construidos armados o en masa según las necesidades que se necesiten cumplir. Este trabaja como una viga horizontal que está apoyada en sus extremos, que son los contrafuertes. Un ejemplo de ellos es como el que se muestra en la siguiente imagen.

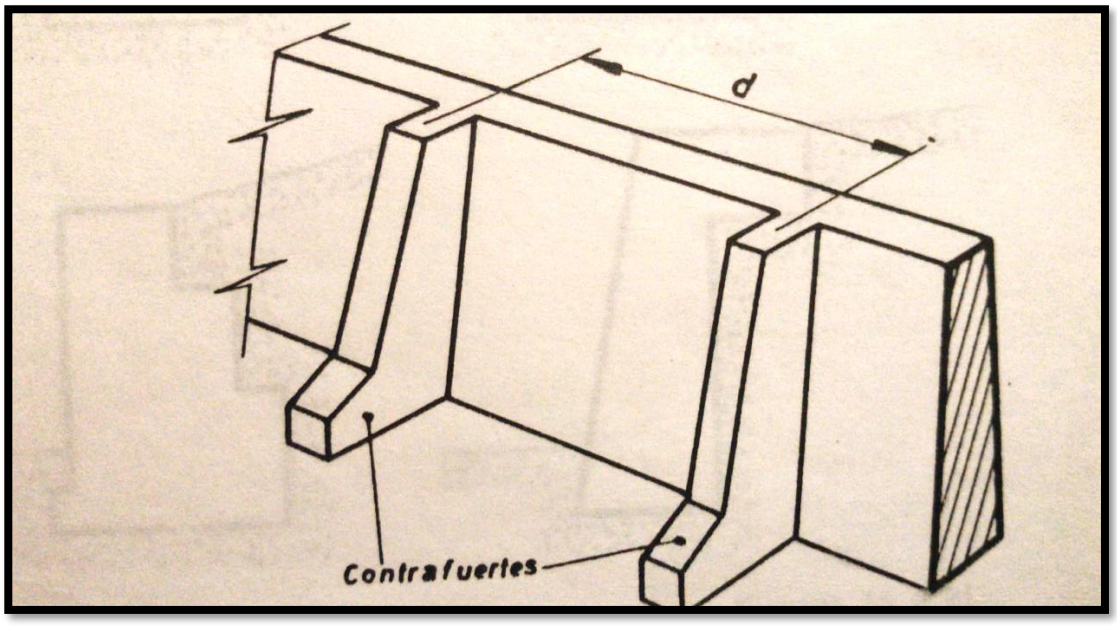


Imagen 2.11 Muro con contrafuerte.

Fuente: José B., 1974; 23.

2.5 Tipos de fallas en un muro de contención.

Las fallas en los muros de contención se producen por los malos predimensionamientos y cálculo de los mismos, también puede presentarse que no se haya realizado un estudio de mecánica de suelos y el tipo de suelo en el que estaría construido y el tipo de muro propuesto no sea el apropiado para este tipo de suelo, ya que los empujes que ejerce el suelo serían mayores a la capacidad de retención del muro ya mencionado.

2.5.1 Falla por volteo.

Como menciona José B. (1974) esta falla se produce en un plano horizontal a causa del empuje activo lo cual provoca la falla por volteo aunque el empuje

pasivo ayuda para evitar esta falla aun no lo tomaremos en cuenta por seguridad del muro.

En los muros su propio peso y empuje vertical ejercido por el relleno tienden a dar equilibrio por causa del momento que origina el volteo.

En la siguiente imagen se muestra cómo es que actúan los empujes y el momento que produce el volteo.

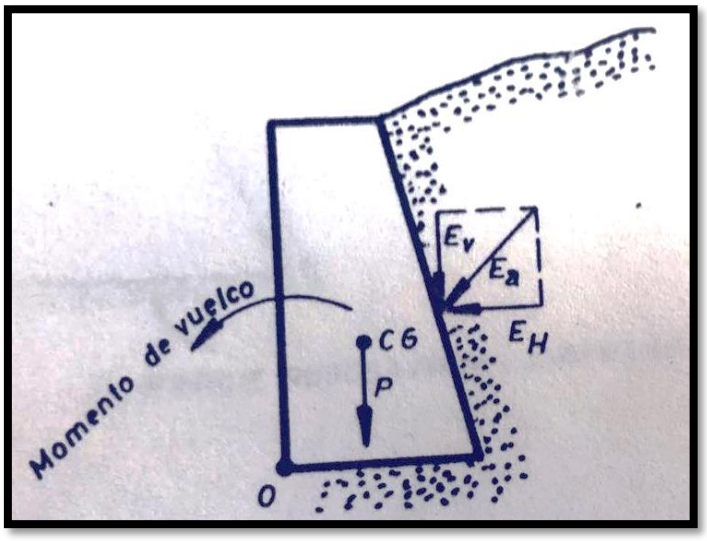


Imagen 2.12 Momento ocasionado por el volteo.

Fuente: José B., 1974; 71.

Para comprobar el momento del volteo Barros (1974) menciona la siguiente fórmula:

Momentos estabilizadores: a * P + b * Ev

Momento del volteo: H/3 * Eh

En la siguiente imagen se muestra de donde salen los datos de las formulas anteriores

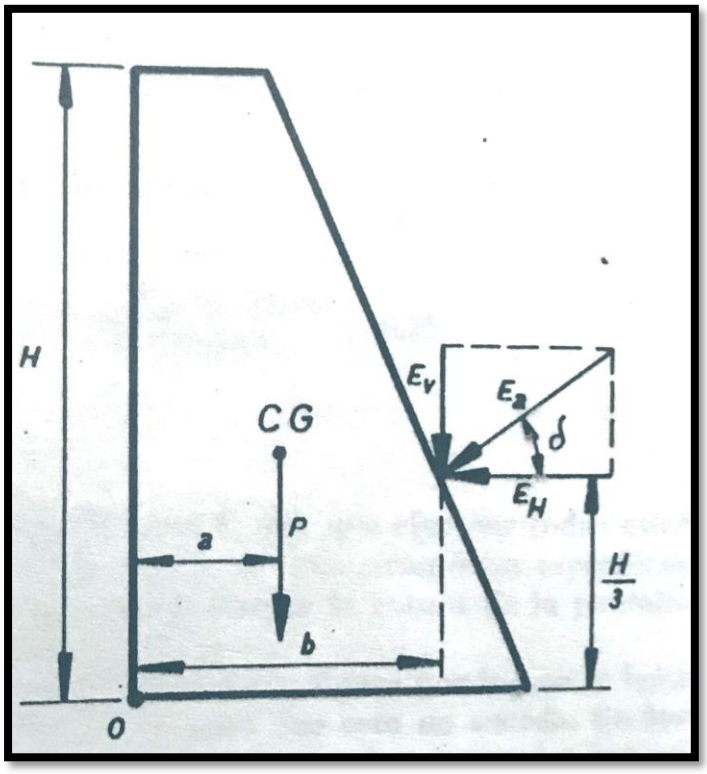


Imagen 2.13 Datos de fórmula de momentos de volteo.

Fuente: José B., 1974; 71.

$$Cv = \frac{\text{Momentos estabilizadores}}{\text{Momento del volteo}}$$

Donde Cv es la seguridad por volteo.

El valor resultante debe de estar entre 3 y 4 ya que de no ser así hay que modificar las propiedades geométricas del muro para evitar esta falla.

2.5.2 Falla por deslizamiento.

José B. (1974) menciona que los muros de contención tienden a deslizarse gracias al empuje horizontal que se origina por empuje activo del relleno sobre el muro. Lo que ayuda a que el muro no se deslice es la superficie de rozamiento que hay entre el muro y el terreno natural por eso se recomienda que la superficie donde se encontrara el muro sea lo más rugosa posible para así lograr una mayor adherencia.

Para que la superficie rugosa sea ideal el ángulo de rozamiento debe de tener como mínimo un valor de 0.25 para no producir un deslizamiento en el muro. El coeficiente de seguridad mencionado hacia el desplazamiento está relacionado con los empujes horizontales y verticales, el cual se determina por la siguiente fórmula:

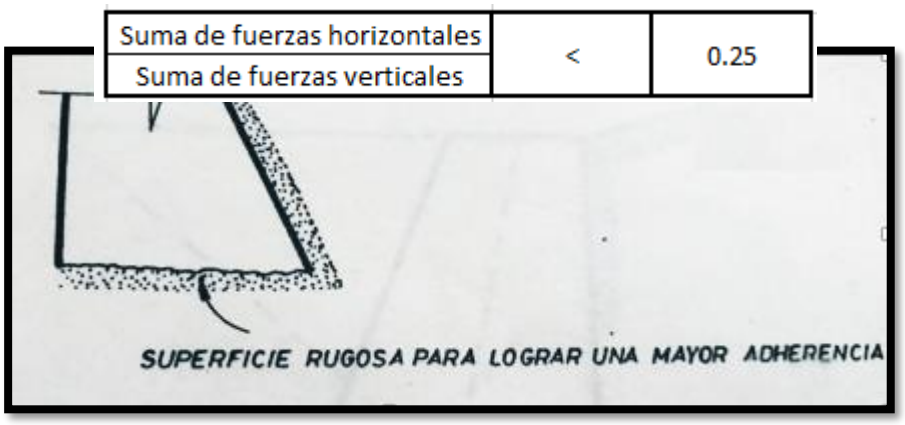


Imagen 2.14 superficie rugosa.

Fuente: José B., 1974; 73.

2.5.3 Falla por flexión.

En los muros de concreto armado se tienen que realizar todas las comprobaciones necesarias y aparte de eso se necesitará realizar la revisión por el momento de rotura de pantalla o por flexión.

Este tipo de muros se flexiona por lo que es necesario diseñar la estructura para que esto no llegue a ocurrir. En los muros de concreto en masa esto no sucede ya que no son muros tan delgados como los de concreto armado.

En la siguiente imagen se muestra cómo es que se llega a flexionar un muro:

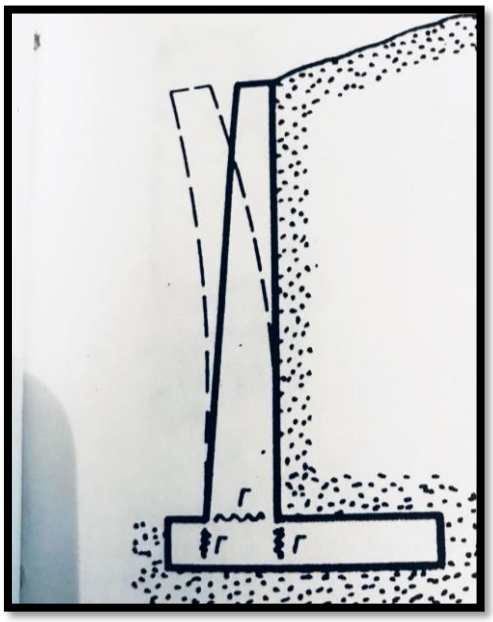


Imagen 2.15 Datos de fórmula de momentos de volteo.

Fuente: José B., 1974; 74.

2.5.4 Falla por capacidad de carga del suelo.

José B. (1974) menciona que esta falla se produce de acuerdo al tipo de terreno donde se construya el muro, ya que la capacidad de carga que tenga el suelo varía dependiendo del tipo del mismo.

