



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ESTADO DEL ARTE DE LA INGENIERÍA
GEOTÉCNICA EN ESTABILIDAD DE TALUDES”**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:
YANDRI GUILLERMO RIVERA SISNEROS**

**DIRECTOR:
ING. ÁNGEL G. TAPIA CHÁVEZ**

**LOJA- ECUADOR
2009**

CERTIFICACIÓN

Ing. Ángel Tapia Chávez

DOCENTE INVESTIGADOR, UNIDAD CIVIL GEOLOGÍA Y MINAS, UTPL

CERTIFICO:

Que he dirigido la presente tesis desde su inicio hasta su culminación, la misma que se encuentra científica y reglamentariamente en condiciones de presentarse para la graduación del postulante.

Por lo expuesto, autorizo su presentación, disertación y defensa.

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Yandri Guillermo Rivera Sisneros, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la universidad”.

Yandri Guillermo Rivera S.
EL AUTOR

AUTORÍA

El proceso de investigación que se ha realizado en esta tesis como: análisis, diseño, verificaciones, comprobaciones, conclusiones y recomendaciones, así también como observaciones son de absoluta responsabilidad del autor.

Además, cabe indicar que la información recopilada para el presente trabajo, se encuentra debidamente especificada en el apartado de las referencias.

Yandri Guillermo Rivera S.

AGRADECIMIENTOS

Al término de mi investigación, quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Ángel Tapia Ch. por la ayuda brindada en la dirección de mi tesis; la cual no hubiese podido culminar con éxito sin su inmensa ayuda y la incondicional entrega de sus conocimientos hacia mí.

Además mis más gratos agradecimientos a todo el personal de Laboratorio de Mecánica de Suelos en especial a la Ing. Carmen Esparza, docente investigador que a lo largo de mi formación me ha sabido inculcar todos sus conocimientos.

El Autor

DEDICATORIA

Por el inmenso apoyo que he recibido desde tan pequeño, a las personas que formaron en mi una persona de bien, y poder llegar a obtener mi título profesional: Alejandro Rivera mi padre, Rosa Sisneros mi madre, Karina y Anahí mis hermanas.

Pero este trabajo en especial lo dedico a las mujeres por las cuales sigo adelante, y que día a día me apoyan en todas las decisiones que tome Lady mi esposa y Arantza mi hija, para ustedes con cariño.

El Autor

CAPÍTULO I

***DESCRIPCIÓN GENERAL DEL
PROYECTO***

CAPÍTULO I

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto de Tesis consiste en una recopilación teórica de los fundamentos geotécnicos y consideraciones constructivas que determinan la aplicabilidad de diferentes alternativas de solución para la estabilización de taludes. Con la investigación del Estado del Arte de la Ingeniería Geotécnica en Estabilidad de Taludes, se podrá detectar y prevenir los posibles problemas en áreas propensas a deslizamientos. Los deslizamientos en taludes ocurre de muchas maneras y existe cierto grado de incertidumbre en su predicción. Sin embargo, conocer los deslizamientos que han ocurrido en la ciudad de Cariamanga constituye un buen punto de partida para la detección y evaluación de potenciales deslizamientos en el futuro.

Con la presente investigación se tiene un criterio de la mayoría de los deslizamientos que son producidos: A los parámetros de corte del suelo, las fuertes pendientes, por cortes del talud, presencia de nivel freático, deforestación, erosión por escorrentía de agua, los tipos de materiales que afloran en el sitio de deslizamientos y la falta de obras de estabilización. El objetivo principal es conocer y analizar la situación que se encuentra el talud con el fin de poder determinar soluciones para su estabilización, así mismo durante la ejecución de mi tesis tomaré en cuenta la monitorización de un talud el cual se encuentra ubicado en la ciudad de Cariamanga, para su respectivo análisis y diseño de una estructura de contención y la estabilización del mismo.

1.2. Problemática

Los deslizamientos son uno de los procesos que ocasionan destrucciones ya que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en estructuras por cuantiosas cantidades de dólares cada año; sin embargo, los consideramos nulos

y no somos conscientes de su importancia. En su gran mayoría las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con tiempo y se toman medidas de prevención o control.

Las zonas ubicadas en terrenos irregulares en su topografía son mas susceptibles a sufrir problemas de deslizamientos de tierra debido a que generalmente, se reúnen varios de los elementos para su ocurrencia tales como son la topografía, sismicidad, meteorización y precipitaciones.

1.3. Justificación del proyecto

El estudio del tipo de suelos que se encuentren en la zona donde se quiere estabilizar el talud, nos permitirán determinar los parámetros necesarios para verificar la estabilidad, con el fin de establecer medidas de control que garanticen el óptimo funcionamiento de las diferentes obras que se realicen durante su período de vida útil.

Debido a la cantidad y variedad de deslizamientos existentes en las diferentes zonas alrededor del talud a estabilizar en la ciudad de Cariamanga y de las pérdidas económicas que provoca un colapso total o parcial de una obra, es necesario realizar una exhaustiva evaluación de los deslizamientos producidos en la zona con el fin de emprender una serie de análisis que nos permita determinar soluciones viables e inmediatas que garanticen la estabilidad de las estructuras existentes.

Finalmente se debe indicar que el tema en mención, se incluye dentro de la línea de investigación dirigida por el Ing. Ángel Tapia Ch.¹.

¹ Docente Investigador, Unidad Civil Geología y minas, UTPL.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Demostrar cuál es el estado del Arte de la Ingeniería Geotécnica ante un problema relacionado con esta rama, como lo es el deslizamiento de taludes y la estabilización de los mismos.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y clasificar la información existente en nuestro medio, para detectar la problemática actual y como se está tratando los deslizamientos.
- Realizar los ensayos que sean necesarios con los cuales se busca identificar el tipo de material con el que se está tratando y establecer los parámetros del suelo (resistencia) requeridos para los análisis posteriores, para los cuales se tendrá el apoyo de laboratorio de Mecánica de Suelos de la UCG (Unidad Civil Geología y Minas) de la UTPL.
- Monitoreo de un talud para realizar los respectivos ensayos tanto en campo como en laboratorio y así buscar en lo posible el método adecuado para la estabilización el cual sea factible y económico.
- Dar diferentes soluciones factibles y económicas para poder controlar los deslizamientos en los diferentes tipos de taludes y suelos que se presenten.

1.5. ALCANCE

En la presente investigación se realizarán estudios para conocer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que afloran en la zona de estudio, mediante estos datos poder analizar y diseñar, la estructura de contención y la estabilización del talud.

Para realizar dicho estudio, en la siguiente investigación se han desarrollado cinco capítulos, los cuales se describen a continuación:

- Capítulo 1.- Se detalla la descripción general del proyecto, de igual manera se establecen los objetivos de la investigación.
- Capítulo 2.- Se da a conocer conceptos generales referentes a la investigación, desarrollo del marco teórico. Además se analizará las diferentes causas que pueden activar deslizamientos de tierra y los factores que deben de tenerse en cuenta para el análisis de taludes y estabilización de los mismos.
- Capítulo 3.- Se realizará un informe técnico en el cual se dará a conocer el talud a monitorear, los ensayos tanto en campo como en laboratorio del mismo.
- Capítulo 4.- Se realizará un análisis comparativo de tres métodos de estabilización con sus ventajas tanto en lo práctico, técnico y económico, además se realizará un análisis de estabilización del talud y deslizamiento modelo con el uso del software GEO5, el que permitirá el diseño y el cálculo del mismo.
- Capítulo 5.- Se manifiesta las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido al desarrollar esta investigación.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

2.1. Descripción General

En su mayoría los deslizamientos son el producto de las condiciones geológicas, hidrológicas, geomorfológicas y la modificación de estas por procesos geodinámicos, vegetación, uso de la tierra, actividades humanas, y la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y en pocas veces relacionados con la sismicidad.

La ocurrencia de este fenómeno está sujeta a muchos grados de incertidumbre debido a que los

***DESARROLLO DEL MARCO
TEÓRICO***

deslizamientos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, tipo de material del suelo, restricciones geológicas, etc. Cuando existe incertidumbre de la posibilidad o no de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente, se toman decisiones equivocadas de diseño.

Una zonificación de amenazas y riesgos nos permite evaluar parcialmente un posible problema y es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente en las primeras etapas de planeación de un proyecto. La zonificación consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas áreas, de acuerdo al grado real o potencial de amenaza o de riesgo. El mapeo puede realizarse sobre un área donde se tiene información de la ocurrencia de deslizamientos o se tiene un inventario de estos eventos, o sobre áreas en las cuales no se tiene conocimiento de deslizamientos en el pasado, pero en nuestro caso se cuenta con una pobre información sobre deslizamientos pero se cuenta con una considerable información sobre el tipo de suelos que se tienen en algunos sectores de nuestra ciudad para lo cual se requiere predecir la posibilidad de amenazas hacia el futuro.

Se debe diferenciar entre técnicas de análisis relativo y técnicas de análisis absoluto. El análisis relativo presenta la posibilidad diferencial de ocurrencia de deslizamientos sin dar valores exactos y en el análisis absoluto se presentan factores de seguridad o probabilidad real de ocurrencia de movimientos. En este caso la zonificación es generalmente imprecisa debido a que la inestabilidad de taludes y laderas es un problema de alta complejidad y todavía muy poco entendido.

En cada país o región se utilizan términos diferentes y es importante que nos pongamos de acuerdo en algunos términos básicos. El término más aceptado universalmente y el cual sirve de base para nuestro análisis es el de talud.

Talud.- “es una composición o masa de tierra que no es uniformemente plana sino que tiene pendiente o ciertos cambios de altura significativos. En la literatura

técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando es conformada artificialmente o sea por acción del hombre”. (Suárez, 1998)

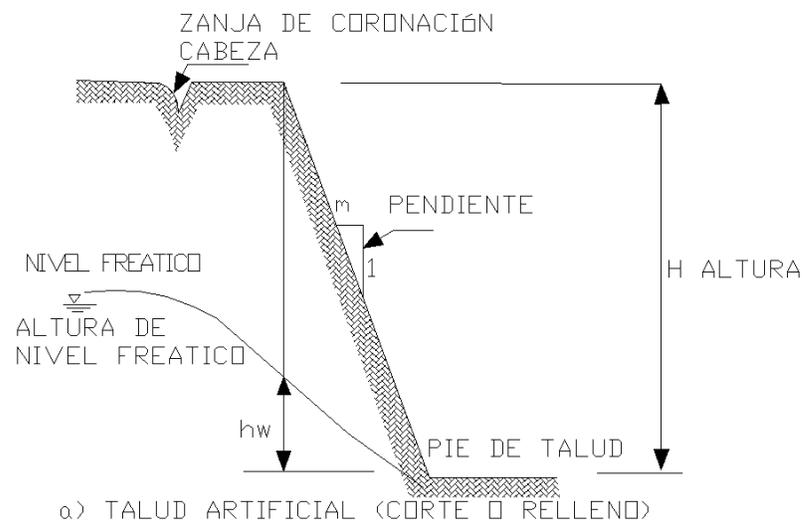
Los taludes se pueden agrupar en cuatro categorías generales:

- Los terraplenes
- Los cortes de laderas naturales
- Los muros de contención
- Cortes en vías.

Los taludes que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en cualquier momento debido a:

- Cambios topográficos
- Sismicidad
- Flujos de agua subterránea
- Cambios en la resistencia del suelo
- Meteorización

Un talud estable que no se lo trate o se lo monitoree puede convertirse en un “deslizamiento”.



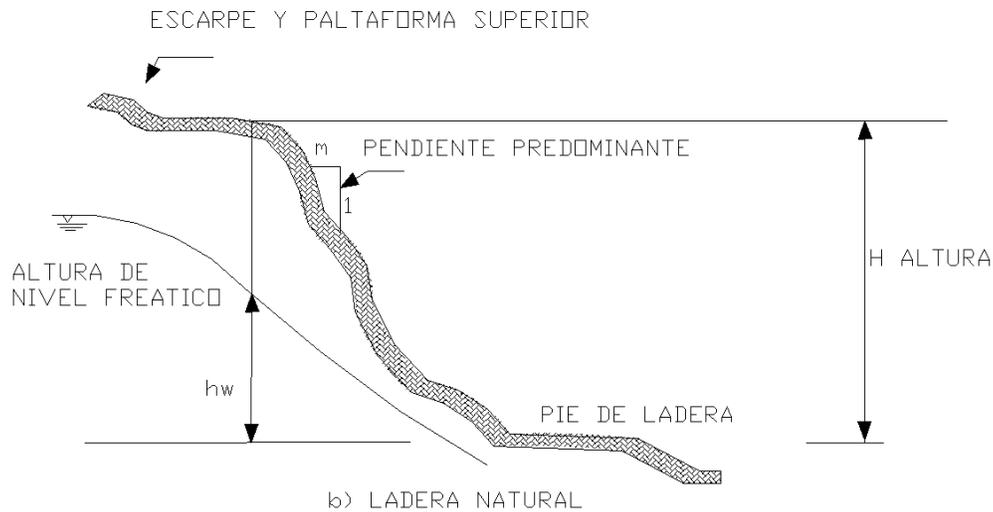


FIG. 1.- PARTES DE UN TALUD

2.2. PARTES GENERALES DE UN TALUD

Cuando se trata de taludes o laderas existen varios términos o palabras para definir las partes de un talud.

En el talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

2.2.1. Altura.- Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza del talud, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

2.2.2. Pie, pata o base.- Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior. La forma del pié de una ladera es generalmente cóncava.

2.2.3. Cabeza cresta cima o escarpe.- Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior del talud o ladera.

2.2.4. Altura de nivel freático.- Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

2.2.5. Pendiente.- Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación $m/1$, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. (Suárez Días Jaime, 1998)

Ejemplo: Pendiente: 45° , 100%, o 1H:1V.

Los suelos más resistentes y duros generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos tienden a formar laderas de baja pendiente.

Existen, además, otros factores topográficos que se requiere definir como son longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud.

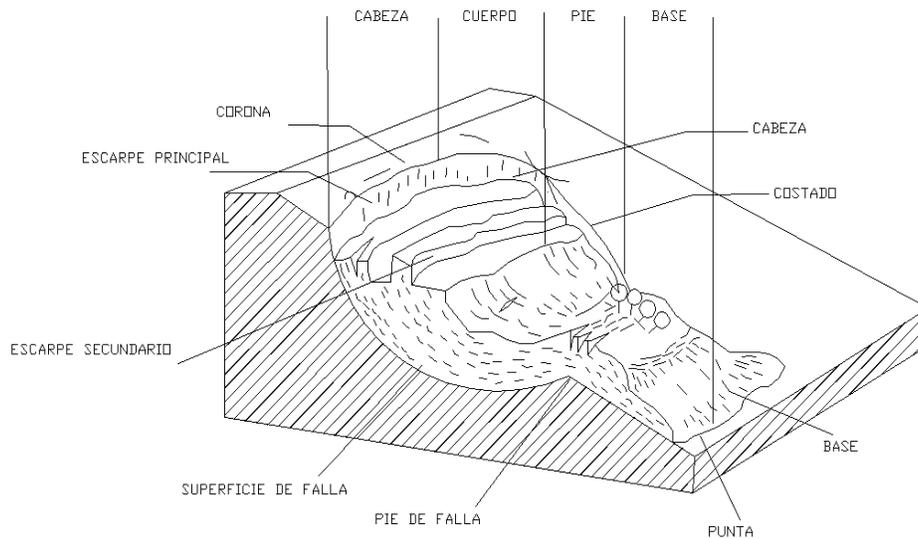


FIG. 2.- NOMENCLATURA DE UN DESLIZAMIENTO

2.3. NOMENCLATURA DE UN DESLIZAMIENTO

2.3.1. Escarpe principal.- Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.

2.3.2. Escarpe secundario.- Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.

2.3.3. Cabeza.- Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

2.3.4. Cima.- El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

2.3.5. Corona.- El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.

2.3.6. Superficie de falla.- Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.

2.3.7. Pie de la superficie de falla.- La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

2.3.8. Base.- El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

2.3.9. Punta o uña.- El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

2.3.10. Costado o flanco.- Un lado (perfil lateral) del movimiento.

2.3.11. Cuerpo principal del deslizamiento.- El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla.

2.3.12. Superficie original del terreno.- La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

2.3.13. Derecha e izquierda.- Para describir un deslizamiento se prefiere usar la orientación geográfica, pero si se emplean las palabras derecha e izquierda debe referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie. (*Asociación de ingenieros de minas del Ecuador AIME*), (*Suárez Días Jaime, 1998*)

2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS

Los fenómenos de inestabilidad incluyen generalmente una combinación de procesos erosionales inter-relacionados entre sí y a menudo mezclados. Por ejemplo la erosión en ríos es un fenómeno activador de movimientos en masa y los dos fenómenos actúan conjuntamente en el proceso de inestabilidad. Los procesos denudacionales pueden activar procesos erosionales y viceversa. Los procesos de erosión actúan generalmente sobre las capas más sub-superficiales del perfil y los de “remoción en masa” afectan comúnmente el perfil a una profundidad considerable.

2.4.1. Caído

Consiste en el desprendimiento así como de la caída de materiales del talud. En los caídos una masa sea cual fuese el tamaño se desprende de un talud de pendiente considerable, a lo largo de la superficie del mismo, en el que ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, puede ser a saltos o rodando. Los bloques desprendidos pueden ser desde partículas relativamente pequeños hasta masa de varios metros cúbicos. (Suárez Días Jaime, 1998)

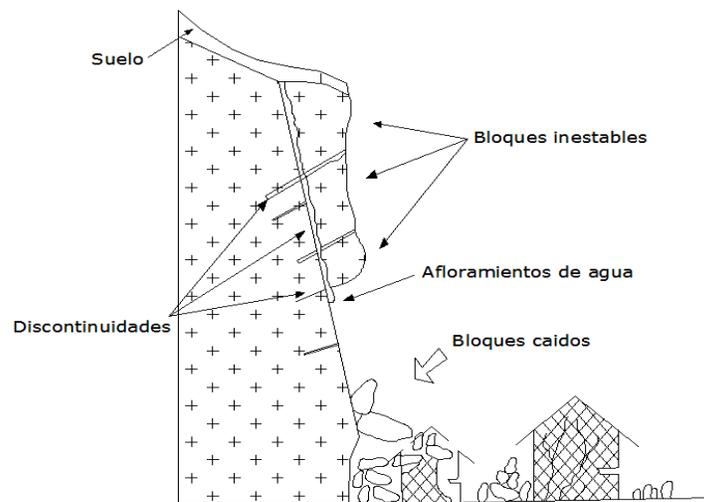


FIG. 3.- DESLIZAMIENTO POR CAÍDO

Los factores que indican el tipo preciso de movimiento son la pendiente del talud, la morfología así como la rugosidad de la superficie (incluyendo la capa vegetal). La observación muestra que los movimientos tienden a comportarse de la siguiente manera:

- Como caídos de caída libre cuando la pendiente superficial es de más de 75 grados.
- En taludes de ángulo menor generalmente, los materiales rebotan
- En los taludes de menos de 45 grados los materiales tienden a rodar.