Es de gran importancia el elaborar un estudio del suelo cuando se construye una cimentación y en este caso es importante para la elaboración del muro ya que el mismo ejerce presiones al suelo, donde a veces es necesario en ciertos casos profundizar la base del muro para observar si a esa profundidad los estratos del suelo tienen la misma o menor capacidad de carga ya que esto es de suma importancia en cualquier tipo de suelo.

Hay presiones admisibles y no admisibles para un terreno determinado y este dato resulta ser aproximado.

José B. (1974) menciona que en la Norma MV-101(Acciones en la Edificación del Ministro de la Vivienda) da a conocer una tabla donde se muestran las presiones admisibles en un terreno de acuerdo a sus características para poder elaborar una buena cimentación. Las principales dificultades que se le presentan al proyectista al utilizar la tabla ya mencionada se deben a que el mismo no identifica el tipo de suelo donde se llevará a cabo la construcción y aun identificando el tipo de suelo suele suceder que no es un suelo bien definido y por esta misma razón se debe elaborar el estudio del suelo donde se elaborará la cimentación realizando las pruebas pertinentes para obtener datos precisos del suelo y asi tener una mayor seguridad.

Es necesario indicar que la presión admisible del suelo tiende a variar de acuerdo a la profundidad de donde se elabore la cimentación, ya que esta aumenta o permanece constante. A continuación, se mostrará la tabla de presiones anteriormente mencionada:

Naturaleza del terreno	Presiones admisibles en Kg./cm.² para profundidad de cimentación en m. de:				
	0	0,5	1	2	≤ 3
Rocas					
No estratificadas	30	40	50	60	60
Estratificadas	10	12	16	20	20
Terrenos sin cohesión					
Graveras	—	4	5	6,3	8
Arenosos gruesos	—	2,5	3,2	4	5
Arenosos finos	—	1,6	2	2,5	3,2
Terrenos coherentes					
Arcillosos duros	—	—	4	4	4
Arcillosos semiduros	—	—	2	2	2
Arcillosos blandos			1	1	1
Arcillosos fluidos	—	—	0,5	0,5	0,5

Tabla 2.1 Presiones admisibles de acuerdo al tipo de suelo.

Fuente: José B., 1974; 30.

En la tabla anterior no se hace mención de los tipos de suelos fangosos, orgánicos y rellenos ya que producen una presión admisible nula, desde la superficie hasta cualquier profundidad en los fangosos en los orgánicos y rellenos están sujetos a estudio para poder proyectar una cimentación en ese tipo de suelo.

Observando en la tabla 2.1, con facilidad se puede notar comó es que la presión admisible aumenta de acuerdo a la profundidad o se mantiene constante o por lo menos no disminuye. En suelos de tipo roca la presión admisible se duplica al pasar del nivel del terreno natural hasta llegar a 3 metros de profundidad, para terrenos sin cohesión sucede algo prácticamente igual.

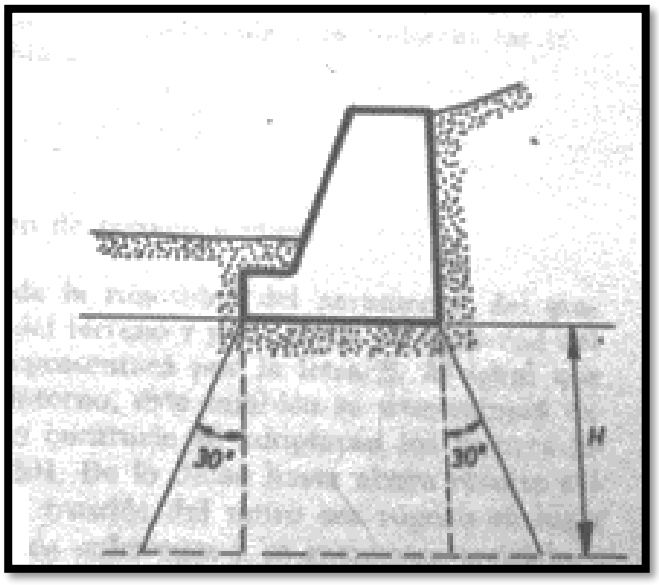


Imagen 2.16 Distribución uniforme de presiones.

Fuente: José B., 1974; 31

Puede darse el caso que el suelo conforme a su profundidad cambie de propiedades, composición y por ende cambiando su resistencia, por lo que se hace necesario excavar una vez y media la altura del muro. Cuando se observa que la presión admisible disminuye en dicha excavación se comprueba si la presión resultante sobre el terreno inferior no sea mayor a la presión admisible que le corresponde al terreno donde se elaborará el muro.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACION.

En el presente capítulo se presenta y se explica a detalle la macro y micro localización del muro que se está revisando.

3.1 Generalidades.

En el presente capítulo se presenta y se explica de manera gráfica y detallada la localización del muro a revisar, también se habla de las características generales del lugar y el objetivo mismo que tiene la presente tesis, también se presentan imágenes del sitio para poder describir de manera gráfica lo que se está revisando.

3.1.1 Objetivo.

Revisar si el muro de contención que se encuentra en el “Residencial Campestre” sección 3 en la parte posterior del mismo, cuenta con las características apropiadas de acuerdo al tipo de suelo en el que se encuentra y si cumple con las características correctas para que no ocurra una falla en el mismo.

3.1.2 Alcance del proyecto.

En la presente tesis se da a conocer el procedimiento de cómo es que el suelo dependiendo de sus características produce empujes en los muros de contención y cómo los muros de contención trabajan bajo este tipo de empujes.

3.2 Resumen ejecutivo.

Para poder llevar a cabo este muro de contención surgió la necesidad de contener una masa de tierras para poder elaborar dicho residencial, pero para esto se tuvo que realizar un levantamiento topográfico, ya que es uno de los estudios fundamentales que se necesitan para dar una ubicación ideal.

Otro de los estudios fundamentales que se realizaron, fue el estudio de mecánica de suelos, ya que para el muro es fundamental, porque con esto se pudo saber la granulometría, límites, etc. En este estudió también se encuentra lo que es la capacidad de carga del suelo y determinar que tipo de suelo es, esto es muy importante ya que con esto podemos encontrar lo que son los empujes que el suelo ejerce en el muro.

Se llevaron a cabo visitas para verificar el terreno y revisar la geometría del muro de contención.

3.3 Entorno geográfico.

INEGI(2018) menciona que la ciudad de Uruapan, Michoacán, se encuentra al oeste del estado, en las coordenadas 19º25' de latitud norte y 102º03' de longitud oeste y a una altura de 1, 620 metros sobre el nivel del mar. Limitada al norte con Charapan, Paracho y Nahuatzen, al este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora, y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Su distancia a la capital del Estado es de 120 km.

3.3.1 Macro y micro localización.

El muro se desarrolló en la ciudad de Uruapan que pertenece al estado de Michoacán. En la siguiente imagen se muestra el estado de Michoacán el cual se compone de 113 municipios y representa el 2.99% del territorio nacional.

Cuenta con una población de 4,584,471 habitantes los cuales representan el 3.8% del total del país. Su distribución del población el 69% urbana y 31%rural; a nivel nacional el dato es de78% y 22% respectivamente según INEGI (2018). En la siguiente imagen se muestra dicho estado.

Imagen 3.1 Estado de Michoacán y su municipio Uruapan.

Fuente:www.scielo.org.com (2018)

En la siguiente imagen se muestra la macro localización y se hace notar la ciudad de Uruapan, Michoacán y las comunidades cercanas. La extensión de dicha

ciudad es de 1014.34 km^2 y representa el 1.62% del total del estado. Cuenta con una población de según INEGI (2015) (Instituto Nacional de Estadistica y Geografía Informatica) es de 334,749 habitantes. El cual se muestra en la siguiente imagen:

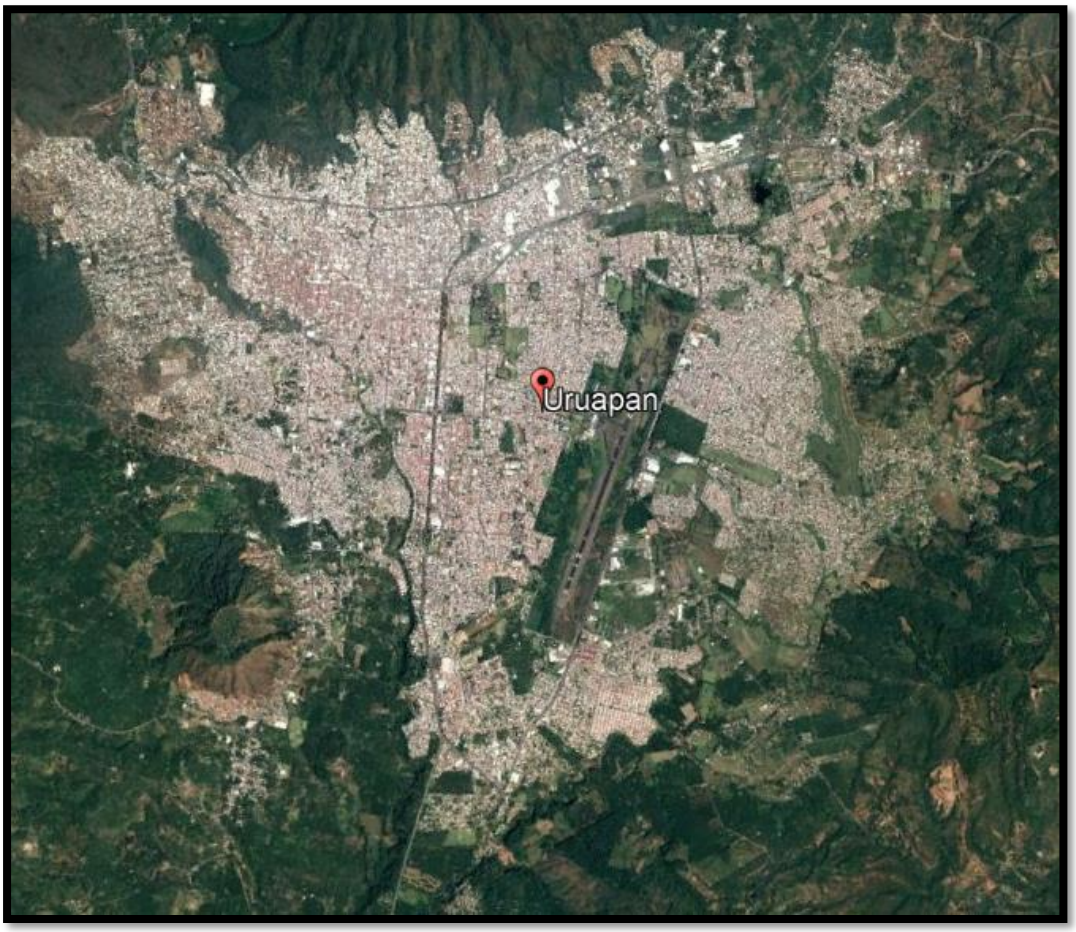


Imagen 3.2 Municipio de Uruapan.

Fuente: Google Earth.(2018)

El terreno donde se encuentra el muro revisado se localiza en la colonia Zumpimito en la zona sur del municipio de Uruapan. En la siguiente imagen se

muestra la micro localización del muro de contención el cual se encuentra dentro del circulo de color rojo.

Imagen 3.3 Micro localización del residencial.

Fuente: Google Earth.(2018)

En la siguiente imagen se muestra la micro localización del muro ya dentro del residencial , dicho muro se encuentra dentro del círculo rojo.

Imagen 3.4 Micro localización del muro a revisar.

Fuente: Google Earth (2018).