La velocidad de los materiales (Ec. 1) siempre va a depender de la altura de caída:

$$V = 2 gh \quad \text{EC. 1}$$

Donde:

- **g** = aceleración debida a la gravedad
- **h** = altura de caída.
- **v** = velocidad

Las partículas desprendidas siempre serán de diferentes tamaños los cuales se romperán en el proceso de caída. Los caídos de tierra corresponden a materiales compuestos de partículas pequeñas de suelo o masas blandas.

La acumulación del material caído sobre el pie del talud se le denomina “escombros”. Es común observar la clasificación de los materiales con los bloques de mayor tamaño hacia la parte inferior del depósito.

Se indican como causas de los caídos de suelos la lluvia, el suelo fracturado, el viento, la esorrentía, el movimiento de los animales, la erosión diferencial, las raíces de los árboles, los nacimientos de agua, las vibraciones de maquinaria y vehículos y la descomposición del suelo. Deben incluirse adicionalmente, los sismos, los cortes de las vías, explotación de materiales, siembras.

2.4.2. Inclinación o volteo

Este es un movimiento que consiste en una rotación hacia delante de suelo con centro de giro por debajo del centro de gravedad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas.

Las fuerzas que lo producen son generadas por las unidades adyacentes, el agua en las grietas o juntas, expansiones y los movimientos sísmicos. (Suárez Días Jaime, 1998)

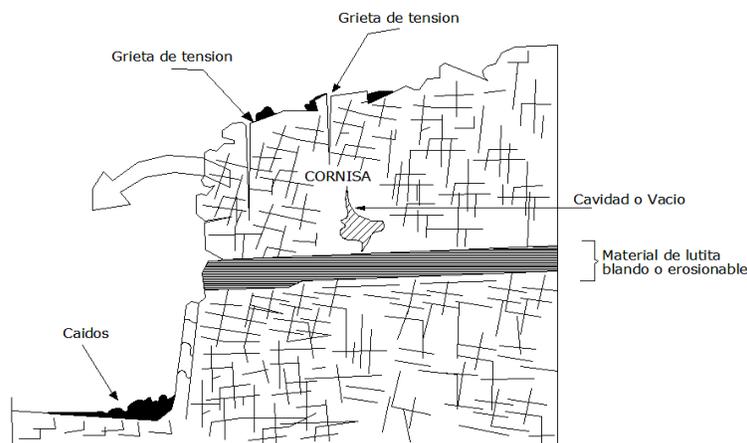


FIG. 4.- VOLTEO O INCLINACIÓN EN MATERIALES RESIDUALES

Las características de la estructura de la formación geológica determinan la forma de ocurrencia de la inclinación. Las características de buzamiento y estratificación de los grupos de discontinuidades definen el proceso.

Los diferentes tipos de inclinaciones pueden variar de extremadamente lentas a extremadamente rápidas generalmente son lentas al inicio y aumentan de velocidad con el tiempo. Dependiendo de las características geométricas del terreno y de estructura geológica, la inclinación puede o no terminar en caídos o en derrumbes.

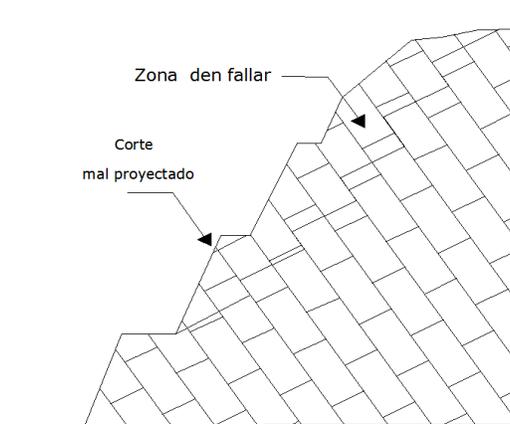


FIG. 5.- PROCESO DE FALLA AL VOLTEO

2.4.3. Reptación

Este tipo de movimiento consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo sub-superficial sin una superficie de falla definida. Por lo general la profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros a varios metros. Generalmente, el desplazamiento horizontal es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno. Generalmente ocurre en laderas donde la pendiente tiende de baja a media.

A este proceso se la atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en suelos, usualmente, muy blandos o alterados.

La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos.

2.4.4. Deslizamiento

Los deslizamientos consisten en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda, la que sería, la superficie de falla.

Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de actividades ocasionadas por el hombre como lo son cortes, rellenos, deforestación, etc.

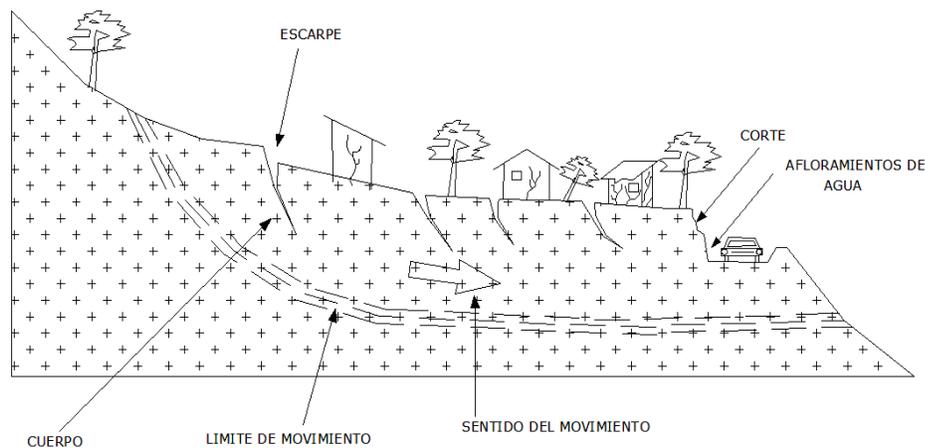


FIG. 6.- DESLIZAMIENTOS EN SUELOS BLANDOS

Los deslizamientos se pueden clasificar en dos subtipos denominados:

- Deslizamientos de rotación
- Deslizamientos de traslación

Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y estabilización a emplearse.

2.4.5. Deslizamiento Rotacional

Se denomina deslizamiento rotacional cuando la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto a un eje paralelo a la superficie del terreno y transversal al deslizamiento.

Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento.

Los deslizamientos estrictamente rotacionales ocurren usualmente, en suelos homogéneos, sean naturales o artificiales y por su facilidad de análisis son el tipo de deslizamiento más estudiado en la literatura.

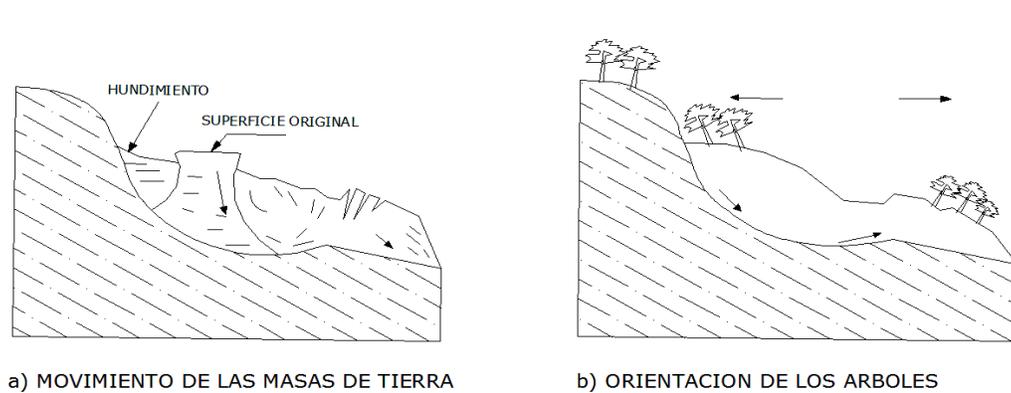


FIG. 7.- DESLIZAMIENTO ROTACIONAL TÍPICO

En la cabeza del movimiento, el desplazamiento es aparentemente semivertical y tiene muy poca rotación, sin embargo se puede observar que generalmente, la superficie original del terreno gira en dirección de la corona del talud, aunque otros bloques giren en la dirección opuesta.

Frecuentemente la forma y localización de la superficie de falla está influenciada por las discontinuidades, juntas y planos de estratificación. El efecto de estas discontinuidades debe tenerse muy en cuenta en el momento que se haga el análisis de estabilidad.

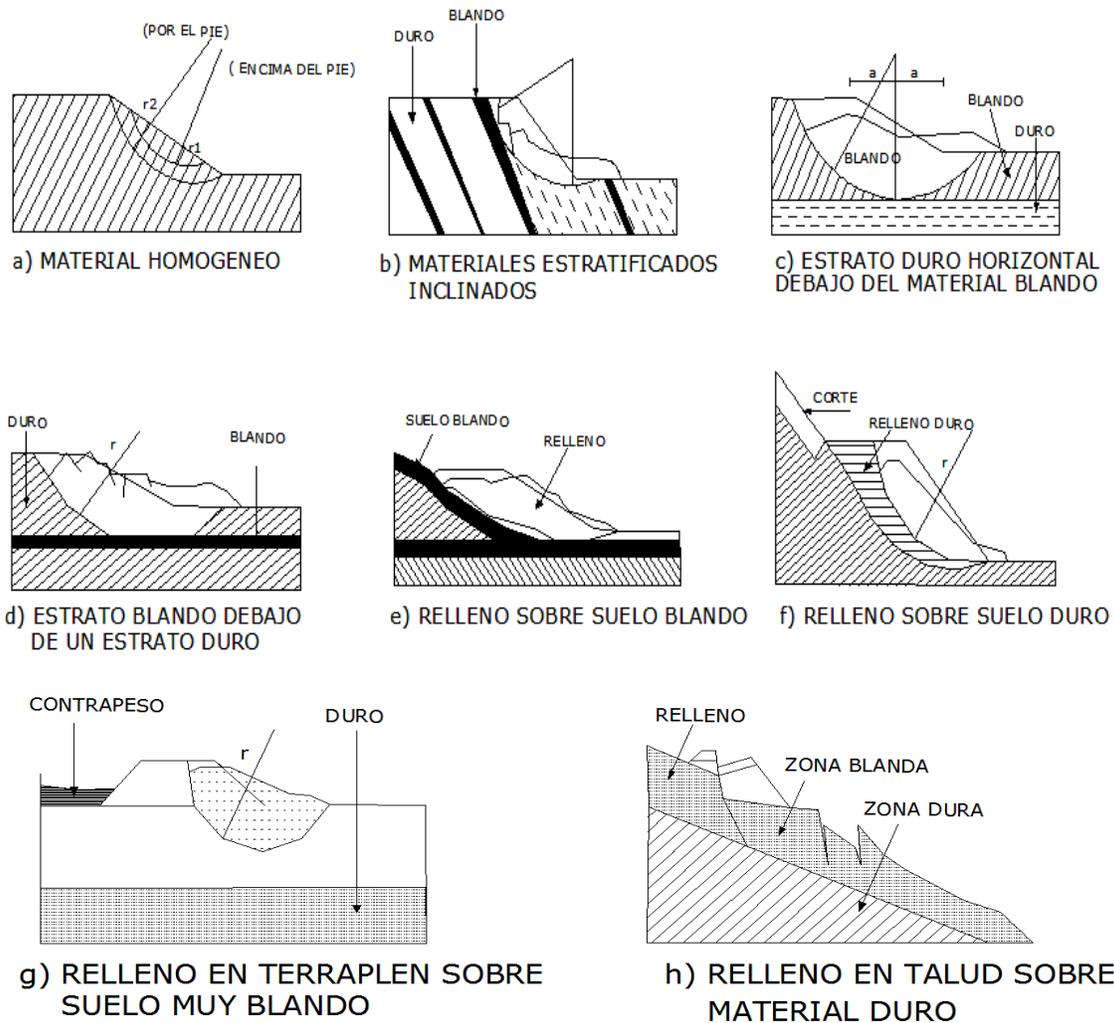


FIG. 8.- EFECTOS DE LA ESTRUCTURA EN LA FORMACIÓN DE DESLIZAMIENTOS A ROTACIÓN

2.4.6. Deslizamiento de traslación

En este tipo de deslizamiento el movimiento de la masa tiene un desplazamiento hacia fuera o hacia abajo. Por lo general el tipo de movimiento de rotación trata de auto estabilizarse, mientras uno de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo. En muchos deslizamientos de traslación la masa se deforma y puede convertirse en flujo.

En suelos residuales de rocas ígneas y metamórficas ácidas con perfiles de meteorización profundos son comunes los deslizamientos profundos a lo largo de superficies de falla planas. Estos deslizamientos son generalmente rápidos.

2.4.7. Esparcimiento lateral

En este tipo de deslizamiento el modo de movimiento dominante es la extensión lateral dividida por fracturas de corte del suelo y tensión del mismo, sobre suelos plásticos. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y translación sino también de flujo.

La falla es generalmente progresiva, o sea, que se inicia en un área local y se extiende. Los esparcimientos laterales son muy comunes en sedimentos glaciales y marinos.

2.4.8. Flujo

En un flujo existen movimientos relativos de las partículas de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie. Las deformaciones relativas internas son muy grandes y fluye en forma similar a un fluido viscoso. El flujo puede ser laminar a turbulento. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra.

Los flujos muy lentos o extremadamente lentos pueden asimilarse en ocasiones, a los fenómenos de reptación en el que la velocidad del movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura.

La ocurrencia de flujos está generalmente, relacionada con la saturación de los materiales sub-superficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación conduce a la formación de un flujo.

2.4.9. Flujo de residuos

Generalmente, el flujo de residuos es la transformación del flujo de rocas en donde los materiales se van triturando por el mismo proceso de flujo y se puede observar una diferencia importante de tamaño de las partículas entre la cabeza y el pie del movimiento.

El movimiento de los flujos de residuos puede ser activado por las lluvias, debido a la pérdida de resistencia por la disminución de la succión al saturarse el material o

por el desarrollo de fuerzas debidas al movimiento producido por la presencia del agua subterránea.

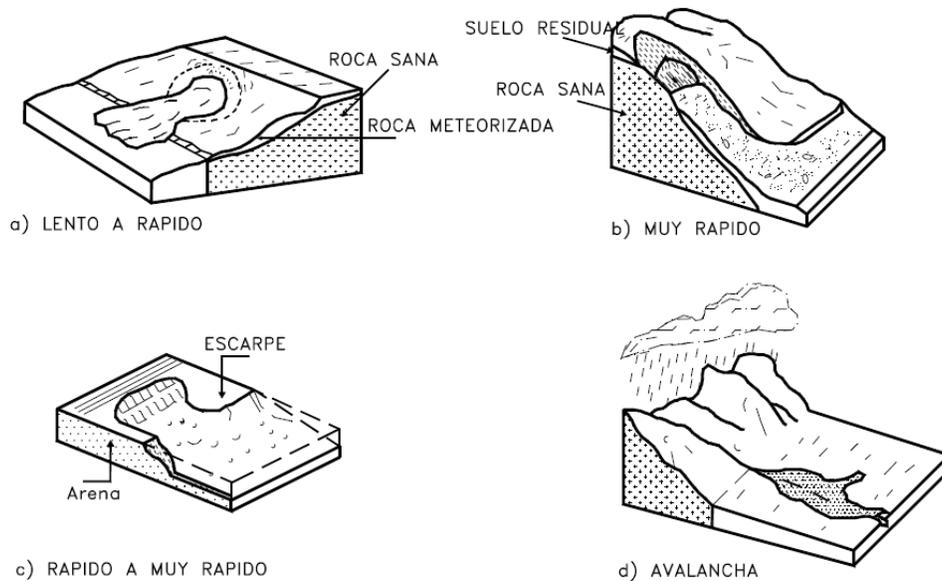


FIG. 9.- FLUJOS DE DIFERENTES VELOCIDADES

Estos movimientos se inician a velocidades moderadas y va aumentando a medida que progresa hacia abajo de la ladera o cauce. Al aumentar la velocidad va arrastrando materiales y objetos de diferentes tamaños.

2.4.10. Flujo de suelo o tierra

Los flujos de tierra ocurren generalmente en suelos que se encuentran saturados, pero también pueden ocurrir movimientos de suelo en materiales secos. Se inician comúnmente como deslizamientos de rotación o traslación y al acumularse los suelos sueltos abajo del pié del deslizamiento, estos se desplazan sobre la ladera. Pueden ser rápidos o lentos de acuerdo al contenido de humedad y la pendiente del talud o ladera de ocurrencia.

2.4.11. Flujos de lodo

Los flujos de lodo consisten en que los materiales de suelo tienen gran presencia de finos y sus contenidos de humedad son demasiado altos llegando al punto de suelos suspendidos en agua. En los flujos de lodo las velocidades son muy

altas y poseen fuerzas destructoras grandes. Un flujo de lodo posee tres unidades morfológicas:

- Un origen que generalmente es un deslizamiento,
- Un camino o canal de flujo
- Una zona de acumulación.

2.4.12. Avalanchas

En las avalanchas el flujo desciende formando una especie de “ríos de material suelto, y diferentes residuos”. Estos flujos se relacionan con lluvias ocasionales de índices pluviométricos muy altos, deshielo de nevados o movimientos sísmicos en zonas altas en donde la cubierta vegetal es poca, aunque es un factor influyente, no es un prerequisite para que ocurran.

2.5. MOVIMIENTOS Y ESTADO DE MASA

El movimiento de masa tiene varios factores de ocurrencia debido a las características que posee en cuanto a secuencia, estado de actividad, estilo, velocidad, humedad, y material.

2.5.1. Tipo de material

Los siguientes términos han sido adoptados como descripción de los materiales que componen el movimiento de un talud.

2.5.1.1. Roca

La denominamos así al material con dureza considerable y firme la cual se encontraba intacta en su lugar antes de que un movimiento comience.

2.5.1.2. Residuos

Llamamos residuos al suelo que contiene una proporción significativa de material grueso. Se considera que cuando existe más del 20% del material en peso es mayor de 2 milímetros de diámetro equivalente, debe llamarse como Residuos.

Generalmente, deben existir partículas muchos mayores de 2 milímetros para que pueda considerarse de este modo.

2.5.1.3. Tierra

Se denomina tierra, al clasificar el material de un deslizamiento contiene más del 80% del tamaño de sus partículas las cuales son menores de 2 milímetros. Se consideran los materiales desde arenas a arcillas muy plásticas.

2.5.2. Humedad

Se proponen cuatro términos para definir las condiciones de humedad así:

2.5.2.1. Seco: Es aquel suelo que carece de humedad es decir que no se lo ve superficialmente.

2.5.2.2. Húmedo: Es aquel suelo que contiene algo de agua pero no posee agua libre es decir son las partículas las que se saturan o la absorben y puede comportarse como un sólido plástico pero no como un líquido.

2.5.2.3. Mojado: Es aquel suelo que contiene suficiente agua para comportarse en parte como un líquido y es visible la cantidad de agua que pueden salir del material.

2.5.2.4. Muy mojado: Contiene agua suficiente para fluir como líquido, aún en pendientes bajas estos son los casos cuando se producen flujos de lodo.