3.3.2 Geología regional y de la zona de estudio.

En el tema geológico de la zona de estudio se consultó en la página de internet de la INEGI (2015)(Instituto Nacional de Estadística y Geografía Informática), éste se conforma de rocas ígneas extrusivas e incluso intrusivas.

Las rocas extrusivas más longevas que hay en el lugar son de posible edad pre terciaria que se encuentran por lo regular en el sur de la región. En otras partes de la región se encuentran rocas volcánicas de una edad cenozoica, que se conforman de andesitas, tobas de río líticas y basaltos.

También se cuenta con cuerpo de granítico de Oligoceno, compuesto de granito con granodiorita y cuarzo monzonita, sobre el cual se encuentran diferentes rocas extrusivas.

3.3.3 Hidrología regional y de la zona de estudio

La hidrología de la región consta de yacimientos de agua o ríos como lo son el río Cupatitizio y el río de Santa Bárbara los cuales pertenecen a la cuenca de Tepalcatepec-Infiernillo la cual a su vez pertenece al Balsas.

Como menciona INEGI (2018), esta región hidrológica pertenece en un 52.23% a la cuenca del Balsas y en un 47.77% perteneciente al Lerma-Santiago.

3.3.4 Clima y precipitación.

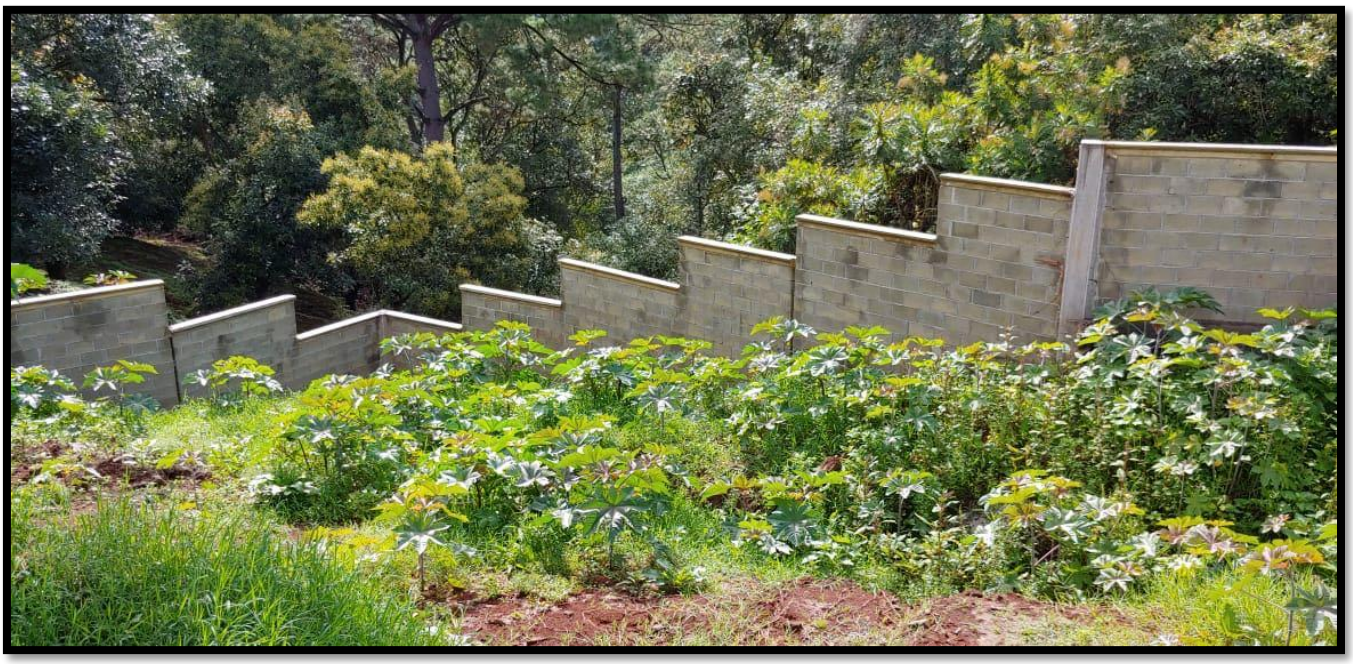
El clima del municipio de Uruapan según implanuruapan.gob.mx (2024) es uno de los más variados del estado de Michoacán pues se ve afectado por las diferencias de altitud en el terreno, existen cinco tipos diferentes de clima:

- Templado semihúmedo con lluvias en verano.
- Templado subhúmedo con lluvias en verano.
- Templado húmedo con lluvias abundantes en verano.
- Semicalido húmedo con abundantes lluvias en verano.
- Cálido subhúmedo con lluvias en verano.

3.4 Informe fotográfico.

A continuación se presenta el reporte fotográfico en el que se pueden observar las condiciones actuales del terreno y del muro de contención.

La fotografía 3.5 muestra cómo en el muro se colocó una sobrecarga de una barda de block.



Fotografía 3.5 Muro de contención con sobre carga de muro de block.

Fuente: Propia.

En la siguiente fotografía 3.6 se observa cómo se ve en la parte inferior del mismo.

Fotografía 3.6 Muro de contención en su parte inferior.

Fuente: Propia.

3.4.1 Problemática.

El problema surge al querer saber si es que este muro de contención cuenta con las características apropiadas de acuerdo al tipo de suelo en el que se encuentra y si cumple con las características correctas para que no ocurra una falla en el mismo.

3.4.2 Estado físico actual.

El estado actual del muro se muestra en el informe fotográfico, en el cual se puede ver que existe materia vegetal en el suelo que se utilizó como relleno.

3.5 Alternativas de solución.

Este muro de contención se hizo a base de mampostería o piedra braza junteada con mortero, otra solución que se le pudo plantear al problema es un muro de contención a base de concreto armado que al igual que el que ya se realizó cumpliría con las características que necesitan cubrir con el mismo.

3.5.1 Planteamiento de alternativas.

Una solución alternativa es la elaboración de un muro de contención a base de concreto armado ya que de igual forma cumple con las características que se necesitan cubrir aunque podrían salir más costoso.

3.6 Procesos de análisis.

Para poder llevar a cabo la revisión de este muro de contención se necesitaron estudios previos para conocer los niveles del terreno, los cuales se mencionan en el levantamiento topográfico para verificar el corte del talud, el cual

fue realizado mediante una estación total.Pposteriormente se realiza el vaciado de datos en un formato en los programas de Excel y AutoCad.

Después se realizó un estudio de mecánica de suelos, para poder determinar las características del suelo y la capacidad de carga del mismo donde se encuentra desplantado el muro de contención.

Ya que se obtuvo y recopiló la información necesaria se llevo a cabo una hoja de cálculo en el programa Excel para analizar los resultados interactuando con las cargas que se le ejercen al muro. Después el muro se somete a una revisión para observar las posibles fallas por volteo, deslizamiento y capacidad de carga y/o hundimiento.

Teniendo resultados favorables o desfavorables frente a los factores de seguridad se darán recomendaciones para evitar las fallas o se corroborará que el muro de contención no fallará de acuerdo a las fallas ya mencionadas .

CAPÍTULO 4
METODOLOGÍA

En este capítulo se habla del tipo de metodología que se empleó en esta investigación, ésta se determina en el proceso que se muestra en este capítulo y donde se tomó en cuenta el método empleado, el enfoque de la investigación, el alcance de la investigación, el diseño de la investigación, los instrumentos de recopilación de datos y la descripción de la investigación.

4.1.- Método de investigación.

Para realizar la presente investigación se requirió utilizar el método científico, el cual es “un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica”.(MarioT.; 2003: 28) Este método es una sucesión de pasos que se deben de dar durante la investigación para comprobar o desaprobar los datos que se obtengan de acuerdo a la investigación. Este método no pretende el descubrimiento de verdades sino más bien averiguar cuál es el proceso para demostrar que en un enunciado es así, ya que encada ciencia plantea y requiere un método en especial, según sea lo que se esté estudiando, pero los pasos que ha de seguir se regulan de acuerdo con el método científico.

Las características que debe de tener este método, según Mario T. (2003) son:

- Fáctico: tiene una referencia empírica.
- Trasciende en los hechos: los científicos estudian a fondo la realidad, para llegar más allá delas apariencias.
- Verificación empírica: se vale de lo que ya está hecho para formular una respuesta al problema que se presenta.
- Autocorrectivo: esto le permite rechazar o ajustar los resultados obtenidos-
- Formulaciones de tipo general: el hecho es particular o singular a medida que interesa y es un miembro de una clase o un caso de una ley.
- Objetivo: dar a conocer un dato real y objetivo.

4.1.1 Método matemático.

Es la abstracción de un sistema y que ayuda a disminuir la complejidad ya que hace suposiciones asertivas y así ayuda a obtener una representación simbológica de este método empleado. En este método se abarcan tres conjuntos de elementos básicos, los cuales son:

- Restricciones.
- Variables de decisión y parámetros.
- Función objetivo.

Las restricciones son la relación entre las variables de decisión y las medidas que se dan para la solución del problema y dan valores óptimos.

Las variables de decisión y parámetros son las incógnitas o los problemas que se presentan a través de método y los parámetros son los valores que se conocen por medio del sistema y pueden ser encontrados en la investigación.

Función objetivo es una relación matemática entre las restricciones, las variables de decisión, los parámetros y una medida que representa el objetivo.

En esta investigación se hará uso del método matemático ya que dentro de esta investigación se muestran variables y restricciones, y este método ayuda a la elaboración de la misma resolviendo de manera óptima las variables o los problemas que se presenten.

4.2. Enfoque de la investigación.

Esta investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo ya que como menciona Roberto H. y c. (2014) es un proceso consecutivo donde cada etapa anticipa a la siguiente y no se puede omitir ninguna ya que tiene un orden, aunque se pueden modificar alguna de esas etapas.

Se parte de una idea que ya está acotada y delimitada, se definen los objetivo y las dudas que surgen en la investigación, se revisa la literatura y se realiza un marco teórico, donde se establecen las dudas o variables de un determinado tema. Se analizan los resultados obtenidos y se extraen conclusiones a las que se llegaron respecto a la hipótesis.

Menciona Roberto H. Y c. que el enfoque cuantitativo tiene las siguientes características:

1. Refleja una necesidad de estimar y medir cantidades de los problemas en la investigación.
2. El investigador plantea las dudas o los problemas en específico.

3. Una vez planeado el problema de la investigación considera lo ya investigado y construye el marco teórico del cual se deriva o una o varias hipótesis.
4. Las hipótesis se generan antes de recolectar y analizar datos
5. La recolección de datos se fundamenta en medición de las variables.
6. Se deben analizar con métodos numéricos.
7. En el proceso se trata de tener mayor control para lograr otras posibles explicaciones.
8. Los análisis cuantitativos se interpretan por medio de predicciones iniciales y estudios a la propuesta del estudio.
9. La investigación debe de ser lo más objetiva posible.
10. Los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurado
11. En las investigaciones cuantitativas se intenta generalizar los resultados encontrados.
12. Los estudios cuantitativos pretenden confirmar y predecir fenómenos en la investigación.
13. Para el enfoque cuantitativo se sigue rigurosamente un proceso de acuerdo a ciertas reglas lógicas.
14. La aproximación que se logra en los resultados se vale de la lógica.
15. La investigación cuantitativa identifica leyes y causales.
16. La investigación cuantitativa ocurre en la realidad externa al individuo.

4.2.1 Alcance de la investigación.

La presente investigación se desarrolló de manera descriptiva ya que este método como dice Roberto H. y c, (2014) busca especificar las propiedades de cualquier fenómeno a analizar, es decir, se pretende recolectar información de manera conjunta o independiente sobre los fenómenos, variables o problemas que se presentan en dicha investigación. Roberto H. y C. mencionan que este alcance recolecta y evalúa información sobre las diversas variables que se presentan en la investigación.

En este tipo de estudios se recolectan diferentes dudas y se seleccionan datos sobre cada una de esas dudas para que así se pueda describir cada una de ellas. Estos estudios descriptivos son muy útiles para mostrar los diferentes aspectos de cada fenómeno o investigación.

4.3 Diseño de la investigación.

En este subtema se explica el diseño con cual se realizó esta investigación. Existen diferentes tipos de diseño de investigación como son el experimental y el no experimental. Para esta investigación se decidió utilizar el diseño no experimental ya que este, como menciona Roberto H. y c. (2014), son investigaciones que no manipulan las variables deliberadamente, es decir, son estudios en los que no se hacen variar las variables independientes para observar su efecto sobre otras variables.

En una investigación no experimental no se generan situaciones si no que se analizan las situaciones que ya existen, estas situaciones no se provocan intencionalmente por el investigador. En las investigaciones no experimentales las variables independientes no son posibles de manipular, no se tiene control directo

sobre las variables ya comentadas y tampoco se puede influir sobre las mismas, porque son variables que ya sucedieron, al igual que los efectos que producen.

Roberto H. y c. mencionan que en este tipo de investigación no experimental no puede haber manipulación ni una asignación al azar, ya que los hechos ya sucedieron ajenos al control directo que hay sobre un experimento. Estas investigaciones no experimentales son sistemáticas y empíricas. Los diseños no experimentales se pueden clasificar en dos:

- Transeccional o transversal.
- Longitudinal.

Esta investigación es transversal ya que como menciona Roberto H. y c. (2014) son datos que se recolectan en un momento, en un tiempo único, el propósito de esta es describir y mencionar las variables que se analizan para observar su interrelación en un momento dado.

4.4 Instrumentos de recopilación de datos.

Para poder llevar a cabo esta investigación se requirió utilizar algunos instrumentos o herramientas de trabajo, en su mayoría programas que por medio de una computadora se extrajo la información necesaria para dicha investigación y algunos otros para la elaboración de dibujos.

Los programas que se utilizaron y ayudaron como herramientas de trabajo para la elaboración de esta investigación son:

1. AutoCAD. De menciona en ww.pccadla.com este es un software que permite elaborar dibujos a detalle, el cual es una herramienta que útil para ingenieros y arquitectos ya facilita la elaboración de planos y las estructuras que se mencionan en esta investigación, este ayuda

también con la elaboración de dibujos en 2D y 3D que permite a una mayor interpretación en los dibujos.

2. CivilCad. Este software como se menciona en www.softwaredeingenieria.es, ofrece cubrir las necesidades en la ingeniería civil y la topografía, con este software se elaboró lo que fueron los perfiles del terreno y las curvas de nivel del mismo y así tener los volúmenes de obra.
3. Excel. En www.apen.es menciona que este programa es una herramienta que organiza datos numéricos o de texto a través de hojas de cálculo, con este programa se elaboraron las hojas de cálculo para obtener lo que fueron los empujes sobre el muro y la afirmación o la negación sobre los factores de seguridad.
4. GoogleEarth. Este programa como se menciona en www.lavanguardia.com funciona como una app que permite explorar el mundo a través de datos cartográficos y fotografías satelitales, con este programa se elaboraron lo que fueron las imágenes para la macro localización y micro localización y así poder ubicar el lugar.
5. Word. Se menciona en www.aev.dfie.ipn.mx que es un programa que permite elaborar y modificar textos a nivel profesional como investigaciones, escritos, folletos, etc. Con este programa se elaboró esta investigación para lograr una mejor presentación.

4.5 Descripción del proceso de investigación.

Para realizar esta investigación, primero se planteó la problemática que fue la revisión del muro presentado en dicha investigación, ya que se tenía la

interrogante si las características son apropiadas para el muro de acuerdo al tipo de suelo en el que se encuentra y si cumple con las características correctas para que no ocurra una falla en el mismo.

Para esta investigación se realizó un levantamiento topográfico altimétrico en el “Residencial Campestre” sección 3 ya que se necesitan encontrar los perfiles topográficos del mismo terreno para encontrar los volúmenes de obra.

Ya que se tuvieron los volúmenes de obra por medio del plano altimétrico se prosiguió con el estudio de mecánica de suelos ya que este es primordial para obtenerlos datos que nos arrojan el tipo de suelo es y sus características.

Con los datos obtenidos por el estudio de mecánica de suelo se conocieron las características del suelo del lugar, los cuales ayudaron para obtener los empujes que se generan por medio del suelo hacia el muro.

Por medio de las teorías empleadas en la presente investigación se obtuvieron los empujes ejercidos por el suelo hacia al muro y así se obtuvieron los datos para poder realizar la revisión a dicho muro.

Por último con los datos obtenidos por la revisión que se realizó en esta presentación se justifican dichos datos obtenidos para plantear una conclusión y dar a conocer si el muro cumple con las características necesarias para que no llegue a ningún tipo de falla y se plantean recomendaciones para el mismo.

CAPÍTULO 5
CÁLCULO, ÁNALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se explican los procesos que se realizaron para poder llegar a los resultados, tanto como la topografía, estudio de mecánica de suelos y los cálculos que se requirieron para encontrar los empujes del suelo hacia el muro. También se verá la revisión para encontrar las fallas por volteo, deslizamiento y capacidad de carga o hundimiento.

5.1 Topografía.

Miguel M. (1989) define la topografía como una ciencia que se encarga de determinar y estudiar los procesos necesarios para ubicar puntos sobre la superficie de la tierra en un sistema de coordenadas conformado por una distancia, una elevación y una dirección.

Se dice que un levantamiento topográfico es un conjunto de operaciones que ayudan a determinar puntos y gran parte de los levantamientos son realizados para obtener la superficie de algún terreno, sus elevaciones, volúmenes y una representación gráfica del terreno que se levante.

En el sitio de estudio del muro de contención donde se lleva a cabo la revisión, se realizó un levantamiento altimétrico. Este tipo de levantamiento ayuda a obtener los niveles que se encuentran en el sitio. Este levantamiento se realizó por medio de una estación total la cual obtiene los niveles del terreno por medio de curvas de nivel.

En la siguiente imagen se muestra lo que es el levantamiento topográfico del sitio y se muestran las curvas de nivel las cuales indican los niveles que se encuentran en el terreno donde se realizó el muro.

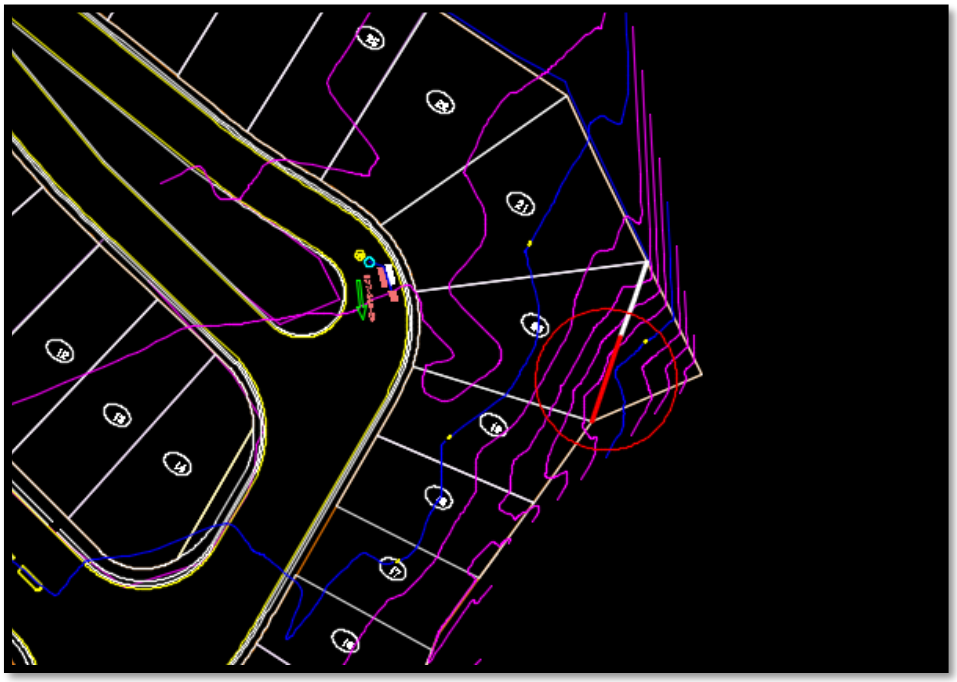


Imagen 5.1 Levantamiento topográfico del muro a revisar.

Fuente: Propia.

5.2 Estudio de mecánica de suelos.

En este subtema se habla del estudio de mecánicas de suelos el cual como se explicó en el subtema 1.8 Estudio de mecánica de suelos, el cual indica las propiedades del suelo y sus caracteristicas.

Para poder realizar dicho estudio fue necesario extraer muestras de suelo los cuales se sacaron de pozos que se realizaron en el terreno a 0.9m, 2.5m y a 3.4m,

después se procedió a llevar las muestras al laboratorio para poder determinar sus características y propiedades.

Es de gran importancia realizar el estudio de mecánica de suelos ya que no se sabe cuáles son las características del mismo o dónde es que se encuentra el NAF (Nivel de Aguas Freáticas) y tampoco se sabe cuál es la capacidad de carga del suelo donde se encuentra desplantado el muro.

En la siguiente tabla se muestra la estratigrafía del lugar:

DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	COLOR DEL ESTRATO	PROFUNDIDAD DEL ESTRATO
Material fino tipo limoso		0.9m
Material fino tipo limoso		2.5m
Material fino tipo arcilloso		3.4m

Tabla 5.1. Descripción de estratigrafía del suelo.

Fuente: Propia.

Como se muestra en la tabla anterior el suelo en su mayoría está compuesto por un fino tipo limoso con presencia de arcilla. En la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtuvieron en el estudio de mecánica de suelos:

PRUEBAS REALIZADAS	SONDEO 1		
	ESTRATO 1	ESTRATO 2	ESTRATO 3
PROFUNDIDAD DE LOS ESTRATOS (M)	DE 0.9 A 2.5	DE 0.9 A 2.5	DE 2.5 A 3.4
DESCRIPCIÓN VISUAL	Material fino, tipo limoso color café obscuro	Material fino, tipo limoso color café claro	Material fino, tipo arcilloso color rojizo
NIVEL DE AGUA FRIÁTICA.	NO	NO	NO
PROF.DE ECTRACCIÓN DE LA MUESTRA (m)	……	1.6	…….
GRANULOMETRÍA			
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO (PVVS) Ton/$m^{3.}$	1.067	0.662	0.93
% SOBRETAMAÑOS > 7.5cm (3").	0	0	0
% GRAVAS. Pasa 5.08 cm (2") y retenido en 4.76 cm (Malla No. 4).	0	0	0
% ARENAS. Pasa 4.76 cm (2") (Malla No.4 y retenido en 0.0074 cm (malla No. 200).	31	2.1	6.3
% FINOS. Pasa0.0074 cm (Malla No.200).	69	97.9	93.7
Clasificación Granulométrica	Material fino Arenoso.	Material fino.	Material fino.
LIMITES DE CONSISTENCIA.			
% Humedad Natural.	74.83	95.31	51.36
% Límite líquido.	34	59	38.2
% Límite plástico.	3.61	51.67	16.42
% Índice plástico.	30.39	7.33	21.78
% Contracción lineal	1.2	4.3	6.5
Clasificación Límites.	ML	MH	CL
CLASIFICACIÓN SUCS.	ML Limo de baja compresibilidad	MH Limo de alta compresibilidad	CL Arcilla de baja compresibilidad
COMPRESIÓN TRIAXIAL			
Peso volumétrico promedio.(Ton/$m^{3)}$	…….	1.013	…….
Cohesión.(Ton/m3)	…….	1.16	…….
Angulo de fricción interna. (°)	…….	11.5	…….
CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL.			
Densidad de sólidos.	…….	2.33	…….
Carga de preconsolidación.(Ton/$m^{2)}$	…….	4.9	…….