2.5.3. Velocidad del movimiento

Siempre vamos a tener ocurrencias de velocidades diferentes siendo estas de diferentes modos para lo cual se requiere definir cada uno de ellos.

El poder destructivo que puede ocasionar un deslizamiento siempre va a la par con la velocidad del tipo de movimiento que se produzca. Cuando tenemos deslizamientos extremadamente rápidos son los que ocasionan catástrofes de

gran consideración, ocasionalmente con daños cuantiosos y hasta con víctimas mortales los cuales tienen poca opción de escapar.

Por lo general cuando la velocidad de movimiento es inicialmente extremadamente lenta puede instantáneamente aumentar de velocidad. Por ejemplo un movimiento de volteo es extremadamente lento en su inicio por un largo período de tiempo e instantáneamente puede convertirse en un caído extremadamente rápido.

Un aspecto importante a tomar en cuenta de la velocidad es que permite monitorear el desarrollo del proceso con el tiempo. El monitoreo es muy importante especialmente en áreas urbanas o cuando está amenazada una obra importante de infraestructura así como de vidas humanas.

TABLA 1.- VELOCIDAD DE LOS MOVIMIENTOS

VELOCIDAD DE LOS MOVIMIENTOS				
CLASE	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD (mm/s.f.)	DESPLAZAMIENTO	PODER DESTRUCTOR
7	Extremadamente rápido			Catástrofe de violencia mayor; edificios destruidos por el impacto o el material desplazado, muchas muertes; escape improbable.
		5×10^3	5 m/seg.	
6	Muy rápida			Alguna pérdida de vidas; velocidad demasiado alta para permitir a todas las personas escapar.
		5×10^1	3 m/min.	
5	Rápida			Escape posible; estructuras, propiedades y equipos destruidos.
		5×10^{-1}	1.8 m/hora	
4	Moderada			Algunas estructuras temporales y poco sensitivas pueden mantenerse temporalmente.
		5×10^{-3}	13 m/mes	
3	Lenta			Construcciones remediales pueden llevarse a cabo durante el movimiento. Algunas estructuras insensitivas pueden mantenerse con mantenimiento frecuente.
		5×10^{-5}	1.6 m/año	
2	Muy lenta			Algunas estructuras permanentes no son dañadas por el movimiento.
		5×10^{-7}	16 mm/año	
1	Extremadamente lenta			Imperceptibles sin instrumentos constructivos posibles pero deben tenerse precauciones.

FUENTE: Suárez Díaz Jaime, "Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales",

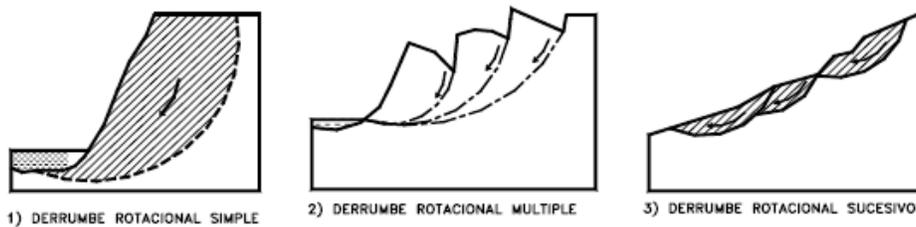
2.5.4. Estilo

2.5.4.1. Complejo: podemos considerar como un deslizamiento complejo a aquel que tiene al menos dos tipos de movimiento, por ejemplo, inclinación y deslizamiento.

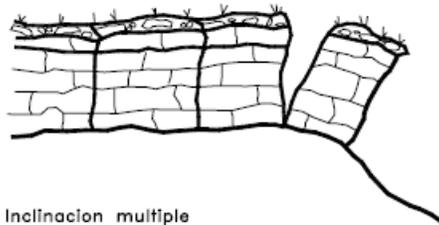
2.5.4.2. Compuesto: Tenemos un estilo compuesto cuando corresponde al caso en el cual ocurren simultáneamente varios tipos de movimiento en diferentes áreas de la masa de suelo desplazada.

2.5.4.3. Múltiple: Se considera un estilo como múltiple a un deslizamiento que muestra movimientos repetidos del mismo tipo generalmente, ampliando la superficie de falla. Un movimiento sucesivo corresponde a movimientos repetidos pero que no comparten la misma superficie de falla.

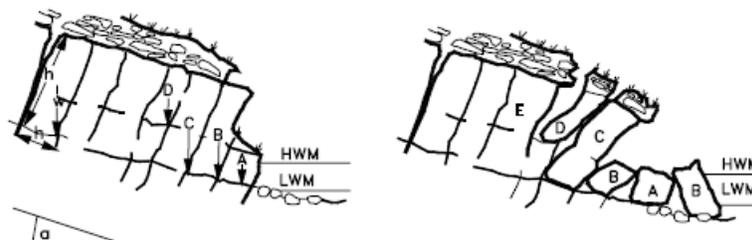
2.5.4.4. Sencillo: es aquel estilo en que el movimiento ocurre un solo tipo de movimiento.



a) Inclinación sencilla



b) Inclinación múltiple



2.5.5. Estado de actividad

2.5.5.1. Activo: Aquel deslizamiento que se encuentra moviendo constantemente se podría tomar como un ejemplo las fallas geológicas las cuales se encuentran en constante movimiento.

2.5.5.2. Reactivado: Es aquel movimiento el cual ha retomado su actividad, después de haber estado inactivo. Por ejemplo, aquellos deslizamientos reactivados sobre superficies de falla que han ocurrido tiempo atrás.

2.5.5.3. Suspendido: Son aquellos deslizamientos que han estado activos durante los últimos tiempos pero que no se está moviendo actualmente.

2.5.5.4. Inactivo: Son aquellos deslizamientos los cuales llevan varios ciclos estacionales sin actividad los cuales se los puede considerar como estacionarios.



FIG. 11.- DESLIZAMIENTOS RETROGRESIVOS

2.5.5.5. Estabilizado: Movimiento suspendido por obras remediales artificiales.

2.5.6. Estructura geológica

La formación geológica en los sitios del movimiento es un factor determinante en el mecanismo de falla y en el comportamiento de un movimiento en un talud, especialmente en zonas montañosas donde la textura y estructura geológica definen por lo general, la ocurrencia de fallas en los taludes.

2.6. Factores que afectan el comportamiento de un talud

Los deslizamientos producidos por factores que modifican el comportamiento del suelo pueden variar de sencillos a complejos, por lo general tienen que ver con las propiedades del suelo tanto físicas como mecánicas, así como factores externos que actúan sobre el mismo.

2.6.1. La Litología o Formación Geológica

La formación geológica está determinada por los diferentes tipos de suelo que van a existir en la zona de estudio, si la clasificación es homogénea vamos a tener un formación fácil de interpretar y de analizar, pero cuando una zona determinada tiene una clasificación de suelo diversa, el comportamiento de cada material va ser muy diferente a los demás por lo que se recomienda un análisis por separado.

2.6.2. La geomorfología

La geomorfología de un suelo nos permite conocer los cambios que están actuando sobre la zona en estudio, ya que son procesos que han producido cambios desde su estado inicial. Por lo que se recomienda elaborar un cuadro de cambios que ha sufrido el suelo así como los que se pueden producir en el futuro.

2.6.3. La topografía

El factor topografía juega un papel muy importante en lo que es estabilización de taludes, los cortes que existen en el terreno bien sean por deslizamientos así como producidos por el hombre pueden ser causas notables de que una determinada masa de tierra se deslice a través de la superficie del terreno.

Cuando se realizan cortes de gran pendiente los cuales sobrepasen al ángulo de la pendiente de equilibrio la cual es 45° se tiene un terreno susceptible a soportar un deslizamiento.

2.6.4. El clima y la hidrología

El comportamiento de un talud depende el clima existente en el sitio donde se encuentra ya que la gran presencia de precipitaciones va a afectar el comportamiento del suelo según el tipo que se tenga luego de haber realizado una

clasificación del mismo. Puede haber una saturación de las partículas de suelo a tal punto de que ya no atrapen humedad y se produzca un deslizamiento por la cantidad de agua existente en el sitio. Los diferentes cambios climáticos es una causa para que frecuentemente se tenga cambios de perfiles del terreno debido a deslizamientos así como escorrentías superficiales, existiendo además cambios en los diferentes tipos de fuerzas existentes en el talud.

2.6.5. La Hidrogeología

Al momento de realizar un análisis para estabilizar un talud se debe elaborar un mapa de factores o causas que lo están afectando y podrían afectar a futuro al comportamiento del mismo en el cual vamos a hacer constar lo siguiente:

- Zonas de infiltración, por lo general arriba del talud
- Permeabilidad del suelo
- Capacidad de absorción del suelo

2.6.6. La Sismicidad

Por encontrarnos en una zona de cadenas montañosas estamos propensos a eventos sísmicos, ya que pueden ser originados por procesos tectónicos o actividad volcánica, un sismo puede activar deslizamientos, dependiendo de la magnitud del mismo.

2.6.7. La vegetación

Cuando un talud se encuentra protegido por una capa vegetal y mejor aún cuando existen árboles que poseen raíces las cuales están a gran profundidad ayudan a mantener estabilizado el terreno ya que sujetan el suelo actuando como un refuerzo absorbente de humedad, evitando así evapotranspiración e infiltración de agua.

2.7. Parámetros geométricos

La conformación topográfica del talud:

- Altura
- Pendiente

- Curvatura
- Largo y ancho

Actuando en forma conjunta o separada, afectan la estabilidad de un talud, por cuanto determinan los niveles de esfuerzos totales y las fuerzas de gravedad que provocan los movimientos.

Entre los parámetros geométricos se debe considerar los siguientes:

2.7.1. Pendiente

Dependiendo del tipo de suelo que tenemos un talud podemos trabajar con pendientes tratando en su mayoría de que no sobrepase los 45°, evitando así de que nuestro talud sufra cambios en su comportamiento y causar un deslizamiento de considerable magnitud.

Según Skempton, teóricamente en suelos granulares limpios y secos el ángulo de inclinación del talud con la horizontal no debe sobrepasar el del ángulo de fricción del material.

2.7.2. Curvatura

La curvatura existente en un talud afecta a que la masa de suelo se mantenga en equilibrio e inclusive ayudaría a la erosión del suelo debido a las escorrentías dando velocidad del agua que en la superficie fluye.

2.7.3. Largo - ancho

Mientras la longitud del talud aumenta la erosión que en la superficie se presente será mayor ya que las aguas que recorran la superficie del talud y si la pendiente es considerable se tendrá una erosión que modificará los perfiles del terreno.

2.7.4. Áreas de infiltración arriba del talud

Se debe tener mucho cuidado con las aguas superficiales que existen en la zona ya que tener presencia de humedad afectando así las propiedades físicas del

suelo, no solo se debe realizar un monitoreo de estas aguas a corta distancia en la corona del talud sino que debe realizárselo a varios kilómetros arriba del talud, analizando si a lo mejor existen canales, piscinas, tanques reservorios, sistemas de riego en plantaciones, etc....

2.8. Parámetros Geológicos

La Geología generalmente, define las características o propiedades del suelo. La formación geológica determina la presencia de materiales duros o de baja resistencia y las discontinuidades pueden facilitar la ocurrencia de movimientos a lo largo de ciertos planos de debilidad.

(Suárez Díaz Jaime, *“Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”*)

TABLA 2.- PARÁMETROS EN EL ESTUDIO DE UN DESLIZAMIENTO

PARÁMETROS QUE SE REQUIERE DETERMINAR EN EL ESTUDIO DE UN DESLIZAMIENTO		
TEMA	PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS
TOPOGRAFÍA	Localización con coordenadas	Planta de localización de ríos, cañadas, depresiones, humedades, vegetación, vías, escarpes, áreas de deslizamiento, etc.
	Líneas de nivel	Levantamiento con líneas de nivel que permiten determinar las áreas deslizadas o en proceso de movimiento. Identificar los escarpes, levantamientos y otras anomalías.
	Cambios topográficos	Localizarlos y correlacionarlos con la geología, aguas lluvias o subterráneas, posibles-deslizamientos anteriores, procesos antrópicos, etc... Localizar focos de erosión, evidencia de movimientos, hundimientos o levantamientos del terreno.
	Perfiles	Curvatura convexidad. Correlacionarlos con la geología y con el plano de líneas de nivel. Calcular pendientes y alturas. Localizar los perfiles en el plano en planta.
	Drenaje superficial	Si es continuo. Si es intermitente. Parámetros del sistema.
GEOLOGÍA	Formación geológica	Litología y características de cada formación. Secuencia de las formaciones. Profundidad a la cual aparece roca sana. Presencia de coluviones. Caracterización del suelo residual. Presencia de minerales susceptibles a alteración.
	Estructura en tres dimensiones	Estratificación. Espesor y características de cada manto. Plegamiento. Rumbo y buzamiento de los planos o foliaciones. Cambios de Rumbo o Buzamiento, Relación entre rumbos y buzamientos con la pendiente del talud. Fallas, brechas y zonas de corte.
	Discontinuidades	Rumbo buzamiento. Separación entre discontinuidades. Aspereza. Abertura. Material de relleno. Continuidad. Fricción y cohesión.
	Meteorización	Profundidad. Características (químicas y mecánicas). Elaboración de perfiles de meteorización.
	Fracturación	Tamaño de los bloques. Forma de los bloques. Posibilidades de deslizamiento o volteo.
AGUA SUPERFICIAL	Precipitación	Precipitaciones máximas mínimas y promedio, anuales mensuales y diarias. Lluvia máxima en una hora. Forma (lluvia granizo o nieve). Horario y duración de las lluvias.
	Cuenca tributaria	Área, pendiente, Cobertura vegetal
	Escorrentía	Tiempo de concentración y cálculo del caudal máximo para diseño

	Infiltración	Infiltración en % relacionada con la precipitación
AGUA SUBTERRÁNEA	Altura del nivel de agua	Niveles normales aislados y suspendidos. Planos de líneas de nivel freático y líneas de flujo.
	Fluctuaciones	Fluctuaciones del nivel de agua con el tiempo y su relación con las lluvias. Variación de los niveles en el momento exacto de una lluvia. Fluctuaciones a largo del año. Fluctuaciones de año en año.
	Caracterización	Altura capilar. Presión de poros y presiones artesianas. Velocidad y dirección del movimiento del agua. Indicaciones superficiales de afloramientos de agua, zonas húmedas y diferencias en la vegetación. Química de las aguas subterráneas. Sales disueltas, contaminación, presencia de aceites. Efecto de las actividades humanas sobre el nivel freático. Posibilidad de fugas de ductos de servicios públicos. Características del drenaje interno.
MOVIMIENTO DE FALLA	Tipo de falla	Caído, flujo, deslizamiento de rotación o traslación, etc.... y caracterización.
	Caracterización	Profundidad y forma de la superficie de falla. Dirección del movimiento, rata de movimiento. Área y volumen.
FACTORES EXTERNOS	Sísmica	Aceleración de diseño - Intensidad y magnitud. Profundidad de epicentros. Distancia de los epicentros. Relaciones con fallas geológicas cercanas, cambios sísmicos con el tiempo, presencia de suelos susceptibles a sufrir cambios por vibraciones. Presencia de volcanes.
	Vegetación	Especies presentes, cobertura, características del follaje y las raíces. Comportamiento de evapotranspiración.
	Clima general	Clima. Lluvias. Vientos. Temperatura (media y extremos horaria y diaria) - Cambios barométricos.
	Intervención antrópica	Modificaciones causadas por el hombre, áreas de deforestación, localización de piscinas, tuberías de acueducto y alcantarillado, irrigación, minería, cortes y rellenos etc... Utilización del agua subterránea y restricciones. Empozamientos y adición de agua. Cambios en la dirección del agua superficial. Cambios en la cobertura del suelo que afectan la infiltración. Deforestación. Movimiento de vehículos, detonación de explosivos, maquinaria vibratoria. Cortes, rellenos pavimentos etc.
MECÁNICA DE SUELOS	Propiedades mecánicas	Erosionabilidad. Granulometría - Plasticidad - Clasificación Resistencia al corte (ángulo de fricción y cohesión) Permeabilidad, sensibilidad, expansibilidad.

FUENTE: Suárez Díaz Jaime, *"Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales"*,

2.9. Parámetros Geotécnicos

2.9.1. Resistencia al Cortante

La resistencia al corte representa la modelación física del fenómeno de deslizamiento. Los parámetros que se debe tener muy en cuenta son el ángulo de fricción y cohesión los cuales determinan el factor de seguridad del deslizamiento de una determinada superficie dentro del terreno.

2.9.2. Permeabilidad

Es la capacidad de resistencia del suelo frente a la presencia de agua, la cual origina presencia de aguas subterráneas, cohesión de los suelos etc.

La permeabilidad mide la resistencia interna de los materiales a la presencia del agua y puede definir el régimen de agua subterránea, concentración de corrientes, etc.

2.9.3. Expansividad

La expansividad por lo general se nos presenta en suelos arcillosos, en los cuales al momento que se encuentran en contacto con el agua aumentan de volumen cambiando la forma de determinada masa de suelo, este fenómeno actúan en estructuras las cuales se encuentran en este tipo de suelo provocando colapsos de las obras parciales o totales. (Suárez, 1998)

2.10. Métodos y estructuras de contención

2.10.1. Introducción

El principal objetivo que debemos tener en cuenta al momento de decidir que estructura se utiliza para la estabilización o contención de muros de tierra o taludes es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la cimentación o a un punto por fuera de la masa de suelo analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse. Las deformaciones o movimientos de la estructura de contención o del suelo a su alrededor deben evitarse en lo más mínimo para garantizar su estabilidad.

Se debe tener muy en cuenta dos condiciones para diseñar la estructura de contención las cuales se las detalla a continuación:

2.10.2. Condición de talud estable

Esto lo más típico que se usa en cuanto a los análisis de muros de contención en los diferentes textos de mecánica de suelos y cimentaciones. Se supone que se trabaja con un suelo homogéneo el cual va a generar una presión de tierras de acuerdo a las teorías de Rankine o Coulomb y la fuerza activa tiene una distribución de presiones en forma triangular.

2.10.3. Condición de deslizamiento

Cuando existe la posibilidad de que un deslizamiento se da o estemos tratando con la estabilización de un movimiento que se encuentre activo, la teoría de presión de tierra tanto la de Rankine como la de Coulomb no indica la realidad de las fuerzas que actúan sobre el muro, por lo que el valor de las fuerzas que actúan sobre el muro son muy superiores a las calculadas por teorías tradicionales.

Los costos en la construcción de estructuras de contención por lo general son mayores a los destinados para conformar un talud por lo tanto al momento de escoger la obra a realizarse debe tenerse mucho cuidado su efectividad como método de estabilización, y mientras se esté realizando el diseño se debe mantener su altura lo más baja posible. (*Braja M. Das 1999*)

2.11. Tipos de estructuras

Existen varios tipos generales de estructura, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas.