Tabla 5.2 Resultados del estudio de mecánica de suelos.

Fuente: Propia.

De acuerdo con la teoría de Terzaghi sobre la capacidad de carga, se pudo calcular este el valor correspondiente a este tipo de suelo, este valor se calcula con la siguiente fórmula:

$$qc = CNc + \gamma DFNq + 0.5 \gamma B N\gamma$$

Donde:

Nc= 10.76

Nq= 3.29

Nγ= 0.49

γ= 1.01 ton/m³

C=1.16 ton/m²

DF= 0.6m

⌀ =11.5°

B= 1m

Sustituyendo en la fórmula:

qc= 1.16(10.76) + 1.01(0.6)(3.29) + 0.5(1.01)(1)(0.49)= 14.72 ton/m².

Gracias a esta fórmula se encontró que la capacidad de carga es de14 *ton/m²* y ya que se necesita un factor de seguridad se utiliza la siguiente expresión:

$$qadmi. = \frac{qc}{3}$$

Esta fórmula es la capacidad de carga admisible, ya que es el factor de seguridad que se toma para determinar la capacidad de carga del suelo sustituyendo en la fórmula de capacidad de carga adimisible:

$$qadmi.= \frac{14.72}{3} = 4.9\ ton/m^2$$

Dado que los resultados del estudio de mecánica de suelos indica que son suelos cohesivos- friccionantes y tiene una capacidad de carga admisible de 4.9 ton/m^2 por lo tanto recomienda un mejoramiento de suelo en lo que es la base del muro de contención.

5.3 Cálculo de empujes.

Gracias a los resultados que se obtuvieron del estudio de mecánica de suelos se pudo determinar qué tipo de suelo es el que se encuentra en el lugar, es un suelo fino, por lo tanto se precedió a utilizar la ecuación de Rankine para determinar el empuje activo que genera el suelo en el muro, el cual se calcula con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{E_A = \frac{1}{2N\emptyset}\gamma H^2 - \frac{2c}{\sqrt{N\emptyset}}H + \frac{2C^2}{\gamma}}$$

Donde:

H:es la altura total del muro 4.4m

Para continuar con la fórmula se determinan los valores de la misma, de la siguiente manera: $N\emptyset = \tan^2(45 + \frac{\emptyset}{2})$

Dónde: ø= 11.5° (Ángulo de fricción interna).

En la siguiente expresión se determina el cálculo del agrietamiento que tiene el suelo:

$$Z_0 = \frac{2c}{\gamma} - \sqrt{N\emptyset}$$

Donde:

C = 1.16 ton/m^2 (Cohesión).

γ = 1.106 ton/m^3 (peso volumétrico del suelo).

Sustituyendo en las fórmulas ya mencionadas:

Nø = $\tan^2 (45 + \frac{\emptyset}{2}) =$ Nø = $\tan^2 (45 + \frac{11.5}{2}) = 1.498$

$$Z_0 = \frac{2(1.16)}{(1.01)} - \sqrt{1.498} = 2.8\text{m}$$

Sustituyendo la fórmula del empuje activo:

$$\boldsymbol{E_A = \frac{1}{2N\emptyset}\gamma H^2 - \frac{2c}{\sqrt{N\emptyset}}H + \frac{2C^2}{\gamma} =}$$

$$\boldsymbol{E_A = \frac{1}{2(1.498)}(1.01)(4.4)^2 - \frac{4.4}{\sqrt{1.498}} + \frac{2(1.16)^2}{1.01} = 0.862\ \text{t/ml}}$$

A continuación se procede a calcular el empuje pasivo con la siguiente expresión:

Donde: $$\boldsymbol{E_P = \frac{1}{2}N\emptyset\gamma H^2 + 2C\sqrt{N\emptyset}\,H}$$

H: es la altura del desplante del muro que es 0.60m

Sustituyendo sus valores:

$$\boldsymbol{E_P = \frac{1}{2} N \emptyset \gamma H^2 + 2C \sqrt{N\emptyset}\, H =}$$

$$\boldsymbol{E_P = \frac{1}{2}(1.498)(1.01)(0.6)^2 + 2(1.16)\sqrt{1.498}\,(0.6) = 1.9768 t/ml}$$

5.4 Revisión de dimensionamiento

A continuación, se muestra una tabla donde se observan las dimensiones geométricas del muro de contención a revisar:

MEDIDAS	MTS
BASE	1.2
ALTURA TOTAL	4.4
DESPLANTE	0.6

Tabla 5.3 Dimensiones del muro de contención.

Fuente: propia.

A continuación se muestra de manera gráfica las medidas del muro de contención.

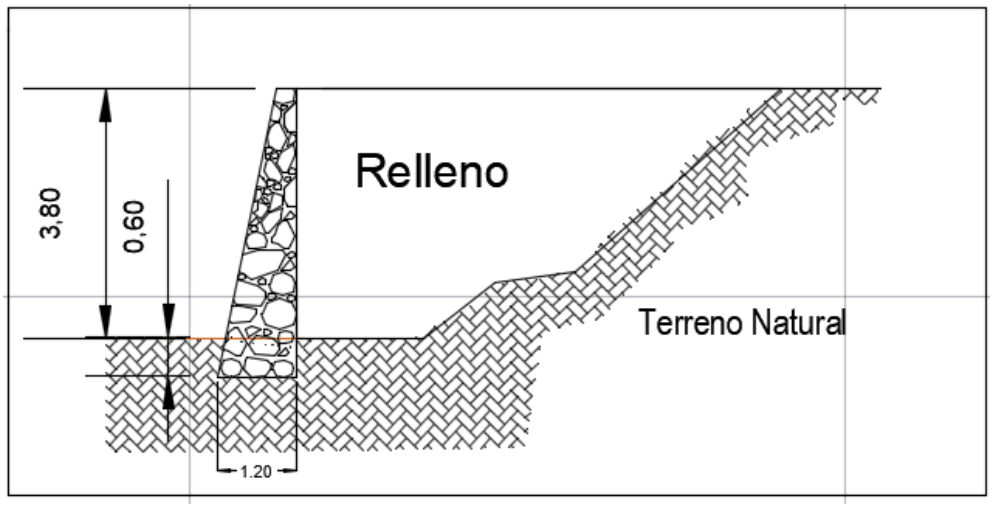


Imagen 5.2 muro de contención de manera gráfica.

Fuente: Propia.

5.5 Revisión por deslizamiento, volteo y capacidad de carga.

Para poder calcular y revisar el deslizamiento, volteo y la falla por capacidad de carga, es necesario determinar el peso del muro y los momentos que ejerce. A continuación, se muestra una tabla donde se encuentran dichos datos:

CARGA	PESO	BRAZO	MOMENTO RESIST.
W1	0.3(4.4)(2.5)(1) = 3.3	0.9+ 0.15 = 1.05	3.3(1.05) =3.465 TON/M
W2	(((0.9(4.4))(0.5))(2.5)(1) = 4.95	0.9(2/3) = 0.6	9.9(0.6) = 5.94
W3	(2)(1)(0.4)(1)= 0.8		+EP: 1.9768

	PESO TOTAL = 9.05 TON		MR= 11.38 TON/M

Tabla 5.4 Cargas aplicadas en el muro.

Fuente: Propia.

En la siguiente imagen se muestra como se representan gráficamente las cargas con sus medidas mencionadas en la tabla 5.4 y la distancia a donde están aplicados los empujes tanto el activo como el pasivo:

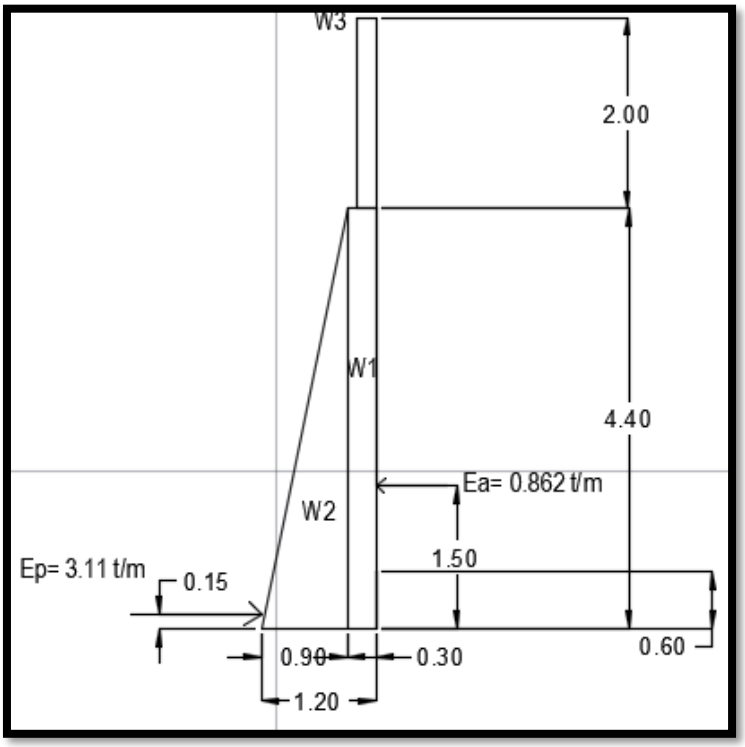


Imagen 5.3 Cargas aplicadas en el muro.

Fuente: Propia.

Para que el muro cumpla por la falla de deslizamiento C.F.E (Comisión Federal de Electricidad) menciona en el Manual de Mantenimiento para Sistemas de Conducción de Centrales Hidroeléctricas en la tabla A.3.3 es necesario que el factor de seguridad sea mayor a 1.5, el cual se determina de la siguiente manera:

$$\mathbf{FS}= \frac{\boldsymbol{F+EP}}{\boldsymbol{EA}}$$

Donde:

F: es un factor que se determina con la cohesión y el ángulo de fricción interna.

EP: es el empuje pasivo.

EA: es el empuje activo.

Para poder determinar el factor de seguridad es necesario encontrar F el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{F}= \mathbf{0.67}\boldsymbol{C} + \boldsymbol{P\,TAN}\emptyset$$

Donde:

C: es la cohesión

P: es el peso sobre área.

$\emptyset$**:** es el ángulo de fricción interna.

Y para determina F se necesita obtener P el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{P = \frac{WT}{A}}$$

Donde :

WT: es el peso total del muro

A: es el área del muro.

A continuación se muestra las sustituciones de las fórmulas mencionadas para la falla por deslizamiento:

$$\boldsymbol{P = \frac{WT}{A}} \; = P = \frac{9.05}{1.2(1)} \; = \textbf{7.5417 T/M}^{\textbf{3}}$$

Ya que se calcula este valor podemos determinar F el cual es el siguiente:

$$\mathbf{F = 0.67C + P\,TAN\emptyset}$$

$$\mathrm{F} = 0.67(1.16) + (7.5417)\,TAN\,(11.5)$$

F= 2.3115

Con estos datos ya definidos se puede determinar determinar el factor de seguridad para deslizamiento el cual se calcula a continuación:

$$\mathbf{FS}= \frac{\boldsymbol{F+EP}}{\boldsymbol{EA}} = FS= \frac{(2.3115)+(1.9768)}{0.862} = \mathbf{5.28}$$

Como el factor de seguridad es mayor a 1.5 quiere decir que el muro pasa por falla de deslizamiento y por lo tanto se acepta.

Ya que se encuentra que por deslizamiento se acepta el muro ahora se revisará la falla por volteo, al igual que el deslizamiento para poder terminar si se acepta o no, C.F.E (Comisión Federal de Electricidad) menciona en el Manual de Mantenimiento para Sistemas de Conducción de Centrales Hidroeléctricas en la tabla A.3.3 el factor de seguridad debe de ser mayor que 1.5, el cual se calcula de la siguiente manera

$$\frac{\boldsymbol{M.Resistente}}{\boldsymbol{M.Actuante}}$$

Donde:

M. Resistente: es el momento generado por las cargas y el empuje pasivo

M. Actuante: es el momento que ejerce el empuje activo.

Sustituyendo la fórmula:

$$\frac{\boldsymbol{M.Resistente}}{\boldsymbol{M.Actuante}} = \frac{\mathbf{11.38}}{\mathbf{0.4589}} = \mathbf{24.79}$$

El factor de seguridad es mayor que 1.5 por lo tanto pasa por la falla de volteo y por ende se acepta.

Ahora que se sabe que por volteo y deslizamiento se acepta el muro se procede a hacer la revisión por capacidad de carga o hundimiento la cual da como resultado los esfuerzos que se aplican al suelo y si el esfuerzo mayor es menor a la capacidad de carga admisible(*qadmin)* el muro se acepta por falla de capacidad de carga.

Esta revisión se calcula con la siguiente expresión:

$$\sigma m = \frac{M}{A}\left(1 +- \frac{6e}{B}\right)$$

Donde:

M: es la sumatoria de cargas del muro.

A: es el área del muro.

E: es la excentricidad.

B: es la base del muro.

Para poder resolver la fórmula anterior se necesita obtener la excentricidad la cual se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{e} = \frac{M}{WT} - \frac{B}{2}$$

$$\frac{B}{6}$$

Donde:

M: es la sumatoria de momentos (M. resistente + M. actuante).

WT: es el peso total del muro.

B: es la base del muro.

Sustituyendo la ecuación de la excentricidad:

$$\mathbf{e}= \frac{M}{WT} - \frac{B}{2} = e= \frac{10.92}{9.05} - \frac{1.2}{2} = \mathbf{0.6039}$$

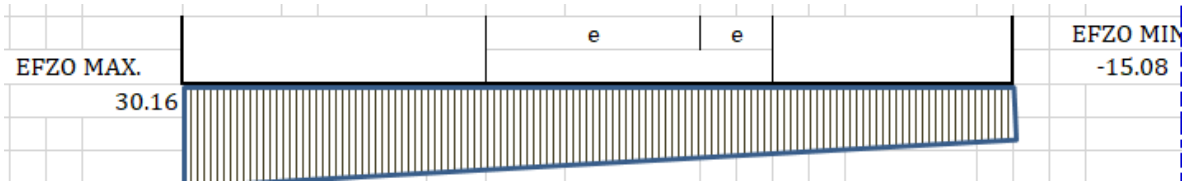
$$\frac{B}{6} = \frac{(1.2)}{2} = \mathbf{0.2m < 0.6}$$ no pasa por excentricidad.

Y sustituyendo la fórmula de capacidad de carga:

$$\sigma m = \frac{WT}{A}\left(1+\frac{6e}{B}\right) \quad \sigma m = \frac{9.05}{1.2(1)}\left(1+\frac{6(0.6)}{1.2}\right) = \mathbf{30.16}\ ton/m^2$$

$$\sigma m = \frac{WT}{A}\left(1-\frac{6e}{B}\right) \quad \sigma m = \frac{9.05}{1.2(1)}\left(1-\frac{6(0.6)}{1.2}\right) = \mathbf{-15.08}\ ton/m^2$$

$$qadmin = 4.9\ ton/m^2 < 22.772\ ton/m^2$$



Ya que se encontró que el esfuerzo mayor aplicado al suelo gracias a las cargas del muro es mayor que la capacidad de carga admisible del mismo, se tiene como respuesta que el muro de contención no pasa por capacidad de carga o hundimiento.

5.6 Propuesta que garantiza la estabilidad del muro.

Ya que se llevó a cabo la revisión del muro de acuerdo con su geometría real, se propondrá una geometría que garantice la estabilidad del muro así como la capacidad de carga del terreno.

5.6.1 Cálculo de empujes.

Dado que es en el mismo lugar, son las mismas características del suelo se obtendrán, los empujes con el método de Rankine para determinar el empuje activo que genera el suelo en el muro, el cual se calcula con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{E_A = \frac{1}{2N\emptyset}\gamma H^2 - \frac{2c}{\sqrt{N\emptyset}}H + \frac{2C^2}{\gamma}}$$

Donde:

H: es la altura total del muro 4.8m

Para continuar con la fórmula se determinan los valores de la misma, es de la siguiente manera:

$$N\emptyset = \tan^2\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right)$$

Donde: ∅= 11.5° (Ángulo de fricción interna).

En la siguiente expresión se determina el cálculo del agrietamiento que tiene el suelo:

$$Z_0 = \frac{2c}{\gamma} - \sqrt{N\emptyset}$$

Donde:

C = 1.16 ton/m^2 (Cohesión).

γ = 1.106 ton/m^3 (peso volumétrico del suelo).

Sustituyendo en las fórmulas ya mencionadas:

$$N\emptyset = \tan^2\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right) = N\emptyset = \tan^2\left(45 + \frac{11.5}{2}\right) = 1.498$$

$$Z_0 = \frac{2(1.16)}{(1.01)} - \sqrt{1.498} = 2.8\text{m}$$

Sustituyendo la fórmula del empuje activo:

$$\boldsymbol{E_A = \frac{1}{2N\emptyset}\gamma H^2 - \frac{2c}{\sqrt{N\emptyset}}H + \frac{2C^2}{\gamma} =}$$

$$\boldsymbol{E_A = \frac{1}{2(1.498)}(1.01)(4.8)^2 - \frac{4.8}{\sqrt{1.498}} + \frac{2(1.16)^2}{1.01} = 1.348\ \text{t/ml}}$$

A continuación se procede a calcular el empuje pasivo con la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{E_P = \frac{1}{2}N\emptyset\gamma H^2 + 2C\sqrt{N\emptyset}\,H}$$

Donde:

H: es la altura del desplante del muro que es 1m

Sustituyendo sus valores:

$$\boldsymbol{E_P = \frac{1}{2}N\emptyset\gamma H^2 + 2C\sqrt{N\emptyset}\,H}$$

$$E_P = \frac{1}{2}(1.498)(1.01)(1)^2 + 2(1.16)\sqrt{1.498}\,(1) = 3.598\ \text{t/ml}$$

5.6.2 Predimensionamiento del muro como propuesta.

Para realizar el predimensionamiento del muro de contención, se basará en los requisitos que se piden el Manual de Mantenimiento de Obras Civiles de Comisión Federal de Electricidad (1981), para poder satisfacer la garantía de la estabilidad del muro y contener el talud.

A continuación se muestran una tabla donde se observan las dimensiones geométricas del muro de contención comó propuesta:

MEDIDAS	MTS
BASE	2.6
ALTURA TOTAL	4.8
DESPLANTE	1

Tabla 5.5 Dimensiones del muro de contención.

Fuente: propia.

A continuación se muestra de manera gráfica las medidas del muro de contención y como es que se encuentra el terreno natural en el sitio

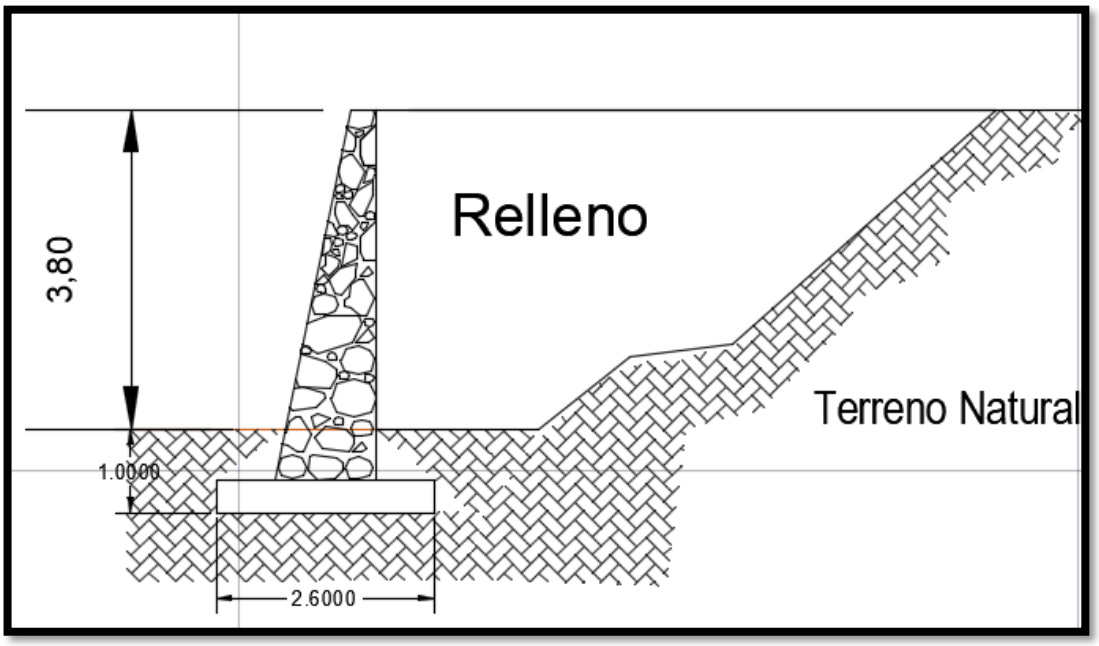


Imagen 5.4 Muro de contención de manera gráfica.

Fuente: Propia.

5.6.3 Revisión por deslizamiento, volteo y capacidad de carga.

Para poder calcular y revisar el deslizamiento, volteo y la falla por capacidad de carga o hundimiento se requiere volver a calcular el peso del muro y los momentos que ejerce. A continuación, se muestra una tabla donde se encuentran dichos datos:

CARGA	PESO	BRAZO	MOMENTO RESIST.(TON/M)
W1	0.3(4.4)(2.5)(1) = 3.3	0.9+ 0.15+0.7 = 1.75	3.3(1.75) = 6.25
W2	(((0.9(4.4))(0.5))(2.5)(1) = 4.95	0.9(2/3)+0.7 = 1.3	9.9(0.6) = 3.465
W3	(2.6)(0.4)(2.2)(1)=2.288	1.3	(2.288)(1.3)= 2.9744
W4	(0.7)(4.4)(1.01)(1)= 3.1108	0.35+0.3+0.9+0.7= 2.25	(2.25)(3.1108)= 6.99
W5	(2)(1)(0.4)(1)= 0.8		Ep: 3.598
	PESO TOTAL = 14.44 TON		MR= 25.5849 TON/M

Tabla 5.6 Cargas aplicadas en el muro.