2.11.1. Muros masivos rígidos

Este tipo de estructura se caracteriza por su rigidez la cual depende de la cantidad y el tipo de hormigón que en el muro se coloque, además de estar compuestos por hormigón existen muros que contienen refuerzo tanto en su estructura así como en el terreno a estabilizar. Depende mucho el suelo donde se construirá este tipo de muros ya que de su cimentación depende la capacidad de transmitir los diferentes tipos de fuerzas al cuerpo del muro. Este tipo de muros son los más utilizados en nuestro medio para la estabilización de taludes. Además al momento de elaborar un hormigón previamente se debe realizar una correcta dosificación para obtener la resistencia a la compresión del mismo. Entre el tipo de muros rígidos más comunes tenemos:

➤ **Muro de concreto armado o reforzado**

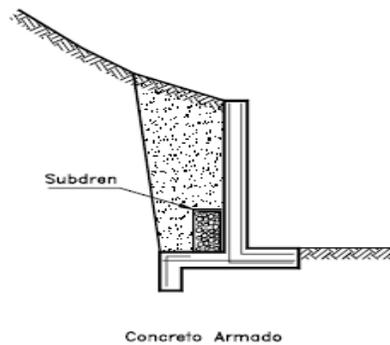


FIG. 12.- MURO DE CONCRETO ARMADO

Este tipo de muros cumplen con la función para la que fueron diseñados, pero tiene mucho que ver el tipo de suelo en el que se lo va a realizar, ya que si existe poca cohesión del mismo a futuro podemos tener problemas en la cimentación y estructura del mismo, el control de la humedad o presencia de niveles freáticos son muy importantes para evitar saturación del suelo y posibles deslizamientos o asentamientos de la estructura.

No se recomienda la construcción de este tipo de muro en pendientes fuertes y alturas considerables ya que económicamente no son recomendables por la cantidad de refuerzo que podría llevar tanto el cuerpo del muro así como en su cimentación el poco peso de estos muros no brindan confianza al momento de estabilizar considerables masas de tierra.

➤ **Muros de concreto simple**

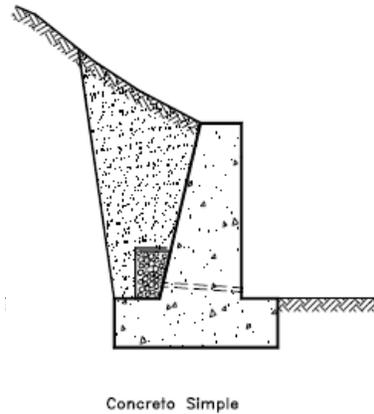


FIG.13.- MURO DE CONCRETO SIMPLE

La construcción de muros de concreto simple es fácil de realizarlos se puede dar la forma que establezca el diseño o la topografía del terreno, en nuestro medio este tipo de muro es muy utilizado para estabilizar terrenos de poca altura, también cantidades de suelo considerables siempre y cuando la altura no sea mayor a los tres metros y la pendiente sea baja no mayor de 30° con respecto a la horizontal.

En este tipo de muros la cimentación es muy importante ya que debe ser de dimensiones capaces de soportar presiones de tierra laterales por lo que se necesita gran cantidad de hormigón, una desventaja que tiene el muro de hormigón simple por el simple hecho de no llevar refuerzo es que no tiene la capacidad de soportar deformaciones importantes del suelo. Para alturas más de tres metros no son recomendables económicamente.

➤ **Muros de Hormigón ciclópeo**

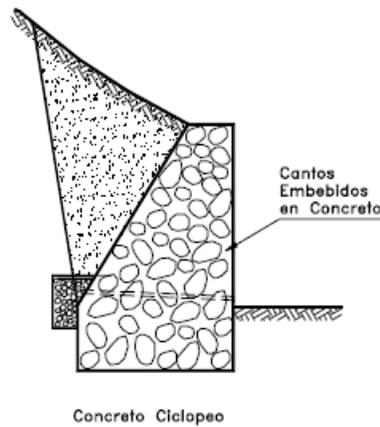


FIG. 14.- MURO DE HORMIGÓN CICLÓPEO

Los muros de hormigón ciclópeo tienen igual características que los muros de hormigón simple con la diferencia de que al momento de de colocar la mezcla de hormigón se utiliza piedra la cual puede ser de río o mina la cual se la va colocando al momento de fundición del muro tratando de ir compactando para que los bloques de piedra queden bien adheridos entre si. Económicamente es recomendada la realización de este tipo de estructuras ya que con la colocación de piedra se reduce en gran cantidad el hormigón, pero existe una gran desventaja primero que son muros de anchos considerables y cimentaciones profundas así mismo el muro en si por el tamaño de la piedra no puede trabajar a flexión, o sea están más propensos a fracturaciones del concreto.

2.11.2. Muros flexibles

Estas estructuras son realizadas con materiales que sean flexibles o soporten los diferentes tipos de movimientos ocasionados por las cargas que en el suelo actúan entre los más conocidos tenemos:

➤ Muro de gaviones

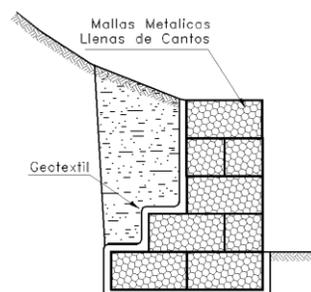


FIG. 15.- MURO DE GAVIONES

Los muros armados por gaviones son económicos siempre y cuando el material de relleno de las jaulas de malla electro soldada este cerca del terreno a estabilizar ya que si no existe cerca del sitio el rubro por transporte tomará valores muy elevados al momento de la construcción. Por lo general la construcción de este tipo de muros se los realiza con la finalidad de soportar presiones de suelo en el que existe presencia de humedad por lo que vendría a trabajar como un sistema de drenaje.

Este tipo de estructuras se las realiza por lo general en vías de comunicación en donde se tiene presencia de aguas subterráneas; también se los utiliza para proteger cauces de río, en curvas donde pueda existir socavación del terreno causando grandes deslizamientos, como este tipo de muros va a trabajar a frecuentemente con presencia de humedad el material de relleno de las jaulas debe ser de buena calidad, como por ejemplo la resistencia a los sulfatos para saber si no es de fácil disgregación.

➤ **Muro de cribas**

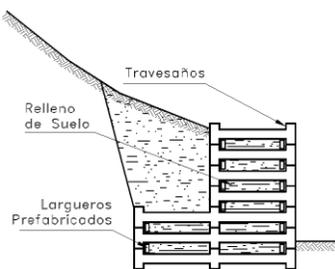


FIG. 16.- MURO DE CRIBAS

Es un elemento prefabricado el cual va armado de manera uniforme intercalado con el suelo; este tipo de muros son demasiado costosos debido a que las cribas se las debe prefabricar, la elaboración de éstas lleva dinero y tiempo tanto de fabricación como de colocación en obra. En nuestro medio se hace este tipo de

muros pero con la diferencia de que en reemplazo de las cribas se utiliza madera en donde se corre el riesgo de que la madera se pudra y la obra colapse.

En los espacios que queda entre criba y criba se debe colocar material granular de mejoramiento el cual tenga la capacidad de actuar como drenaje para no saturar el suelo que se encuentra estabilizando la criba. Es recomendable aplicar este método de estabilización en taludes no mayores a 5 metros de altura.

➤ Muro armado de llantas

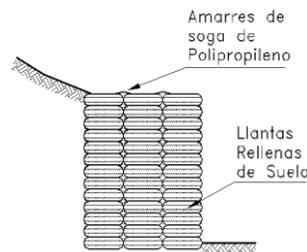


FIG. 17.- MURO ARMADO DE LLANTAS

Este es un método rústico ya que para realizarlo se utiliza material de reciclaje es decir llantas usadas, por lo que al momento de construir el muro no se tendrá una geometría homogénea debido a que no siempre se va a tener un solo tipo de llanta tanto en su ancho como en su diámetro y espesor, además no están en capacidad de soportar presiones fuertes del suelo ya que si se presentan se transformaría en un resorte que se deformará fácilmente.

Este método no es recomendable para estabilizar taludes de fuertes pendientes ya que no tienen un diseño claro establecido ni tampoco se conoce la vida útil del mismo.

2.11.3. Muros de tierra armada

Los muros de tierra armada es un método de estabilización el cual se va compactando en capas aproximadamente iguales de suelo con un material de mejoramiento diferente al existente en el talud a estabilizar cuya finalidad es aumentar la resistencia a la tensión y al corte. Estas estructuras son fáciles de construir pero al mismo tiempo se corre mucho riesgo al momento de compactarlo.

Debido a la compactación del material de mejoramiento el cual puede adaptarse fácilmente a la topografía, permite construirse sobre fundaciones débiles, tolera asentamientos diferenciales y puede demolerse o repararse fácilmente, pero es el que más espacio requiere de lo que se diferencia de las demás construcciones de estructuras de contención.

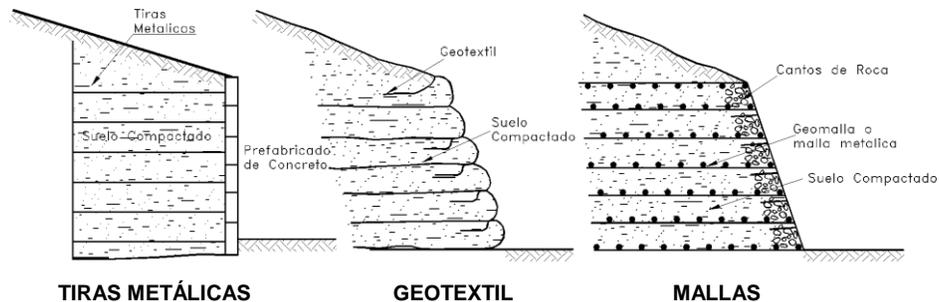


FIG. 18.- MUROS DE TIERRA ARMADA

➤ Refuerzo con tiras metálicas

La construcción de este tipo de método actúa como un muro flexible, consiste en conseguir un tipo de material con el cual se va a hacer el relleno de preferencia debe ser un suelo granular para evitar la saturación del mismo debido a la humedad; las tiras metálicas de refuerzo que van a ser franjas de un espesor delgado y anchas las cuales van a ser colocadas a intervalos regulares e iguales. Un recubrimiento o escama sobre la pared frontal del muro.

También en lugar del recubrimiento o escamas se puede utilizar lo que es una pequeña pared o muro de hormigón prefabricado para sujetar las tiras metálicas, dándole al entorno o a la fachada del muro un aspecto decorativo y de buen acabado.

➤ Refuerzo con geotextil

Al momento de realizar un muro de tierra armada reforzado con geotextil se corre el peligro de que no resista grandes presiones del suelo por lo que va a tender a deformarse fácilmente; si tenemos presencia de humedad en el muro de tierra armada y si no existe un correcto manejo de la misma el geotextil va a debilitar el

muro debido a que se van a convertir en capas de deslizamiento. Además debemos tener en cuenta que el geotextil se va a descomponer con la luz solar así como un suelo de materia orgánica por lo que en la pared del muro se debe colocar un tipo de recubrimiento capaz de proteger de los factores climáticos en las capas de compactación; por encima del geotextil debe ser un material granular el cual ayude a la evacuación rápida de aguas subterráneas.

➤ Refuerzo con geomallas

Con la construcción de este tipo de muros vamos a proporcionar un cierto grado de rigidez a la estructura debido a la influencia de las geomallas, por lo cual cada capa no se lo considera como un punto de debilidad al deslizamiento, si la compactación se la realiza de la forma correcta ayudarán a la estabilización del talud en conjunto con la geomalla.

Dependiendo del tipo de material que se tenga en la zona a estabilizar y al tipo de material de mejoramiento que se coloque, la malla puede sufrir factores como la corrosión.

2.11.4. Estructuras ancladas

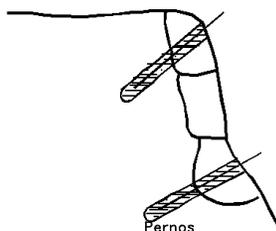


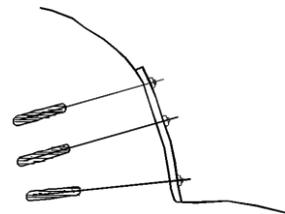
FIG. 19.- ESTRUCTURAS ANCLADAS

La finalidad de este tipo de estructuras es estabilizar una masa de suelo con el uso de varillas las cuales al ser ancladas trabajan como una fuerza de contención del suelo; éstas varillas en la mayoría son de acero o cables tensores los cuales van dentro de un tubo galvanizado, penetrados en el suelo con su ángulo especificado con respecto a la horizontal.

Las perforaciones para la colocación de los anclajes se los realizan mediante posteadora o por medio de un taladro, además al momento de que el anclaje se

encuentra dentro del orificio en el que va a ser colocado en toda la longitud del anclaje a se debe aplicar hormigón auto-compactante el cual va a fijar las patas de agarre del anclaje en el talud; por lo general se aplica en la estabilización de taludes en roca. Como ya se lo mencionó anteriormente en muros donde trabaja acero se va a tener problemas de corrosión.

➤ Muros anclados



Muros Anclados
FIG. 20.- MUROS ANCLADOS

El proceso constructivo de este tipo de estructura es cuando se tiene alturas considerables, es decir se realizará un muro sobre el talud a estabilizar el cual luego de que ha fraguado el hormigón se hace varias perforaciones a la longitud deseada del anclaje sobre el talud para su colocación; en la parte final del talud se coloca hormigón para agarre de las patas del anclaje luego mediante una placa de acero y pernos se lo asegura con el muro de hormigón simple.

El acero de los anclajes puede sufrir corrosión, además se debe realizar un mantenimiento constante de las placas y tuercas ya que debido a las presiones del suelo estas pueden sufrir deformaciones en sus tuercas. El proceso constructivo en si de esta obra es muy costoso por la cantidad de acero que se necesita y las placas que deben ser de un área específica.

2.11.5. Estructura anclada en tierra

Las estructuras ancladas en tierra son realizadas por medio de perforaciones donde el diámetro de diseño es considerable, el diámetro del pilote depende del diseño para el que va a trabajar; los pilotes deben ir empotrados en su parte terminal, este tipo de estructuradas son diseñados para trabajar a flexión y

cortante, por lo que se recomienda su construcción en donde se desea controlar fallas geológicas.

➤ **Tablestacas**

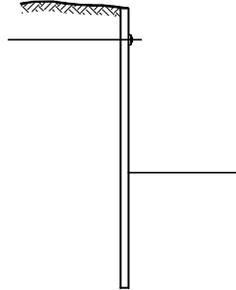


FIG. 21.- MURO CON TABLESTACAS

Este tipo de estructuras son por lo general construidos todo en lo que tiene que ver con muros que se encuentran en contacto con el agua los cuales cumplen la función de evitar socavaciones en las paredes de canales ríos o muelles. Existen tres tipos de tablestacas en construcción:

- De madera
- De acero
- De concreto prefabricado

Las tablestacas de concreto prefabricado son los que más se usan los cuales van a diseñar con acero de refuerzo para resistir los esfuerzos permanentes a los que la estructura estará sometido durante y después de la construcción.

➤ **Pilas**

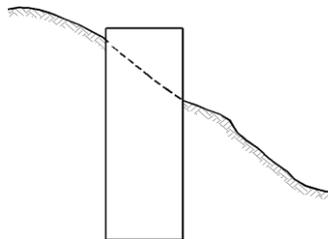


FIG. 22.- PILAS DE HORMIGÓN

La contención con pilas de concreto armado tiene varias ventajas, la construcción se la puede hacer en sitios de difícil acceso, además no hay necesidad de que el talud a estabilizar sea cortado, pero así mismo podemos hablar de las desventajas de este tipo de estructura ya que se debe profundizar con la perforación o

excavación por debajo del nivel del pie del talud, se debe tener mucho cuidado y tratar de controlar el nivel freático si lo hubiese evitando saturaciones del suelo ya que podría ser un peligro para las personas que realicen la excavación.

➤ **Pilotes**

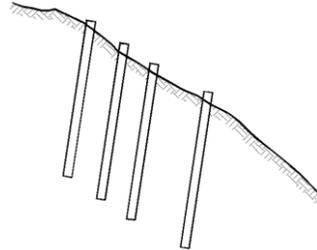


FIG. 23.- PILOTES DE HORMIGÓN

Los pilotes son de sección o diámetro muy pequeño por lo que son fáciles de construir pero al mismo tiempo se tiene una gran desventaja ya que se necesitan varias perforaciones y colocaciones de pilotes para poder estabilizar un talud y evitar deslizamientos.

Existen otros tipos de muros de contención, los cuales no serán analizados en la presente investigación, pero que generalmente, se asemejan y cumplen similar comportamiento a alguna de las estructuras indicadas con anterioridad.

Cuando se tiene varias alternativas de estructuras de contención se debe realizar una comparación económica, basada tanto en los costos iniciales de construcción como el costo de mantenimiento

CAPÍTULO III

MONITOREO DE UN TALUD

CAPÍTULO III

3. MONITOREO DE UN TALUD

3.1. Objetivos del Estudio

El presente estudio tiene los siguientes objetivos:

- Análisis de los factores y causas que afectan o modifican el comportamiento del deslizamiento, topografía, geología, agua superficial, agua subterránea, factores sísmicos, medio ambiente, clima, vegetación, propiedades mecánicas de los suelos.
- Podemos determinarlos mediante la observación de los afloramientos, levantamiento de campo y sondeos, del perfil geotécnico de las laderas o taludes, espesores de los mantos, propiedades de los materiales, estructura geológica, etc.
- Determinación y análisis de las causas y mecanismos del deslizamiento.
- Plantear y diseñar las obras de estabilización que se requieren para el manejo del deslizamiento.

El principal objetivo de las obras de estabilización que se plantea es el de manejar el deslizamiento, para garantizar la estabilidad de la zona afectada por el movimiento.

La estabilización plantea manejar los niveles freáticos y la morfología del terreno para garantizar una estabilidad aceptable.

Siempre debemos tener en cuenta que no es viable en términos económicos garantizar totalmente la estabilidad debido a que se requerirían pantallas ancladas, las cuales son extraordinariamente costosas.

En cualquier caso que se nos presente que por lo general siempre se tiene problemas con agua se deberá construir un sistema de drenaje y subdrenaje, y al conformar el terreno se logra mitigar en forma importante la amenaza y el riesgo.

3.2. Alcance del estudio

Para el talud que ha venido ocasionando problemas para los moradores del barrio Isidro Ayora en especial a los habitantes de la parte baja por la Av. Loja de la ciudad de Cariamanga nos hemos visto en la necesidad de analizar los factores que modificaron las propiedades del suelo y por ende el deslizamiento.

Por lo que se analizó tres sistemas que puedan solucionar este problema y estabilizar el talud antes mencionado, tomando en cuenta aspectos de construcción y de factibilidad los cuales van a trabajar especialmente en este talud, dependiendo de las propiedades físicas y geotécnicas que se tenga en el lugar.

Sin embargo, al construir las obras de estabilización pueden detectarse condiciones diferentes, las cuales no fueron detectadas en el momento de la realización del estudio y podría requerirse la modificación de algunos detalles del diseño.

3.3. Localización del movimiento

El talud se encuentra ubicado entre la Av. Bernardo Valdivieso y Av. Loja a 200m. del parque central de la Ciudad de Cariamanga, frente al hospital "José Miguel Rosillo".