Fuente: Propia.

En la siguiente imagen se muestra como se representan gráficamente las cargas ejercidas por el muro con las medidas mencionadas en la tabla 5.6.3.1 y la distancia a donde están aplicados los empujes tanto el activo como el pasivo a dicho muro:

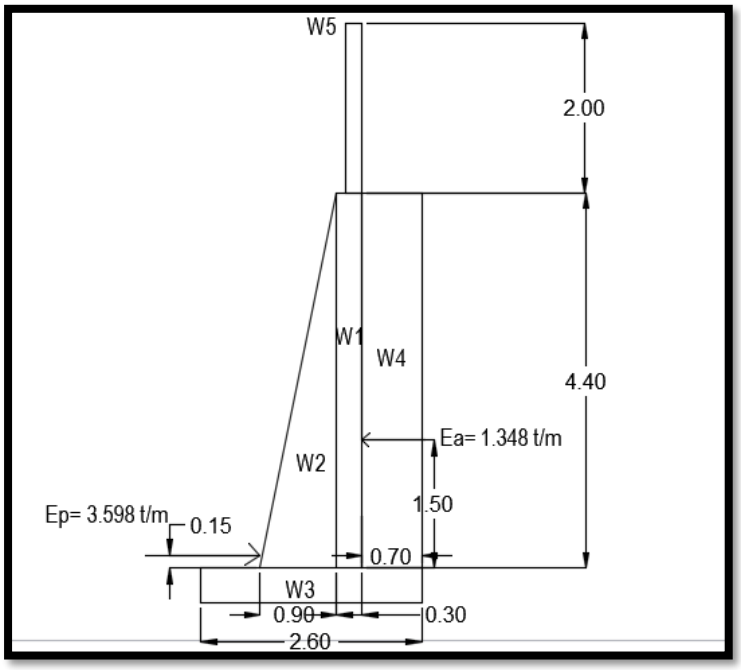


Imagen 5.5 Cargas aplicadas en el muro.

Fuente: Propia.

Ya que tenemos estos datos definidos podemos empezar a revisar si el muro no tenderá a falla por deslizamiento.

Para que el muro cumpla por la falla de deslizamiento es necesario que el factor de seguridad sea mayor a 1.5, el cual se determina de la siguiente manera:

$$\mathbf{FS}= \frac{\boldsymbol{F+EP}}{\boldsymbol{EA}}$$

Donde:

F: es un factor que se determina con la cohesión y el ángulo de fricción interna.

EP: es el empuje pasivo.

EA: es el empuje activo.

Para poder determinar el factor de seguridad es necesario encontrar F el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{F}= \mathbf{0.67}\boldsymbol{C} + \boldsymbol{P\,TAN}\emptyset$$

Donde:

C: es la cohesión

P: es el peso sobre área.

$\emptyset$**:** es el ángulo de fricción interna.

Y para determina F se necesita obtener P el cual se calcula de la siguiente manera:

Donde:

$$\boldsymbol{P} = \frac{\boldsymbol{WT}}{\boldsymbol{A}}$$

WT: es el peso total del muro

A: es el área del muro.

A continuación, se muestra las sustituciones de las fórmulas mencionadas para la falla por deslizamiento:

$$\boldsymbol{P} = \frac{\boldsymbol{WT}}{\boldsymbol{A}} = P = \frac{14.44}{2.6(1)} = \mathbf{5.55\ T/M^3}$$

Ya que calculamos este valor podemos determinar F el cual es el siguiente:

$$\mathbf{F}= \mathbf{0.67}\boldsymbol{C} + \boldsymbol{P\,TAN}\emptyset$$

$$F = 0.67(1.16) + (5.55)\,TAN\,(11.5) = 1.9$$

Con estos datos ya definidos se puede determinar el factor de seguridad para deslizamiento el cual se calcula a continuación:

$$\mathbf{FS} = \frac{\boldsymbol{F+EP}}{\boldsymbol{EA}} = FS = \frac{(1.9)+(3.598)}{1.348} = \mathbf{4.07}$$

Como el factor de seguridad es mayor a 1.5 quiere decir que el muro pasa por falla de deslizamiento y por lo tanto se acepta.

Ya que se encontró que por deslizamiento se acepta el muro ahora se revisará la falla por volteo, al igual que el deslizamiento para poder terminar si se acepta o no, se verifica que el factor de seguridad sea mayor que 1.5, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{\boldsymbol{M.Resistente}}{\boldsymbol{M.Actuante}}$$

Donde:

M. Resistente: es el momento generado por las cargas y el empuje pasivo

M. Actuante: es el momento que ejerce el empuje activo.

Sustituyendo la fórmula:

$$\frac{\boldsymbol{M.Resistente}}{\boldsymbol{M.Actuante}} = \frac{\mathbf{25.5849}}{\mathbf{0.897}} = \mathbf{28.522}$$

El factor de seguridad es mayor que 1.5 por lo tanto pasa por la falla de volteo y por ende se acepta.

Ahora que se sabe que por volteo y deslizamiento se acepta el muro se procede a hacer la revisión por capacidad de carga o hundimiento la cual da como resultado los esfuerzos que se aplican al suelo y si el esfuerzo mayor es menor a la capacidad de carga admisible (*qadmin)* el muro se acepta por falla de capacidad de carga.

Esta revisión se calcula con la siguiente expresión:

$$\sigma m = \frac{M}{A}\left(1 +- \frac{6e}{B}\right)$$

Donde:

M: es la sumatoria de cargas del muro.

A: es el área del muro.

E: es la excentricidad.

B: es la base del muro.

Para poder resolver la fórmula anterior se necesita obtener la excentricidad la cual se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{e} = \frac{M}{WT} - \frac{B}{2}$$

$$\frac{B}{6}$$

Donde:

M: es la sumatoria de momentos (M. resistente + M. actuante).

WT:es el peso total del muro.

B: es la base del muro.

Sustituyendo la ecuación de la excentricidad :

$$e = \frac{M}{WT} - \frac{B}{2} = e = \frac{24.6879}{14.44} - \frac{1.2.62}{2} = \mathbf{0.409}$$

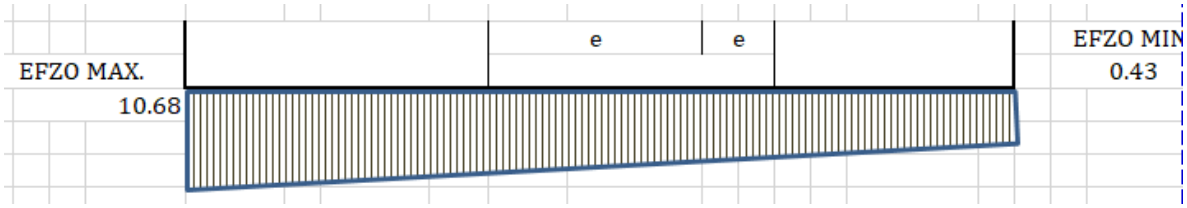
$$\frac{B}{6} = \frac{(2.6)}{2} = \mathbf{0.433m < 0.40}$$ pasa por excentricidad.

Y sustituyendo la fórmula de capacidad de carga:

$$\sigma m = \frac{M}{A}\left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \sigma m = \frac{14.44}{2.6(1)}\left(1 + \frac{6(0.40)}{22.6}\right) = \mathbf{10.68}\ ton/m^2$$

$$\sigma m = \frac{M}{A}\left(1 - \frac{6e}{B}\right) = \sigma m = \frac{14.44}{2.6(1)}\left(1 - \frac{6(0.40)}{2.6}\right) = \mathbf{0.42721}\ ton/m^2$$

$$qadmin = 4.9\ ton/m^2 < 10.68\ ton/m^2$$



Ya que se encontró que el esfuerzo mayor aplicado al suelo gracias a las cargas del muro es mayor que la capacidad de carga admisible del mismo, se tiene como respuesta que el muro de contención no pasa por capacidad de carga o hundimiento. Pero ya que la *qc* es de 14.72 T/m^2 se acepta ya que el esfuerzo mayor que ejerce el muro es menor a *qc* se acepta y pasa por capacidad de carga o hundimiento.

CONCLUSIONES

En esta investigación que se realizó con motivo de la revisión de un muro de contención se abordaron temas como son: tipos de suelos, clasificación de suelos, teorías sobre los empujes de los suelos, muros de contención , tipos de muros de contención , características y recomendaciones que sugieren los autores citados en dicha investigación.

Ya que se llevó a cabo dicha revisión junto con los cálculos correspondientes, dado que el objetivo general de esta investigación es el siguiente:

Revisar si el muro de contención que se encuentra en el “Residencial Campestre” sección 3, en la parte posterior del mismo cuenta con las características apropiadas de acuerdo al tipo de suelo en el que se encuentra y si cumple con las características correctas para que no ocurra una falla en el mismo.

Dicho objetivo se cumple con esta investigación, ya que se revisó que el muro de contención que se encuentra en dicho lugar con una altura de 3.8m y 0.60m de desplante que da un altura total del muro de 4.40m con una base de 1.2m, el cual pasa por el factor de volteo y factor de deslizamiento pero por el factor de capacidad de carga o hundimiento no pasa.

Dado que el muro que se encuentra no pasa por capacidad de carga se realizó una propuesta el cual pasa por el factor de volteo, el factor de deslizamiento y el factor de carga o hundimiento.

Esta investigación también cuenta con objetivos particulares, los cuales también se cumplieron y se mencionan a continuación:

El primer objetivo particular es conocer los tipos de suelo y sus características: este objetivo se cumplió gracias a lo ya mencionado por Eulalio J. y Alfonso R., 2005:151 los tipos de suelo varían por sus propiedades y pueden ser cohesivos, no cohesivos y orgánicos

El segundo objetivo particular es determinar el tipo de suelo en el que se está trabajando el cual se logró cumplir gracias al estudio de mecánica de suelos el cual se encuentra en el subtema 5.4 y dice que el suelo en el cual se está trabajando es MH Limo de alta compresibilidad el cual tiene una capacidad de carga de 14.72 ton/m^2.

El tercer objetivo es conocer la clasificación de los tipos de suelos: este objetivo se cumplió gracias al subtema 1.5 en cual habla de la calificación de los suelos de acuerdo al S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) el cual por medio de mallas y las características físicas del suelo puede clasificarlos en suelos gruesos gravas, suelos arenosos, suelos finos (limo o arcilla) y verificar también si es un suelo orgánico o con presencia de materia orgánica.

El cuarto objetivo es conocer el muro de contención a revisar: este objetivo se cumplió con las diferentes visitas a la obra y a la construcción del mismo en donde se verificaron las medias del muro ya mencionado y los componentes que lo conforman.

El quinto objetivo es conocer el objetivo o el propósito de un muro de contención: este objetivo se cumplió al igual que el anterior, gracias a las visitas que se hicieron en la construcción del mismo y a lo ya mencionado en el subtema

2.1 el cual dice que el objetivo de los muros de contención es detener o reducir el empuje que ejerce el suelo debido a la masa de tierra que contenga, agua y vientos en las vías de comunicación terrestres, fluvial, oleaje, aludes y la erosión en las riberas.