Topográficamente el terreno es variable con pendientes muy pronunciadas en dirección desde la Av. Bernardo Valdivieso hasta la Av. Loja. En esta ladera debido a las épocas invernales se han venido suscitando deslizamientos de considerable cantidades de tierra debido a procesos erosionales o por escorrentías superficiales.

El deslizamiento ocurrido en la Av. Loja de la ciudad de Cariamanga pertenece a un talud de pendiente fuerte como se puede observar en el (Anexos plano 2) correspondiente a las curvas de nivel del talud. En la (foto 1) se puede notar mediante un análisis visual que el deslizamiento en un estado inicial era de pocas cantidades de suelo, por lo que poco a poco desapareció la capa vegetal que existía en el sitio, siendo así que se encontraban en peligro las obras menores tales como baños y lavanderías de las viviendas existentes en la parte alta por la Av. Bernardo Valdivieso.

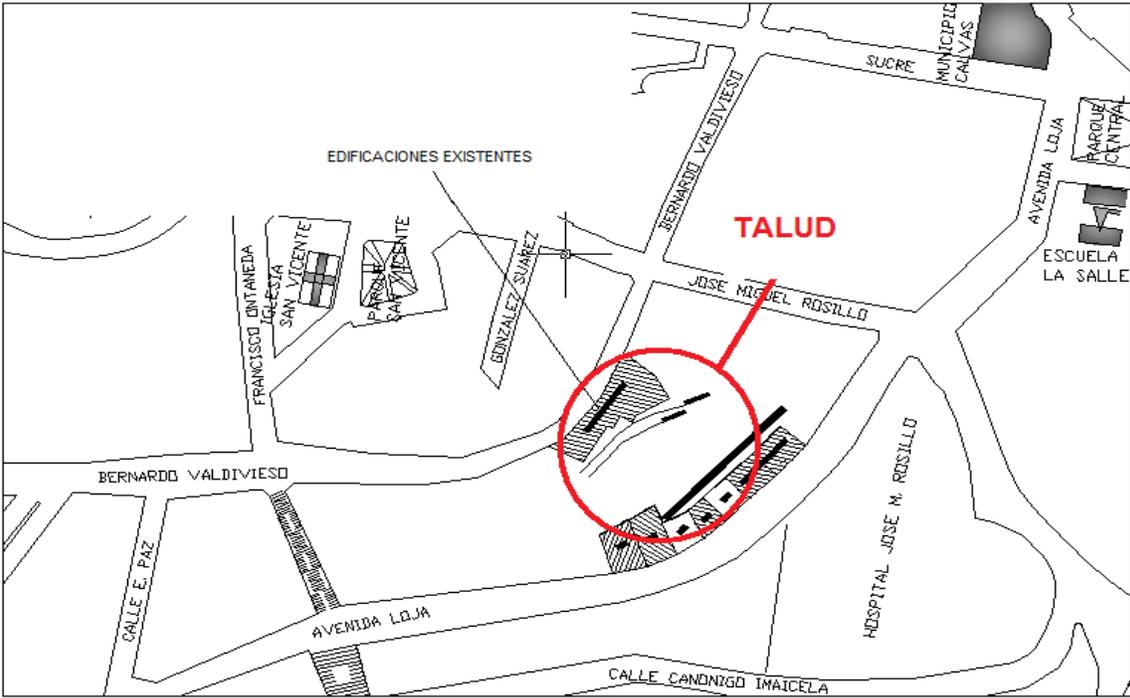


FIG. 24.- LOCALIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO



FOTO 1.- TALUD A ESTABILIZAR

Por la cantidad de material deslizado suelto se evidencian movimientos antiguos en la zona estudiada y en el suelo natural no afectado por el deslizamiento se observa una humedad permanente debido a aguas subterráneas existentes en el lugar consecuencia de infiltraciones de tuberías.

3.4. Clima

Cariamanga se localiza al sur de la provincia de Loja en una hoya la cual tiene un clima húmedo. La ciudad de Cariamanga se encuentra a una altura de 1960 msnm, ubicada al sur de la provincia a 111 Km. De la ciudad de Loja.

- Temperatura: Según el Instituto Nacional de Meteorología se tiene que en la ciudad de Cariamanga presenta una temperatura media del aire a la sombra de 17,8 °C, así como se tiene una temperatura máxima absoluta de 26,4°C y una mínima absoluta de 8,61°C.
- Precipitación: La lluvia en la ciudad de Cariamanga se caracteriza por presentar un comportamiento variable durante todo el año es así: que tenemos un período lluvioso inicial bastante fuerte durante los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y parte de Abril, luego un periodo seco de

desde Mayo hasta Diciembre en la mayoría de los casos mes en que ya empiezan las primeras lluvias.

- La precipitación anual promedio es de 1.301.1 mm.
- La precipitación mensual promedio es de 108,4 mm.

Ver Anexo 3 (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA, 2000).

3.5. Vegetación

La vegetación del área está compuesta por pastos cortos y árboles que han nacido en forma silvestre además de algunos cultivos. Se considera de gran importancia complementar la cobertura vegetal existente.

3.6. Drenaje e infiltración

El drenaje superficial en la parte superior del talud ya que la parte alta del mismo se encuentran edificaciones las cuales por el talud se evacúan las aguas servidas que por motivo de los frecuentes deslizamientos de tierras han ido colapsando por lo que existen filtraciones de aguas.

Los suelos sub-superficiales presentan una capacidad de infiltración moderada y reciben las aguas lluvias de los lotes y zonas verdes que se presentan en la zona.

3.7. Niveles freáticos

Mediante un análisis visual del suelo del talud de la Av. Loja de la ciudad de Cariamanga se pudo observar que no existe nivel freático con respecto a presencia de ríos, quebradas o vertientes.

La humedad presente en el suelo del talud tiene como origen aguas infiltradas, sin embargo, de acuerdo con la información suministrada por la comunidad, las viviendas construidas en la parte alta del talud poseían fallas en el sistema de conducción de agua potable y no contaban con un sistema debidamente diseñado de red de alcantarillado, tanto para evacuar las aguas lluvias como las

aguas servidas factor que contribuyó a la saturación del suelo y por ende el deslizamiento.

3.8. Características Geotécnicas generales del área

Se localiza en un sector en donde han existido diferentes deslizamientos frecuentes por motivos de actividad humana como la agricultura siembra de árboles frutales.

La morfología corresponde a colinas onduladas de alta pendiente.

Características geotécnicas

- Según la clasificación visual en el sitio de estudio se pudo determinar que el suelo del talud en su mayoría eran arcillas.
- La presencia de humedad en el sitio corresponde a aguas infiltradas por el obsoleto diseño de la red de alcantarillado y evacuación de aguas servidas de la parte alta del talud.

Problemas geotécnicos

- Deslizamientos de tierra de gran magnitud.
- Cárcavas profundas de erosión.
- Agrietamiento de la coronas del talud.

3.9. Investigaciones preliminares

Se realizó una visita de inspección preliminar al sitio estudiado con el objeto de determinar las características físicas, geológicas y geotécnicas generales del talud; y en esta forma programar los trabajos de campo y de laboratorio.

Se investigaron los textos y planos del estudio de Zonificación Sismo geotécnica Indicativa del Área Urbana de Cariamanga realizado por Ingeominas y los estudios geotécnicos realizados por ESTSUELCON, en las zonas cercanas al sitio estudiado.

3.10. Sondeos y ensayos de campo

Se realizaron 3 ensayos de penetración estándar (*SPT Stándar Penetration Test*) en la corona del Talud Mitad del Talud y Pie de Talud en lo que en la corona del talud se pudo llegar a 4 metros ya que por motivos de seguridad del personal y de las viviendas existentes no se procedió a realizar mas profundo, A la mitad del talud se procedió realizar un SPT a la profundidad de 8m y un tercer ensayo de SPT en el pie del talud a una profundidad de 4m por motivo de que se encontró un material muy compresible y no se llegaba a más profundidad, por lo que se taponaba el tubo partido o tubo muestreador. Para la realización de los sondeos se utilizó un equipo operado por un motor de 16 HP, polea y pesa sobre una guía tubular.

3.10.1. RESUMEN DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR SPT

Número total de sondeos: 3

Ensayos de campo: Penetración Estándar (SPT) Norma ASTM D 1586.

Tipo de muestras obtenidas: Muestras en tubo partido y posteadora.

TABLA 3.- LOCALIZACIÓN Y PROFUNDIDADES DEL ENSAYO SPT

Perforación No.	Equipo	Localización	Profundidad (mts)
1	SPT	Sector central – corona del talud	4
2	SPT	Centro del Talud	8
3	SPT	Pie del Talud	4

A continuación se presentan los resúmenes de los ensayos de campo realizados:

Se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT) utilizando la norma ASTM D 1586.

Luego de realizado el ensayo (SPT) y luego de haber recolectado muestras para realizar las diferentes clasificaciones del suelo se obtuvo el siguiente cuadro de

valores de los datos obtenidos en donde se detalla el número del pozo, el número de golpes que soportó el suelo a determinada profundidad.

TABLA 4.- RESUMEN DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN (SPT)

PROFUNDIDAD (METROS)	# POZO		
	1	2	3
	# DE GOLPES/45 CM.		
0.00 - 1.00	6	7	16
1.00 - 2.00	16	18	18
2.00 - 3.00	25	27	22
3.00 - 4.00	40	32	50
4.00 - 5.00		42	
5.00 - 6.00		50	
6.00 - 7.00		50	
7.00 - 8.00		50	

TABLA 5.- LIMITACIONES GEOTÉCNICAS DEL SUELO

PROFUNDIDAD EN metros.		SUELO	LIMITACIONES GEOTÉCNICAS
DESDE	HASTA		
VARIABLE EN ESTUDIO DE SUELOS			
0.00	1.00	SUELOS SUELTOS COMPUESTOS POR LIMOS BLANDOS, MUY HÚMEDOS A SATURADOS, CON PRESENCIA DE GRAVAS Y ALGO DE ESCOMBROS.	ESTE SUELO PERTENECE A LA MASA MOVIDA EN EL DESLIZAMIENTO. DEBE SER ACONDICIONADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN.
1.00	3.00	SUELOS SUELTOS COMPUESTOS POR LIMOS ARENOSOS, Y RAÍCES DE PLANTACIONES EXISTENTES EN LA PARTE ALTA DEL TALUD	ESTE SUELO PERTENECE A UNA MASA DE SUELO PROPENSO A EROSIÓN DEBIDO A LAS RAÍCES DE LAS PLANTACIONES EXISTENTES EN EL SITIO ASÍ MISMO PRESENCIA DE GRAVA PERO POCA
3.00	8.00	SUELOS ALUVIALES COMPUESTOS POR ARCILLAS LIMOSAS Y LIMOS ARENOSOS, DE COLOR AMARILLO CLARO Y LILA, HÚMEDOS, RESISTENTES CON CANTOS Y BLOQUES PRINCIPALMENTE DE	SUELOS ESTABLES NO AFECTADOS POR EL DESLIZAMIENTO.

	ARENISCAS CUARZOSAS DE GRANO FINO A MEDIO, DURAS Y ALGUNAS LODOLITAS E ÍGNEO METAMÓRFICOS.	
--	--	--

3.10.2. CORRELACIONES PARA INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS SPT

A continuación se presentan unas tablas indicativas que permiten la interpretación general de los resultados, en este caso se encontró un suelo compuesto de arcilla y arenas limosas:

3.10.3. PARA SUELOS ARCILLOSOS

TABLA 6.- INTERPRETACIÓN DEL ENSAYO SPT PARA SUELOS ARCILLOSOS

Numero de penetración estándar N	Consistencia	Resistencia a compresión kPa
0 a 2	Muy blanda	0 a 25
2 a 5	Blanda	25 a 50
5 a 10	Medio firme	50 a 100
10 a 20	Firme	100 a 200
20 a 30	Muy firme	200 a 400
> 30	Dura	> 400

(Ref.: Braja Das. "Principios de ingeniería de cimentaciones", Thomson Editores, México, 1999).

3.11. Ensayos de laboratorio

Las muestras obtenidas fueron transportadas al laboratorio de suelos de ESTSUELCON Y UTP, en la ciudad de Loja las cuales serán analizadas mediante los ensayos para la clasificación de un suelo.

TABLA 7.- ENSAYOS PARA CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Ensayo	Norma	No. de ensayos
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D422-63 – AASHTO T88	16
Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) en suelo, roca y mezcla de suelo-agregado	ASTM D 2216 AASHTO T 265	16
Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	ASTM D 4318 – AASHTO T 89-90	16
Clasificación de suelos	ASTM D 2487	16

Compresión Simple	ASTM D3080 - AASHTO T236	3
-------------------	--------------------------	---

3.11.1. Resumen de ensayos de laboratorio

Después de haber realizado los ensayos en el laboratorio (*Ver Anexo 2*) se tuvo como resultado de que en el talud a estabilizar tiene la siguiente clasificación de suelos con sus respectivas propiedades:

TABLA 8.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS

POZO	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	CLAS. SUCS	CLAS. AASHTO	SPT N	γ hum gr/cm3	γ seco gr/cm3	qu Kg/cm2	cohesion Kg/cm2
1	1,00	36,51	65	44	21	1	31	68	MH1	A-7-5	6		NA		NA
1	2,00	52,91	77	53	24	0	38	62	MH1	A-7-5	18	1,68	1,10	0,38	0,19
1	3,00	47,21	69	57	12	0	66	34	SM	A-2-7	26		NA		NA
1	4,00	47,45	66	45	21	0	42	21	MH1	A-7-5	42		NA		NA
2	1,00	47,49	70	48	22	1	40	59	MH1	A-7-5	16	1,54	1,04	0,54	0,27
2	2,00	48,44	65	40	25	2	59	39	SM	A-7-5	18		NA		NA
2	3,00	48,79	57	39	18	0	79	21	SM	A-2-7	12		NA		NA
2	4,00	51,88	59	43	16	0	49	50	MH1	A-7-5	50		NA		NA
2	5,00	52,78	59	44	15	0	49	51	MH1	A-7-5	50		NA		NA
2	6,00	53,45	59	45	14	0	50	50	MH1	A-7-5	50		NA		NA
2	7,00	53,81	59	47	12	0	32	68	MH1	A-7-5	50		NA		NA
2	8,00	54,97	60	46	14	0	32	67	MH1	A-7-5	50		NA		NA
3	1,00	31,6	63	18	45	0	16	84	CH1	A-7-6	15	1,24	0,94	0,39	0,195
3	2,00	33,25	68	19	49	0	12	88	CH1	A-7-6	18		NA		NA
3	3,00	41,98	57	19	73	0	6	94	CH1	A-7-6	25		NA		NA
3	4,00	52,08	57	42	15	0	49	50	MH1	A-7-5	50		NA		NA

- En la parte superior del talud o corona del talud según la clasificación **S.U.C.S.** existe un tipo de suelo MH1 en su totalidad que corresponde a limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos.
- En la parte central del talud se obtuvo una mezcla de dos tipos de suelos según la clasificación **S.U.C.S.** tipos de suelo MH1 y SM; MH1 limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos; y SM Arenas limosas mezclas de arena y limo.

- Los resultados de laboratorio en el pozo 3 en el pie del talud se tuvo un tipo de suelo según la clasificación **S.U.C.S.** el tipo de suelo es CH correspondiente a arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.

3.12. Factores que afectaron la ocurrencia del movimiento:

- El deslizamiento está relacionado con la presencia de humedad en el suelo, la cual se debe a la infiltración de aguas servidas mal manejadas cuyas tuberías atraviesan el talud.
- En la parte baja del talud se observan gran cantidad de material suelto lo cual evidencia que anteriormente han existido deslizamientos en pocas cantidades debido a la erosión del terreno y por efectos antrópicos o sea por actividad humana.
- Las viviendas que existen en la parte alta del talud facilitaban la infiltración de agua, lo cual generaba un deterioro del perfil del terreno bien sea por saturación de un suelo o por la escorrentía ocasionada por las fuertes precipitaciones.

CAPÍTULO IV

***ANÁLISIS Y DISEÑO DE
ESTABILIZACIÓN DEL TALUD***

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN DEL TALUD

4.1. INTRODUCCIÓN

Por lo general los taludes verticales o casi verticales de cualquier tipo de suelo, para soportar su empuje se diseñan obras estructurales.

Para el diseño adecuado de estas estructuras se debe tener en cuenta la presión lateral de tierra, la cual se compone de varios factores:

- a. El tipo de presiones existentes en el suelo
- b. Parámetros de resistencia cortante del suelo
- c. Peso específico del suelo

En el diseño de un muro debemos considerar tres tipos de presiones con las cuales se empezará nuestro estudio.

- El muro deberá estar restringido contra todo movimiento, la presión lateral del suelo que va a ejercer sobre el muro sea cual fuere la profundidad se la denomina como presión de tierra en reposo.

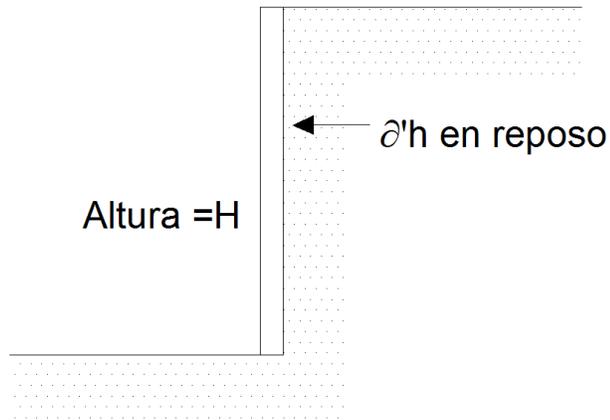


FIG. 25.- PRESIÓN DE TIERRA EN REPOSO

- Cuando el muro falla vamos a tener un desplazamiento hacia afuera en donde con la suficiente inclinación del muro fallará una cuña triangular de suelo detrás del muro, esta presión lateral del suelo se la denomina presión activa de tierra.

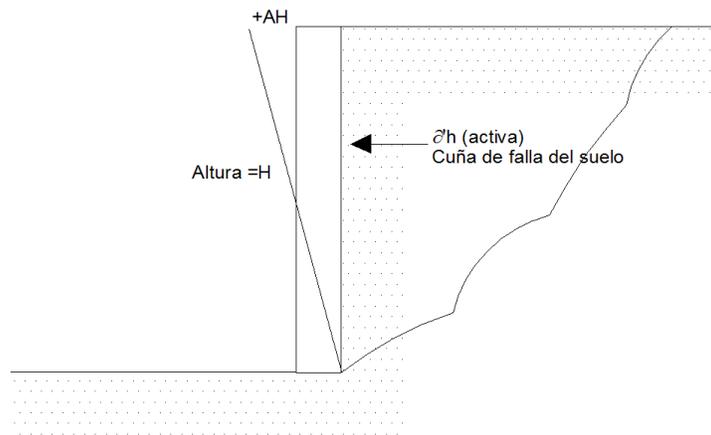


FIG. 26.- PRESIÓN ACTIVA DE TIERRA

- El muro falla en dirección contraria a la presión lateral del suelo esta presión de suelo la denominamos presión pasiva de tierra.

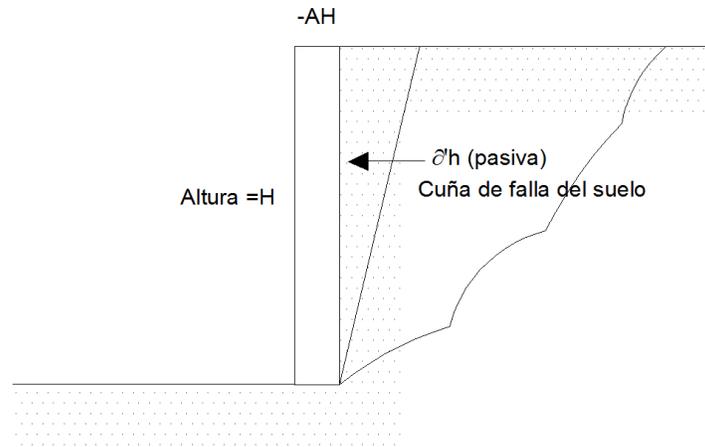


FIG. 27.- PRESIÓN PASIVA DE TIERRA

4.2. Selección del tipo de estructura

Para la selección del tipo de estructura que se va a construir se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Localización del muro de contención, según el levantamiento topográfico el cual se lo tomo desde la parte alta del talud tenemos que la obra se encontrará desde la cota 0+000 hasta la 0+010 longitudinalmente y transversalmente desde la cota 0+000 hasta la cota 0+055. (*Anexo Plano 2*)
- La altura que tendrá el muro de contención será de 10.5 m.
- Según el estudio de suelos en el sitio donde se va a construir el muro de contención se encuentran arcillas limosas granulares, arcillas gruesas de alta plasticidad. (*Anexo 2 Estudio de suelos*)
- Cantidad de movimiento y el diseño para una vida útil considerable de la estructura y el efecto que tendrá en estructuras vecinas.
- Disponibilidad de los materiales de construcción con los que se realizará la obra, en este caso para la elaboración del concreto para las columnas y vigas los áridos se los llevará desde Catamayo ya que después de realizar un análisis de dosificación conjuntamente con áridos de Cariamanga el que mejor resultó es el material del boquerón, así mismo lo que tiene que ver con el resto de materiales se los llevará desde la ciudad de Loja.
- Tiempo que se utilizará para la construcción de la estructura, se tiene un tiempo estimado de 6 meses pero por motivos de presupuestos se retrasó 3 meses más.

- La vida útil de la estructura y el mantenimiento que se le dará al mismo debe ser constante, especialmente en la limpieza de los canales, cuneta de coronación, pozos de revisión y drenajes.

4.3. Criterios de comportamiento

La estructura que se realizará para contener el suelo tendrá que cumplir algunas condiciones fundamentales de estabilidad, rigidez, flexibilidad y durabilidad, etc.... en la mayoría de los casos se deberá plantear alternativas para poder cumplir con las necesidades del proyecto.

4.4. Durabilidad y mantenimiento

La durabilidad y mantenimiento se debe tener muy en cuenta en el momento que se está diseñando la estructura ya que para que la estructura de contención no alcance muy rápido su estado límite de servicio, además se debe tener muy en cuenta el clima del sector donde se realizará la obra de construcción ya que los materiales de construcción tales como el concreto, el acero y la madera actúan de diferente manera debido al ambiente existente.

4.5. Alternativas constructivas

Luego de tener muy en cuenta las condiciones de diseño procedimos a detallar tres tipos de métodos para la estabilización del talud ubicado en la ciudad de Cariamanga, y se decidió por el sistema de tierra armada, muro en voladizo y el sistema de vigas y columnas.

Al final del análisis de los tres métodos constructivos se realizará un análisis comparativo para saber las ventajas que se tiene tanto en el nivel técnico, práctico y económico para escoger la estructura que más nos conviene para estabilizar el talud de Cariamanga.

4.5.1. SISTEMA DE TIERRA ARMADA

Existen tres consideraciones principales que influyen en la selección de suelos para el uso en estructuras de tierra armada:

1. Estabilidad a largo plazo de la estructura completa
2. Estabilidad a corto plazo o durante la fase de construcción
3. Propiedades físico químicas de los materiales

Teniendo claro los métodos que se pueden aplicar en este talud se procedió a realizar un levantamiento topográfico para determinar los perfiles que se tienen en el terreno.

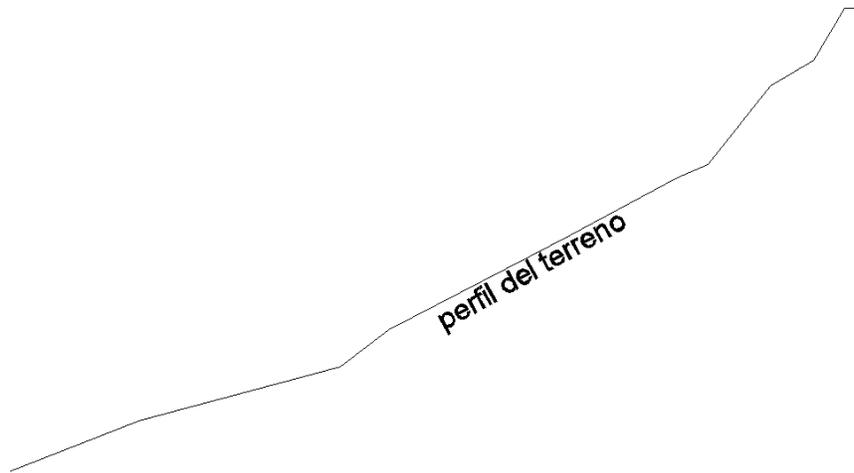


FIG. 28.- PERFIL DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA

Luego se realizaron ensayos tanto en campo como en laboratorio, con los resultados obtenidos se procedió a hacer el diseño para estabilizar el talud con el método de tierra armada, para lo cual se requería retirar el material existente en la zona debido a los deslizamientos que se habían suscitado es decir material suelto de baja cohesión.

Primeramente se iba a realizar una cuneta de coronación para captar todo tipo de aguas arriba del talud así como controlar las existentes en el sitio debido a aguas mal manejadas por parte de los habitantes de viviendas arriba del talud, evitando problemas de humedad al momento de la construcción de la obra.



FIG. 29.- CUNETETA DE CORONACIÓN

A continuación se diseñó los cortes que se van a realizar y la cantidad de relleno que se va a colocar teniendo así nuevos perfiles del terreno ya con el material de mejoramiento compactado, es aquí donde se presentó el problema por lo que este método se lo rechazó ya que al momento de realizar la compactación se necesitaba una densidad seca del 95%, y en el sitio donde se lo iba a realizar no se podía hacer la compactación con rodillo por lo que se tenía que utilizar un sapo mecánico y se dificultaba la compactación por la pendiente del terreno en el nivel superior.

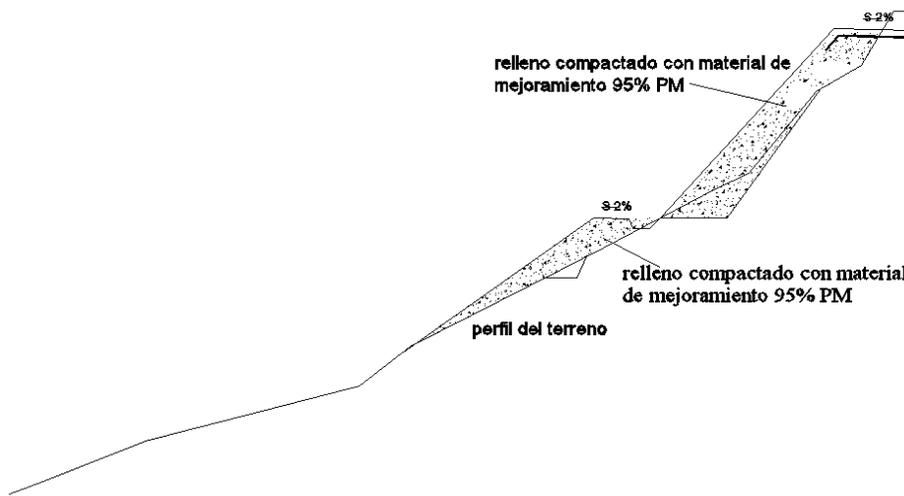


FIG. 30.- COMPACTACIÓN CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO

Una vez compactado el terreno se colocaría un geotextil que ayudaría a mantener el suelo seco y evacuar las aguas superficiales a los drenajes, ayudando a la compactación a que se mantenga sin tener cambios tanto físicos como mecánicos en el material de mejoramiento compactado.

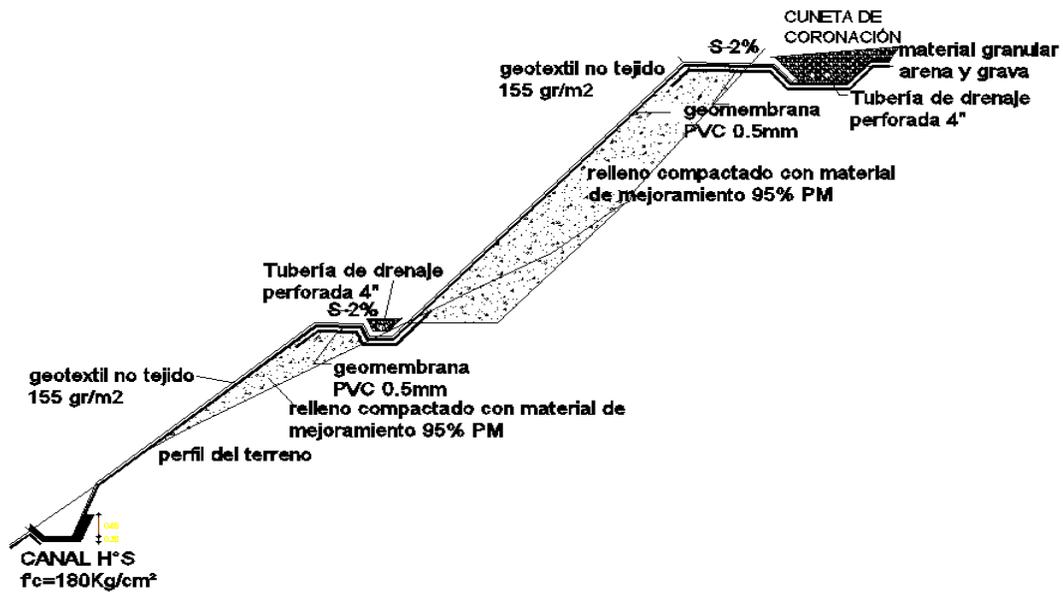


FIG. 31.- COLOCACIÓN GEOTEXTIL

Para terminar con la construcción y funcionamiento de esta estructura de contención una vez colocado la geomembrana se procede a colocar unas geoceldas las cuales tienen una altura de 20 cm, las geoceldas son redes tridimensionales relativamente gruesas construidas por tiras de planchas de polímero. Las tiras son juntadas para formar celdas interconectadas que son rellenas con suelo y en ocasiones se usa hormigón simple (Ver Anexos Plano 5).

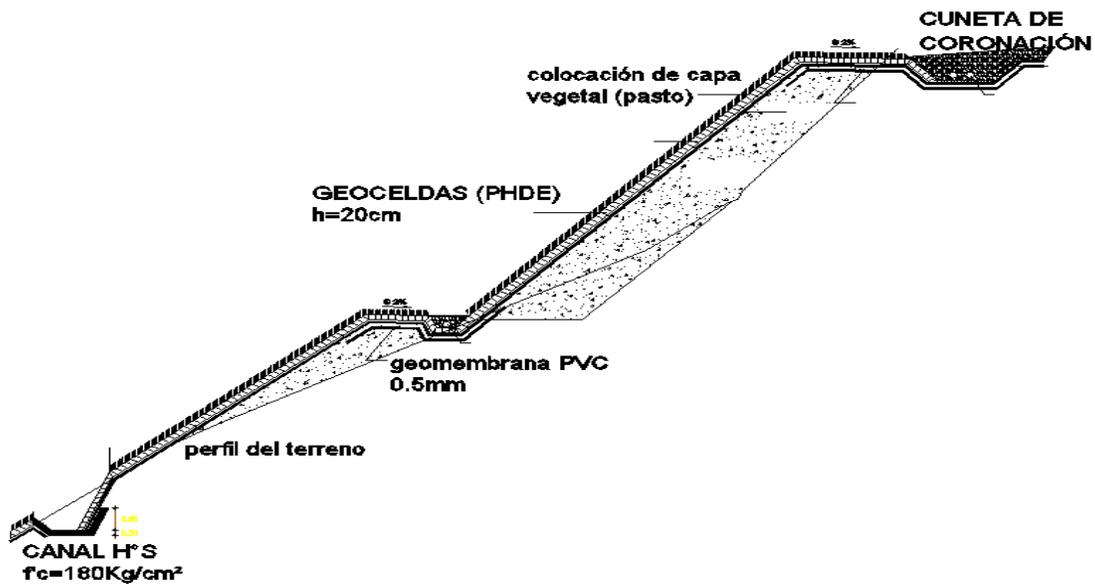


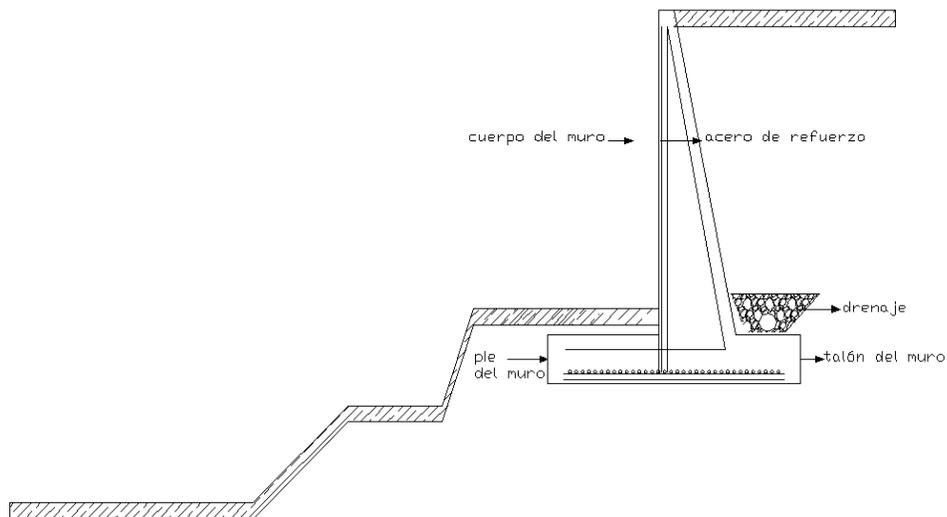
FIG. 32.- COLOCACIÓN GEOELDAS

4.5.2. MURO EN VOLADIZO

Otro sistema que se analizó y diseñó fue el de un muro en voladizo, para el análisis de este muro de contención primeramente se hizo el proporcionamiento del muro y así revisar las dimensiones de prueba para la estabilidad del muro (*Ver anexo 1 análisis de estabilidad de un muro en voladizo*); si las dimensiones de prueba dan resultados no deseados se hace un nuevo dimensionamiento, es por eso que al momento de realizar los cálculos de estabilidad se nos dificultó, siendo así que tuvimos dimensiones del muro muy grandes al momento de revisar los factores de seguridad como son:

- Factor de seguridad contra volteo
- Factor de seguridad contra deslizamiento
- Factor de seguridad contra la falla por capacidad de carga

Por lo que se decidió no realizar este sistema, primero porque el tipo de suelo según los ensayos realizados (*Ver anexo 2 Estudio de suelos*) la capacidad portante del suelo no cumple con los del diseño de este muro de soportar mucha carga de una estructura, además las bermas eran muy pequeñas y las dimensiones de la zapata eran mayores, en específico el talón del muro ya que para la cimentación se necesitaba hacer un corte más profundo y lo mismo que en el método de tierra armada por problemas de impacto social con la comunidad, en donde los dueños de los solares de la parte alta del talud en específico no se permitió realizar este tipo de muro.



Además en el aspecto económico es más costoso que el sistema de tierra armada y el sistema de vigas y columnas el cual detallamos a continuación.

4.5.3. SISTEMA VIGAS Y COLUMNAS

Siempre debemos tomar en cuenta cosas muy importantes a la hora de construcción de la obra tanto que nos brinde seguridad así como que la obra resulte lo más económica posible, debemos tener muy en cuenta el método a utilizar así como los materiales que vamos a utilizar.

Esto nos ayudará a tener un diseño eficiente, por lo que debemos ir poco a poco para después no tener que afrontar grandes gastos económicos a la hora de tratar de mantener o en algunos de los casos reconstruir la estructura de estabilización.

El sistema que se utilizó para estabilizar el talud de la Av. Loja de la ciudad de Cariamanga es el sistema de vigas y columnas, por lo que se lo analizó con el software GEO5, mediante el cual vamos a determinar si esta estructura estabiliza el terreno donde la pendiente es muy grande.

4.5.3.1. ANÁLISIS CON EL SOFTWARE GEO5

GEO5 es un paquete de *software desarrollado especialmente para resolver problemas de geotecnia* empleando métodos analíticos basados en las teorías clásicas de la mecánica del suelo, de rocas y elementos finitos.

Las principales ventajas de GEO5 son: una interfaz de usuario sencilla y elegante que hace muy fácil su utilización, una gran velocidad de procesamiento de datos y su capacidad de adaptarse a las múltiples necesidades de nuestros clientes; desde el usuario que sólo requiere cálculos sencillos hasta el usuario avanzado que necesita un paquete completo e integrado (*Ver anexo 5 Análisis con el programa GEO5*).

Primeramente se debe ingresar la información del proyecto y del talud a estabilizar.

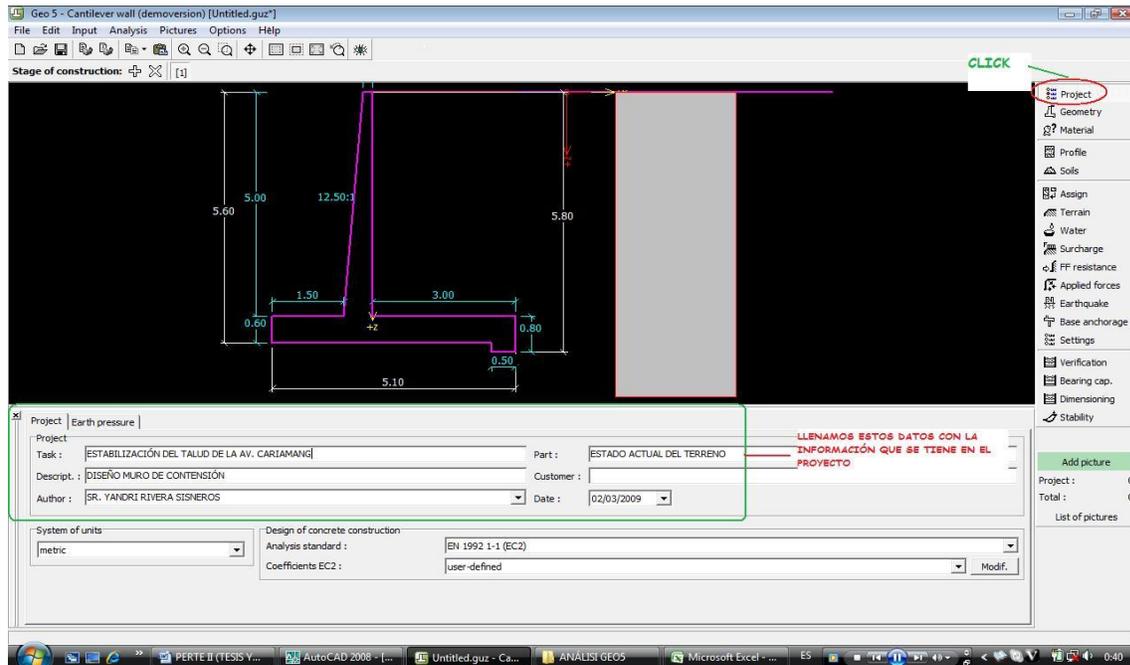


FIG. 34.- DATOS DEL PROYECTO

Haciendo click en **geometry** escogemos la geometría del muro que se va a utilizar para estabilizar el talud, diseñándolo con las medidas que tenemos en los planos como por ejemplo altura del muro y medidas de la cimentación y ancho del muro.