Y el sexto objetivo es comprobar si el muro de contención es el apropiado o no, para el tipo de suelo donde se encuentra: este objetivo se cumplió con los cálculos que se hicieron en el capítulo 5 y se llegó a la conclusión que el muro de contención que se revisó no es el apropiado dado a que su geometría no es la idónea ya que la capacidad de carga del suelo no es la suficiente para el peso del muro.

BIBLIOGRAFÍA

Barros, J (1974)

Muros de contención.

Caec. España.

Braja M. Das. (2001).

Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.

Thomson Learning. Estados Unidos

Comisión Federal de Electricidad (1993).

Manual de Mantenimiento para Sistemas de Conducción de Centrales Hidroeléctricas.

C.F.E. México

Sampieri, R y colaboradores (2014)

Metodología de la investigación

Graw Hill. México

Calavera, J. (1987)

Muros de contención y de sótano.

INTEMAC. España

Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A. (2005).

Mecánica de suelos. Tomo 1.

Limusa. México

Juárez Badillo, E y Rico Rodríguez, A. (1973).

Mecánica de suelos. Tomo 1.

Limusa. México..

Terzagui, K y Peck, R.(1973).

Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica, segunda edición.

El Ateneo. México.

Berry L, P. (1991).

Mecánica de suelos.

Mc Graw Hill. México.

Tamayo y Tamayo, M. (2003).

El proceso de la investigación científica.

Editorial Limusa. México.

SAGARPA. (1981).

Muros de contención

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Montes de Oca, M. (1989)

Topografía

Ediciones Alfaomega

OTRAS FUENTES

Instituto nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018)

https://www.dreamstime.com/stock-photo-crushed-gravel-close-up-as-background-texture-image41197756

http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mich/

https://www.yumpu.com/es/document/read/59448835/11-clasificacion-sucs-lambe

https://www.cuevadelcivil.com/2017/05/exploracion-de-suelo-y-toma-de-muestras.html

https://victoryepes.blogs.upv.es/files/2016/11/Sin-t%C3%ADtulo.jpg

https://www.aguirrebaeza.com/wp-content/uploads/2018/11/vuelco-muro.jpg

https://i0.wp.com/www.ite-arquitectos.com/blog/wp-content/uploads/2017/01/IMGP3351.jpg?w=448&ssl=1

https://i0.wp.com/geotecniafacil.com/wp-content/uploads/2018/06/Empuje-activo.jpg?resize=300%2C125&ssl=1

http://www.scielo.org.co/img/revistas/histo/v7n13/v7n13a06fig1.jpg

https://implanuruapan.gob.mx/wp-content/uploads/2021/03/D3_303.pdf

https://pccadla.com/programas/autocad/

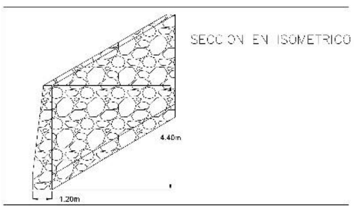
https://softwaredeingenieria.es/civilcad/

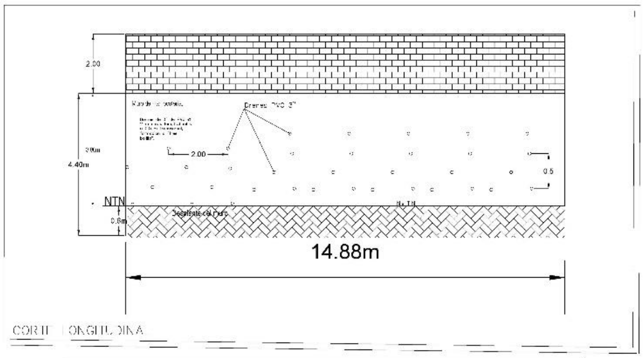
https://apen.es/glosario-de-informatica/microsoft-excel/

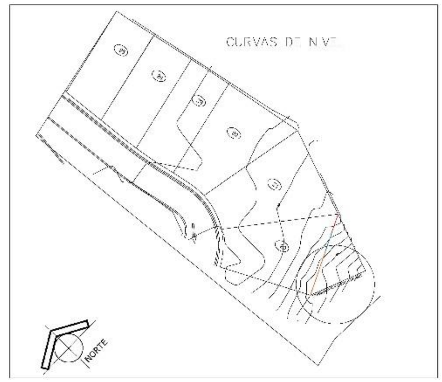
https://www.lavanguardia.com/andro4all/google-maps/google-earth-guia-completa-que-es-como-usarlo-y-4-cosas-geniales-que-puedes-hacer-2021-03-08

https://www.aev.dfie.ipn.mx/Materia_word_y_pp/word/item00/item00.html

ANEXOS







ESPECIFICACIONES GENERALES DE MURO: SOMETIDO A REVISION :

SE REALIZARA UN MURO DE CONTENCION CONSTRUIDO CON MAMAPOSTERIA DE PIEDRA Y MORTERO.

LAS DIMENSIONES ESTAN MARCADAS EN EL PLANO EN EL CUAL SE ESPESIFICA CUIDADOSA MENTE LOS DETALLES DEL MISMO.

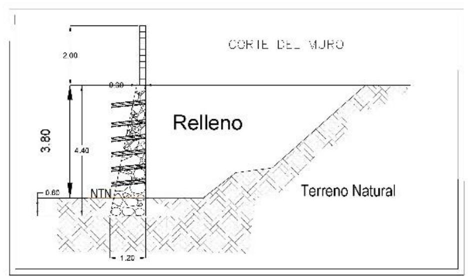
EL MORTERO UTILIZADO PARA JUNTEAR LAS PIEDRAS, SERÁ MORTERO ARENA, EN PROP. 1:4. CON UNA RESISTENCIA OPTIMA DE 60 kg/cm2 LA CUAL ES NECESARIA PARA ESTA CONSTRUCCION.

LA LONGITUD DEL MURO SERA DE 14.88 M. CONSTRUIDO DE MANERA CORRIDA.

EL DESPLANTE DEL MURO SERÁ 60 CM POR ABAJO DEL NIVEL DE TERRENO NATURAL. Y LA ZANJA DESTINADA AL DESPLANTE SE DEBERÁ DE COMPACTAR AL 95% ANTES DE COLOCAR EL DESPLANTE DEL MURO.

LA PARED MURO SERA VERTICAL YAPAREMTE EN LA CUAL SE ACOMODARÁN 30 CM DE MATERIAL GRANULADO QUE FUNCIONARÁ DE FILTRO EN LOS DRENES PARA QUE DESALOJE EL EXCESO DE AGUA EN EL INTERIOR DEL MURO, DICHO FILTRO SERÁ DE MATERIAL GRANULAR ENTRE 2 Y 4" DE DIÁMETRO PROMEDIO.

EL RELLENO DEL MURO SE DEBERÁ REALIZAR EN CAPAS NO MAYORES DE 30 CM. Y COMPACTARLAS CON UN EQUIPO ADECUADADO Y ACORDE AL TIPO DE SUELO QUE SE HAYA EXCAVADO.



VOLÚMENES DE OBRA

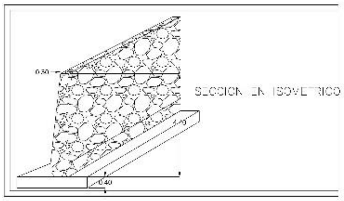
Volumenes de obra por 14.88 ml de muro de contención		
	(Por mL)	Por 14.88 mL
Muro (Piedra)	4.95 m3	73.65 m3
Relleno	17.71 m3	263.52 m3
Desplante(corte)	.72 m3	8m3
Mortero	0.2739 Ton	4 Ton

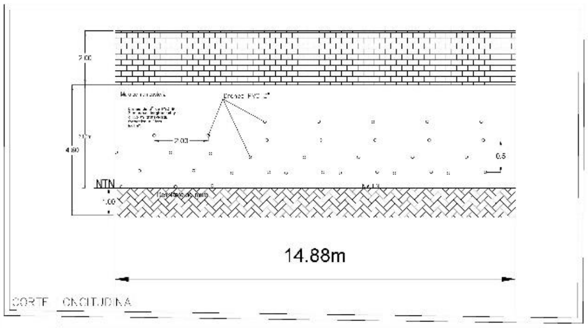
UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

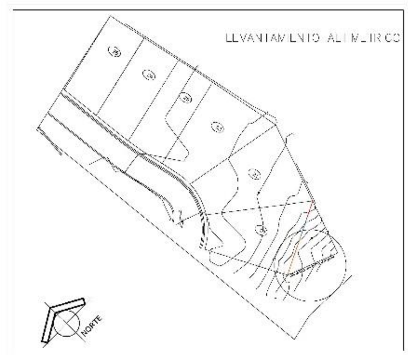
PROYECTO:

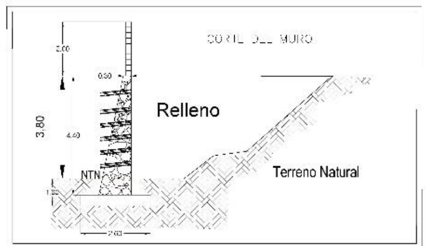
MURO DE CONTENCÓN A BASE DE MAMPOSTERÍA

UBICACIÓN: TERCERA SECCION RESIDENCIAL CAMPESTRE









VOLÚMENES DE OBRA

	Volumenes de obra por 14.88 ml de muro de contención (Por mL)	Por 14.88 mL
Muro (Piedra)	4.95 m3	73.65 m3
Relleno	17.71 m3	263.52 m3
Desplante(corte)	2.6 m3	36.688m3
Mortero	0.2739 Ton	4 Ton
Cemento	1.04 Ton	15.47 Ton

ESPECIFICACIONES GENERALES DE MURO PROPUESTO

SE REALIZARA UN MURO DE CONTENCION CONSTRUIDO CON MAMPOSTERIA DE PIEDRA Y MORTERO.

LAS DIMENSIONES ESTAN MARCADAS EN EL PLANO EN EL CUAL SE ESPECIFICA CUIDADOSAMENTE LOS DETALLES DEL MISMO.

EL MORTERO UTILIZADO PARA JUNTEAR LAS PIEDRAS, SERA MORTERO-ARENA, EN PROP. 1:4, CON UNA RESISTENCIA OPTIMA DE 63 kg/cm2 LA CUAL ES NECESARIA PARA ESTA CONSTRUCCION.

LA LONGITUD DEL MURO SERA DE 14.88 M CONSTRUIDO DE MANERA CORRIDA.

EL DESPLANTE DEL MURO SERÁ 60 CM POR ABAJO DEL NIVEL DE TERRENO NATURAL, Y LA ZANJA DESTINADA AL DESPLANTE SE DEBERÁ DE COMPACTAR AL 95% ANTES DE COLOCAR EL DESPLANTE DEL MURO.

LA PARED MURO SERÁ VERTICAL YAPAREMTE EN LA CUAL SE ACOMODARÁN 30 CM DE MATERIAL GRANULADO QUE FUNCIONARÁ DE FILTRO EN LOS DRENES PARA QUE DESALOJE EL EXCESO DE AGUA EN EL INTERIOR DEL MURO, DICHO FILTRO SERA DE MATERIAL GRANULAR ENTRE 2 Y 4" DE DIAMETRO PROMEDIO.

EL RELLENO DEL MURO SE DEBERÁ REALIZAR EN CAPAS NO MAYORES DE 30 CM, Y COMPACTARLAS CON UN EQUIPO ADECUADADO Y ACORDE AL TIPO DE SUELO QUE SE HAYA EXCAVADO.

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

MURO DE CONTENCION A BASE DE MAMPOSTERIA