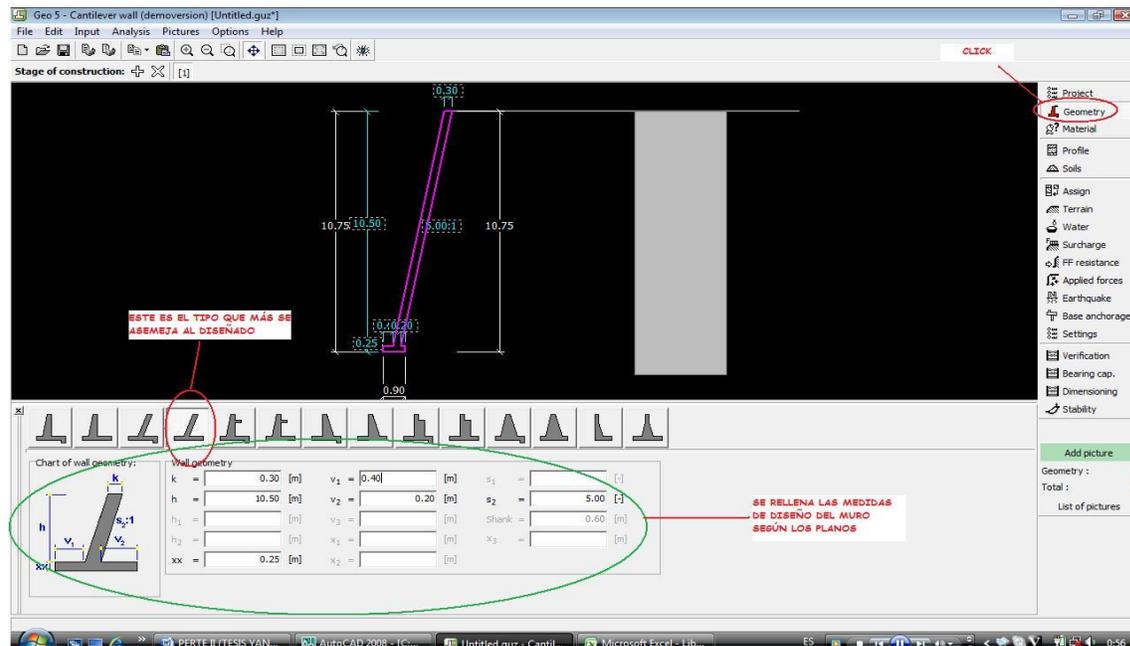


FIG. 35.- GEOMETRÍA DEL MURO

A continuación hacemos click en **material** en donde se va a registrar el valor del peso específico del muro en KN/m³, utilizando un valor de 17 KN/m³ peso específico del suelo se utilizó este valor debido a que el muro no es de concreto en su totalidad por lo que no se registró el peso específico del concreto.

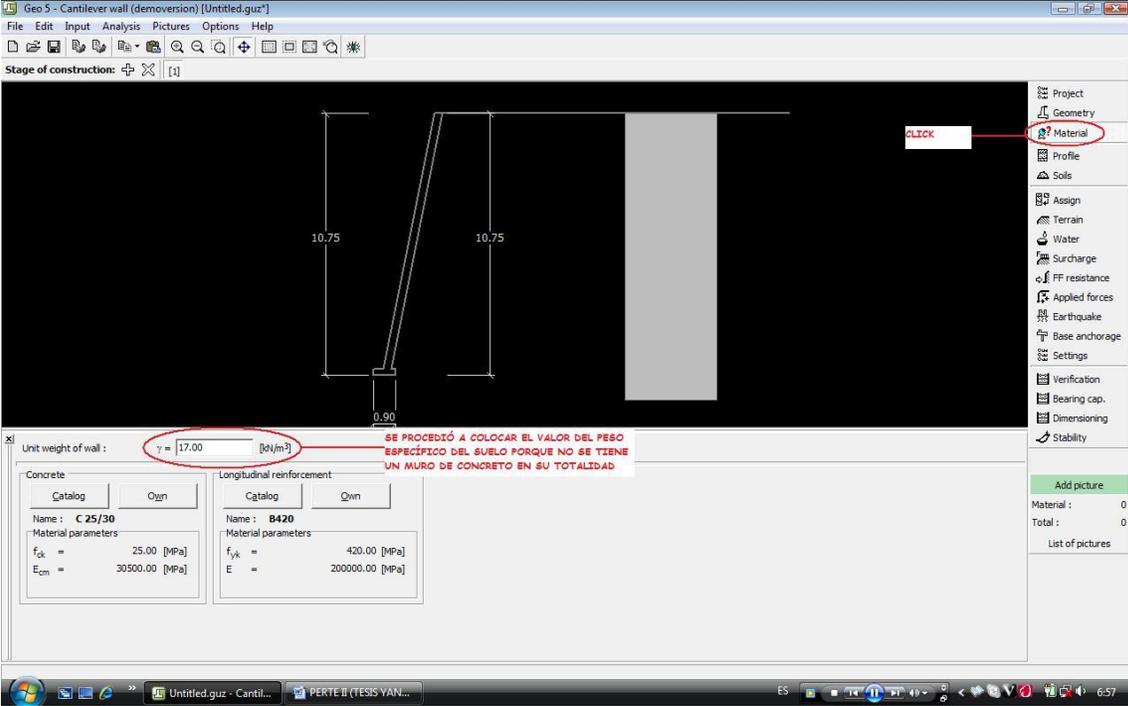


FIG. 36.- PESO ESPECÍFICO DEL MURO

Haciendo click en **profile** procedemos a registrar los valores de los espesores de tipo de suelo que se encontró al realizar el ensayo de penetración estándar (SPT) los cuales se detallan a continuación.

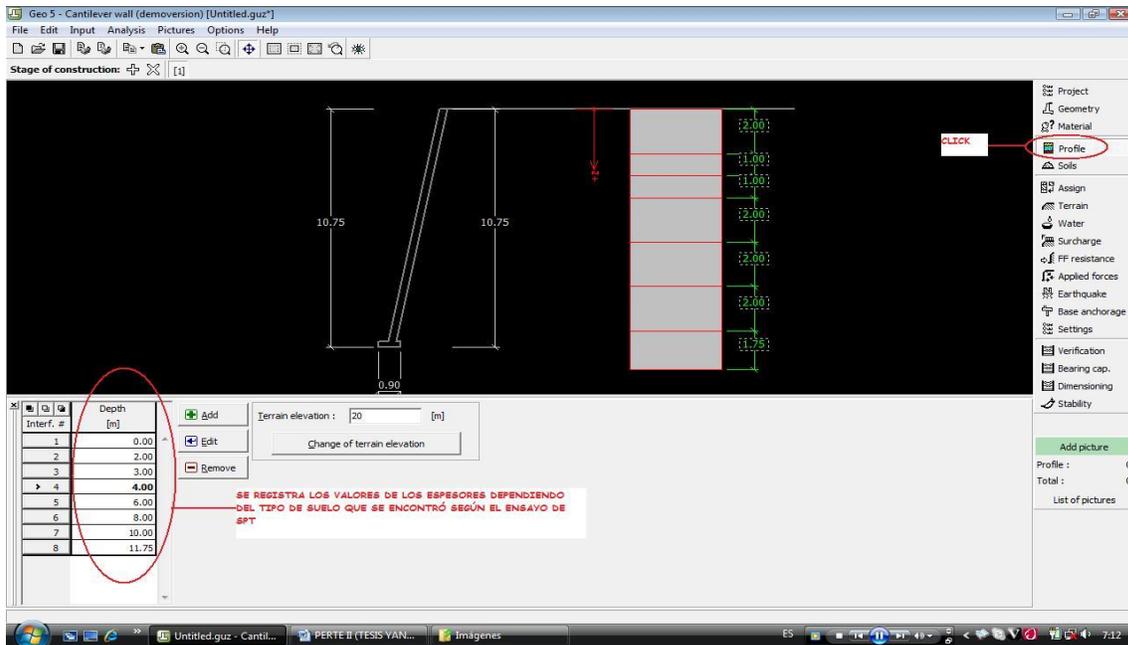


FIG. 37.- REGISTROS DE LOS ESPESORES DEL SUELO

Haciendo click en soils se ingresa la clasificación de suelos según los estratos encontrados al realizar el ensayo y por la clasificación hecha en el laboratorio, ángulo de fricción, peso específico del suelo, peso específico del suelo saturado, cohesión del suelo.

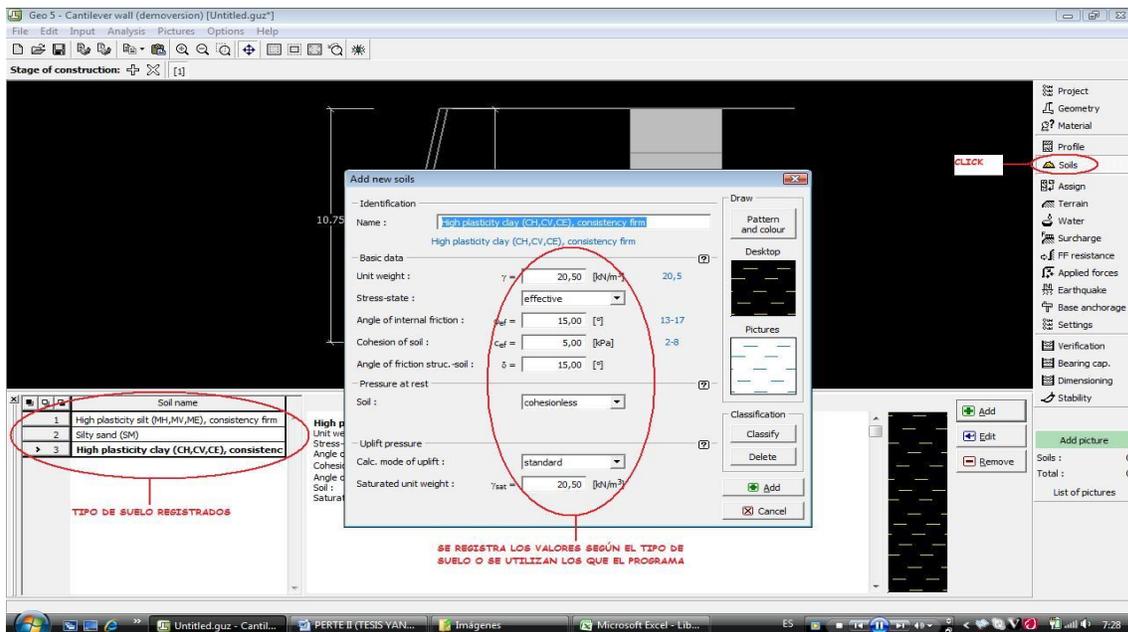


FIG. 38.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Luego de realizar la clasificación de los suelos se hace click en **Assign**, donde se procede a asignar el tipo de suelo a los diferentes perfiles que se tiene.

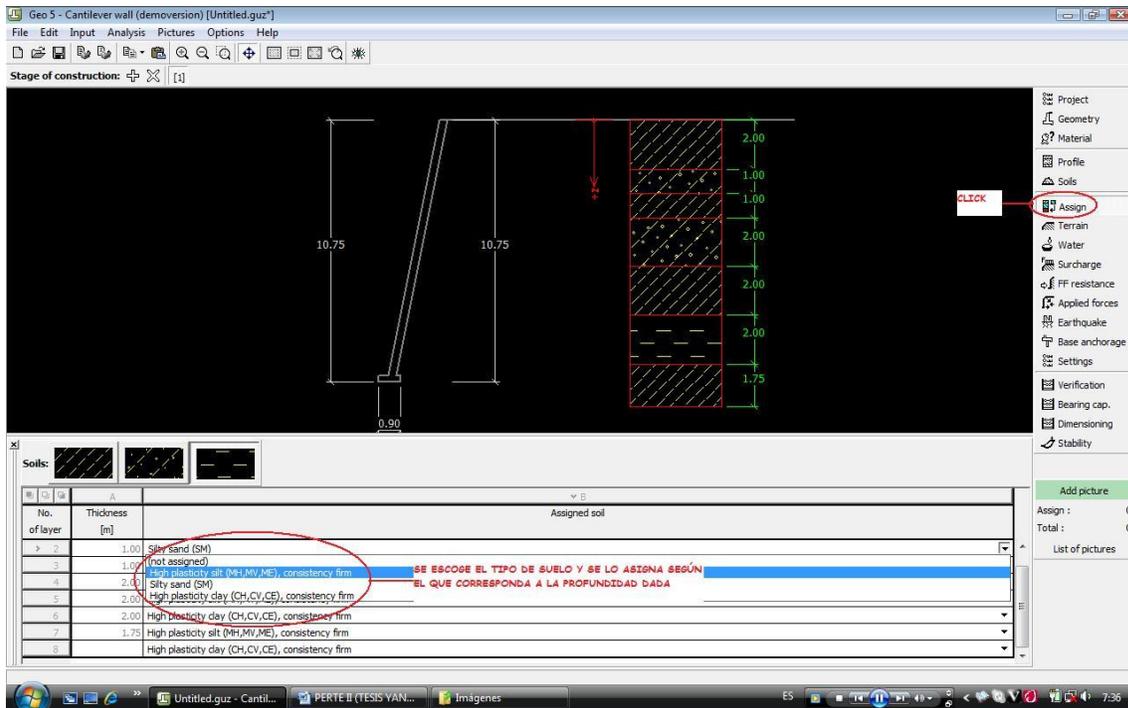


FIG. 39.- ASIGNACIÓN DE TIPO DE SUELOS

Haciendo click en **Terrain** procedemos a seleccionar el tipo de terreno que se tiene en la corona del talud.

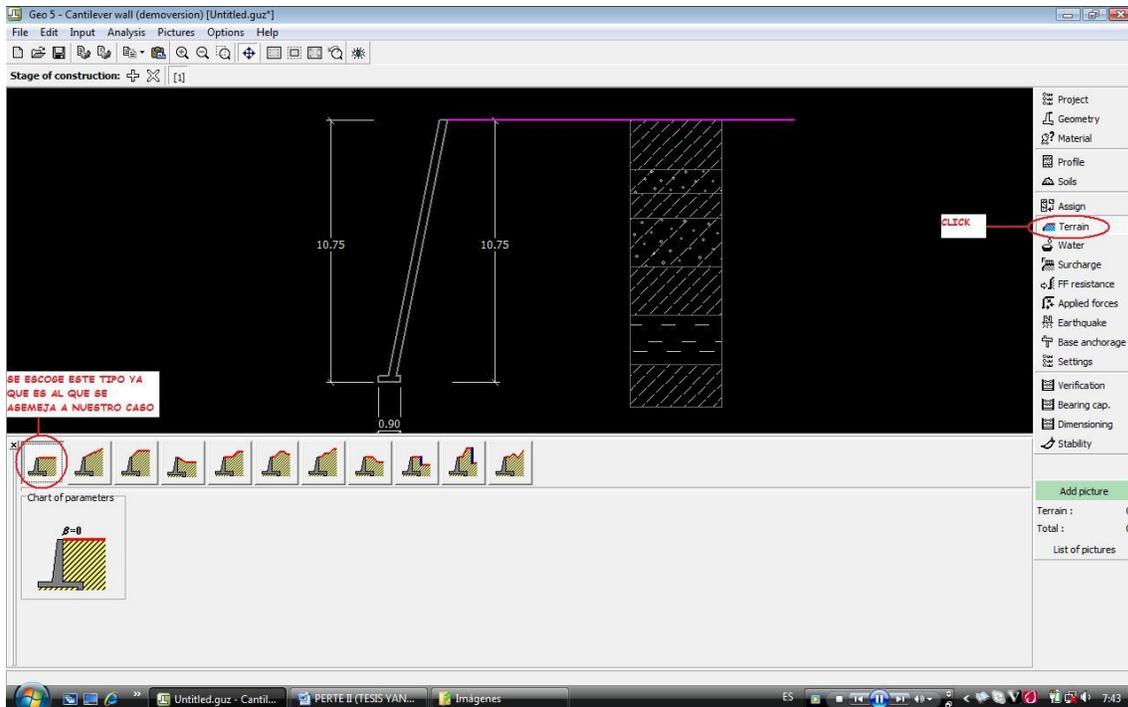


FIG. 40.- TIPO DEL TERRENO ARRIBA DEL MURO

Los siguientes valores después del tipo de terreno que se tiene como presencia de nivel freático cargas aplicadas al suelo, fuerzas aplicadas, sismos, anclajes en la

cimentación se los ingresa si existieran, luego se hará click en el botón ANALISIS para colocar el círculo de falla el método que se aplicará para el análisis de estabilidad del muro.

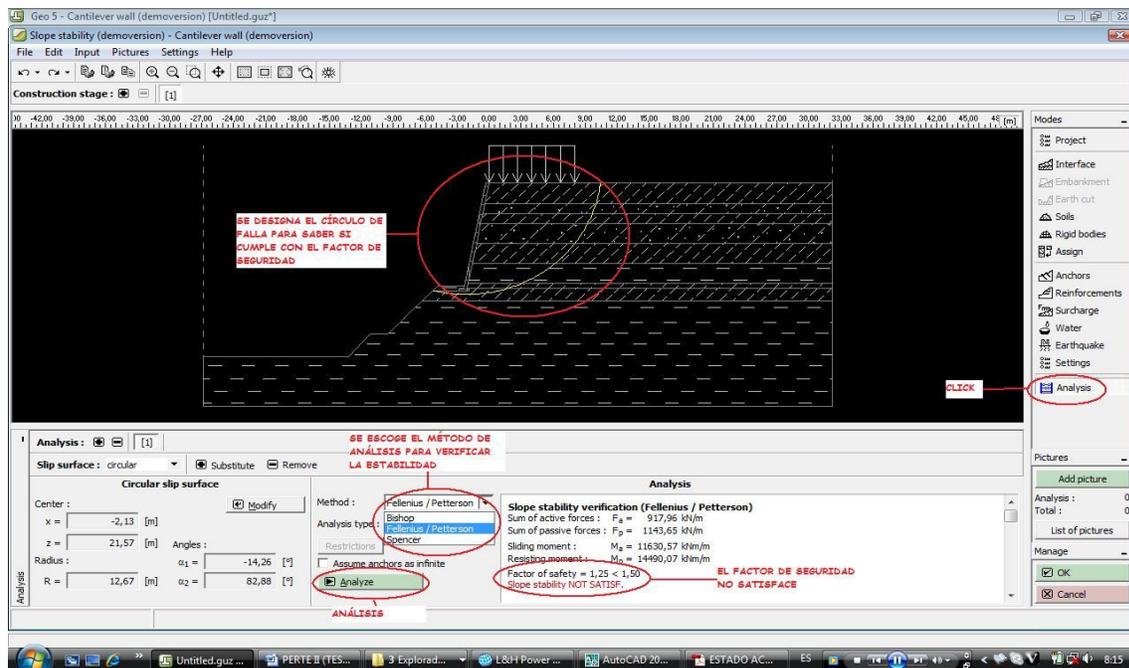


FIG. 41.- ANÁLISIS SEGÚN EL MÉTODO DE BISHOP DEL MURO DISEÑADO

Luego de esto si no cumple con el factor seguridad procedemos a colocar los anclajes al muro para sujetar y estabilizar el mismo haciendo click en **anchors**.

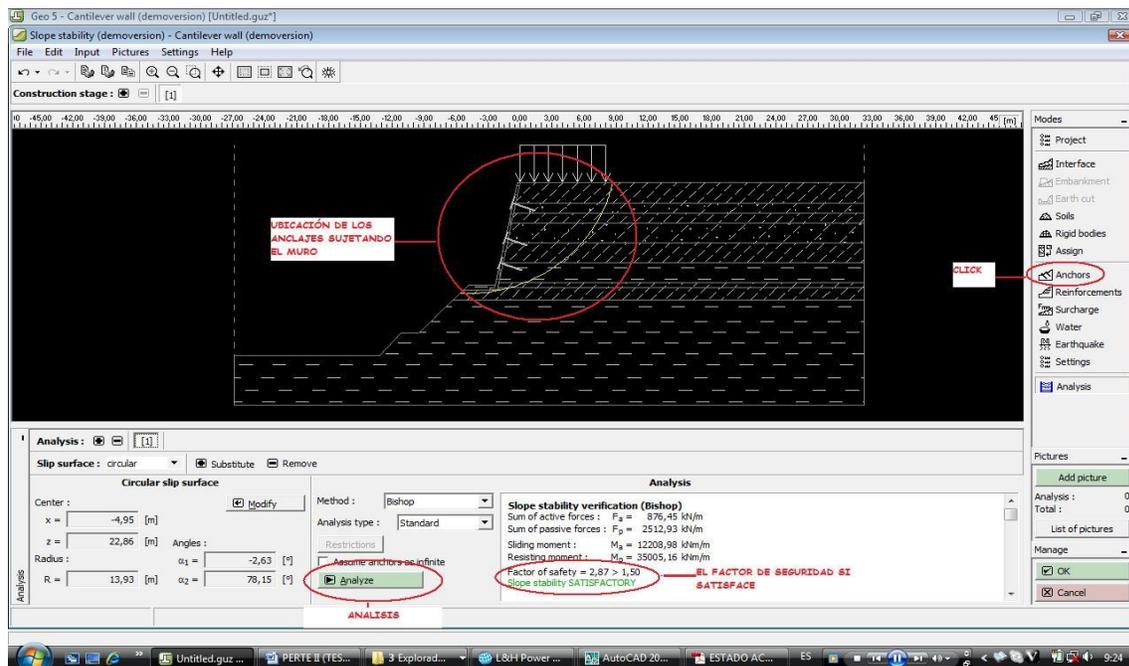


FIG. 42.- ANÁLISIS SATISFACTORIO DEL TALUD CON ANCLAJES

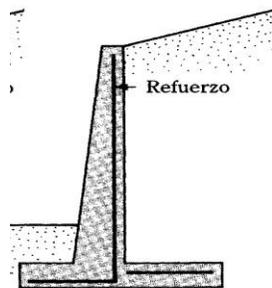
4.6. VENTAJAS DE LOS MÉTODOS ANALIZADOS

Después de haber realizado la presente investigación acerca de métodos de estabilización, vemos que existe gran diferencia en la aplicabilidad de los diferentes métodos de estabilización tanto tipo técnico, práctico y económico que se torna como una razón justificable en nuestro medio.

Por esto queremos enunciar las ventajas que presentan las diferentes técnicas constructivas, mediante las cuales se podrá tomar una decisión al momento de realizar un obra.

4.6.1. Ventajas Tipo Técnico

Se hizo un análisis preliminar para saber si se podía realizar un muro en voladizo pero al momento de diseñar el muro las dimensiones tanto del cuerpo del muro como de la cimentación era muy grande por lo que no se lo realizó porque esta clase de muros lleva gran cantidad de hormigón así como acero de refuerzo.



(c) Muro en voladizo

FIG. 43.- MURO EN VOLADIZO

Además la berma donde iba a construirse es de una longitud pequeña además estas obras son de gran peso por lo que el suelo no soportaría y se podría tener las diferentes fallas en los muros de contención:

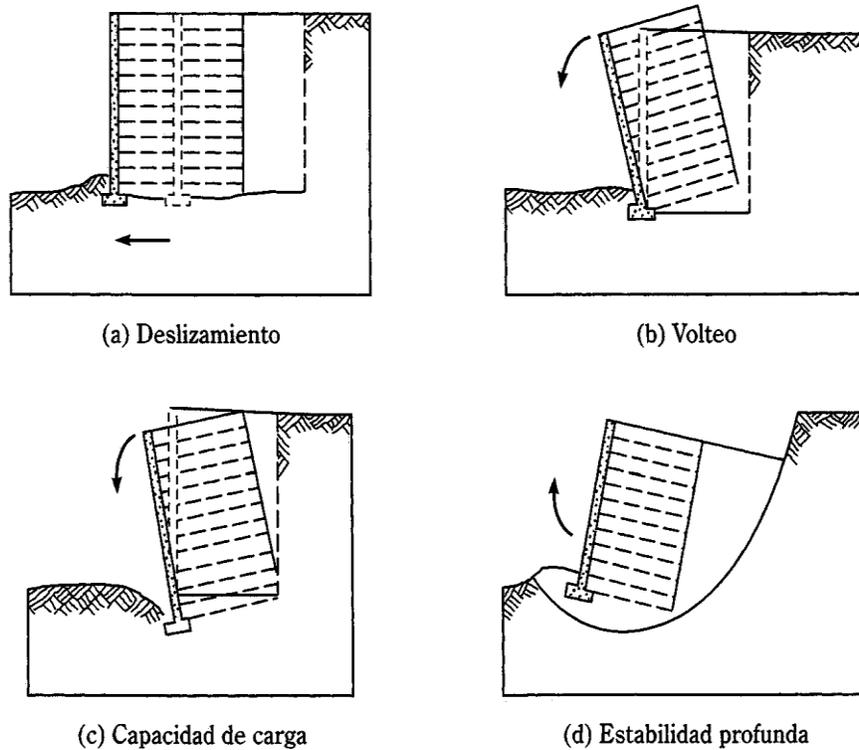


FIG. 44.- TIPO DE FALLAS DEL MURO

También se diseñó una estructura de tierra armada pero en el aspecto técnico constructivo no se pudo realizar porque al momento de compactar por la pendiente de la parte superior del talud se lo debía realizar con un sapo mecánico pero por medio de la fiscalización se pedía que tenía que cumplir en un 95% de la densidad óptima. Además se presentó un problema que el sitio no se tenía el material adecuado para realizar la compactación solo una mina cercana pero al momento que se hizo una prueba de resistencia a los sulfatos, presentaba gran disgregación de las partículas, por lo que se requería llevar material de mejoramiento del Río Boquerón de la ciudad de Catamayo ocasionando gran costo en cuanto a transporte de material de mejoramiento.

La estructura de tierra armada se adapta a cualquier tipo de cimentación difícil y suprime las costosas cimentaciones profundas, cumple un excelente comportamiento frente a asentamientos importantes, debido a la flexibilidad de la tierra armada.

Este tipo de estructura es muy recomendada en taludes de pendiente baja y en donde el terreno no sea de baja rotura física en el sentido geotécnico de la palabra.

En el aspecto estético es posible alcanzar aspectos arquitectónicos muy decorativos debido a la existencia de diferentes clases de geoceldas, geotextiles que permiten una siembra de una capa vegetal decorando así el muro.

El método de vigas y columnas es una estructura que suprime a un muro de contención evitando así en gran cantidad la utilización de hormigón y acero de refuerzo ya que trabaja a manera de un pórtico que consta de columnas longitudinales y vigas transversales, en el aspecto técnico se recomienda no poner mucho peso a la berma por lo que se decidió colocar un relleno de piedra pómez en los espacios entre viga y columna, además en la parte posterior del pórtico se colocó una ligera capa de material de mejoramiento y una geomalla para evacuar las aguas tanto desde la corona del talud como las que van a recorrer el cuerpo del talud para evacuarlas por medio de un dren ubicado en la parte del pie del muro.

4.6.2. Aspectos Tipo Prácticos

Un muro en voladizo es muy complicado en su realización además que es una obra de gran dimensión, por motivos de que se tiene que colocar encofrados los materiales deben ser transportados de distancias considerables, este tipo no se recomienda por que el suelo es de muy poca capacidad portante.

La estructura de tierra armada es simple y rápida no necesita de andamios pues se va trabajando sobre la última capa compactada. Además se elimina por completo encofrados y armaduras complicadas.

Se suprime los revestimientos “in situ” habiendo solo obras de fábrica, montaje y movimientos de tierra.

El sistema de vigas y columnas es un método que se lo va realizando paso a paso ya que cada nivel es diferente al siguiente y es un proceso continuo para proseguir con el segundo nivel se debe haber culminado el primero, durante la ejecución de esta obra se tuvo mucho cuidado con el manejo de la humedad ya que se controló en su mayoría las aguas existentes en el sitio y de esto dependió mucho la estabilidad de la obra y la construcción de la misma.

4.6.3. Aspecto Tipo Económico

Los muros en voladizo son muy costosos en cuanto a rubros se refieren ya que se necesita gran cantidad de concreto y por ende los materiales que a este lo constituyen como son arena, grava y cemento, además son obras de gran peso por lo que se debe hacer cimentaciones profundas de dimensiones considerables.

El costo de una obra de tierra armada es inferior al de una obra clásica, siendo la diferencia más importante cuanto mayor es la altura, siendo así de que esta obra no necesita de cimentaciones acortando así el presupuesto en cuanto a costo de la obra.

El sistema de vigas y columnas en cuanto a lo económico es menos costoso que el muro en voladizo ya que no se requiere gran cantidad de hormigón para la ejecución de la misma lo que si se tuvo un gasto es en la compra y colocación de materiales protectores como geomallas y geotextiles.

Luego de realizar un presupuesto referencial de los tres métodos que se pueden aplicar se ha concluido que el método más económico es el de tierra armada y el más costoso es el muro en voladizo por la cantidad de hormigón y acero de refuerzo que lleva. (Ver Anexo 4 presupuestos referenciales)



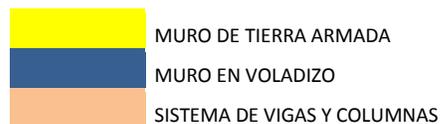


FIG. 45.- COMPARACIÓN ECONÓMICA

4.7. Obra de estabilización y construcción de la misma.

Todo debe ir paso a paso por secuencias para diseñar un muro o una estructura confiable y segura, así mismo se debe tener en cuenta los gastos que esta afrontará y manejo del terreno el cual se estabilizará, para lo cual en mi investigación se ha decidido diseñar un muro compuesto de vigas y columnas a tipo de pórtico, la cual va a constar en columnas en forma vertical así como vigas en forma horizontal, además compuesta de un cimentación así como de anclajes adheridos al terreno, este método ha sido diseñado para soportar varios tipos de carga tanto en el periodo de construcción así como de servicio.

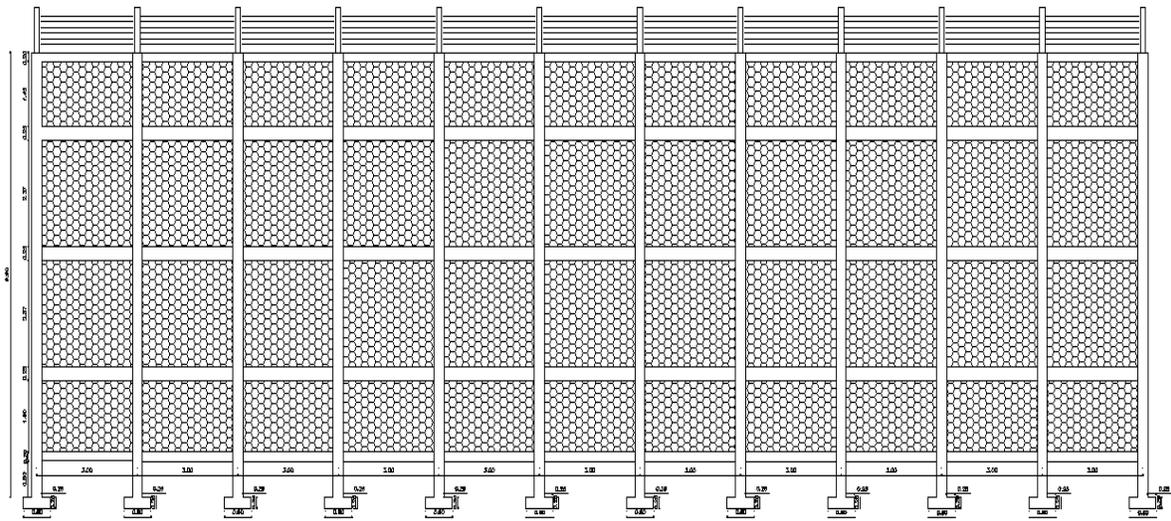


FIG. 46.- VISTA FRONTAL DEL MURO DE VIGAS Y COLUMNAS

Este es el método que se utilizó para estabilizar el talud de la Ciudad de Cariamanga, por lo que lo vamos a detallar paso a paso el sistema constructivo del mismo para luego poder compararlo con el método anterior que es el de tierra armada para saber en que se diferencian y cual es conveniente tanto en lo económico como en lo técnico.

4.7.1. Protección, limpieza y conformación del talud a estabilizar

Primeramente se procedió a cubrir la parte alta del talud donde se tenía una pendiente considerable para evitar que el suelo se sature y se presenten nuevos deslizamientos, se utilizó un plástico resistente hasta que se decida que método de estabilización se aplica.



FOTO 2 Y 3.- RECUBRIMIENTO DE LA PARTE ALTA DEL TALUD

Antes de empezar a realizar lo que es el diseño y el resto de obras para la construcción de la estructura que contendrá el suelo en la parte alta del talud nos hemos visto en la necesidad de empezar nivelando para tener los perfiles topográficos y poder saber con las pendientes que contamos, además si es factible el desalojo del material o se lo compactará.



FOTO 4 Y 5.- LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TALUD DE LA AV. LOJA

Con la ayuda de maquinaria pesada se procedió a realizar el desalojo del material suelto deslizado el cual había sido producto de varios deslizamientos debido a la temporada invernal pasada.



FOTO 6 Y 7.- DESALOJO DE MATERIAL SUELTO

En la parte baja o pie del talud se procedió a realizar terrazas para evitar una inclinación muy fuerte a la pendiente del talud, y así poder soportar la estructura que se realizará en la berma del nivel superior.



FOTO 8 Y 9.- CONSTRUCCIÓN DE TERRAZAS EN EL TALUD

Se realizó estos canales con la finalidad de ubicar drenajes en el pie de cada berma y evitar que los suelos se saturen de agua para no tener futuros deslizamientos.



FOTO 10 Y 11.- ELABORACIÓN DE CANALES PARA EVACUAR EL AGUA

4.7.2. Construcción de obras complementarias

La construcción de estos pozos se los hizo con la finalidad de evacuar las aguas filtrantes de la parte superior del talud y los recolectados por los drenajes que se realizarán en el pie de cada berma y conducirlos a la parte baja del talud donde se los evacuará al sistema de aguas lluvias del sector.



FOTO 12 Y 13.- CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE REVISIÓN PARA EVACUAR AGUAS FILTRANTES

Se colocó un geotextil el cual cubre el ancho de las terrazas, además se colocó este material en las zanjas para que dentro de el se pueda colocar un material de mejoramiento el cual cubre una tubería que va a trabajar como un dren y así transportar las aguas a los pozos de revisión para su respectiva evacuación.



FOTO 14 Y 15.- ELABORACIÓN DE DRENAJES PARA EVACUAR AGUAS FILTRANTES

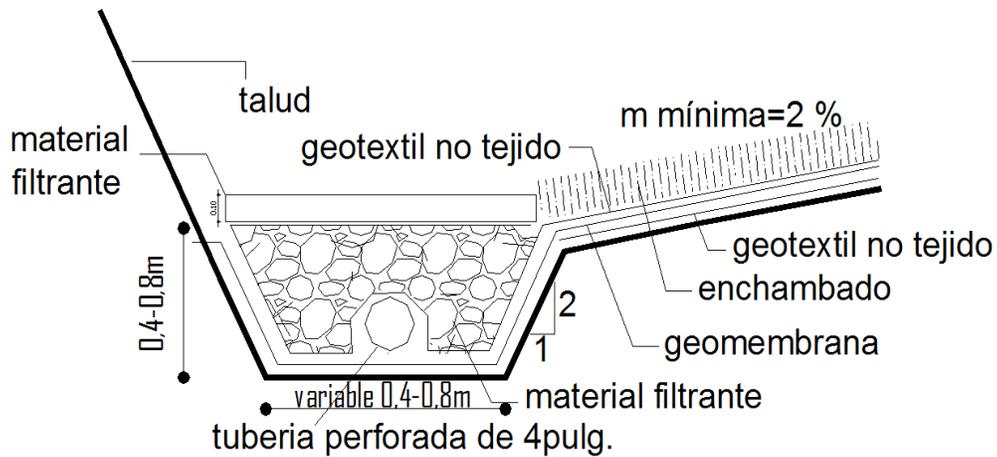


FIG. 47.- DETALLE DEL DRENAJE

Se colocó una capa vegetal en cada berma o terraza para ayudar a la estabilización de las mismas la finalidad de esta cubierta es tratar de que el enchambado que se realice logre brotar y así se puedan adherirse al suelo para darle una fuerza más ante posibles deslizamientos.



FOTO 16 Y 17.- SIEMBRA DE UNA CAPA VEGETAL EN LAS BERMAS

6.4.3. Construcción y fundición de estructura

Luego de tener las terrazas en su mayoría cubiertas con el geotextil y la geomembrana y haber colocado el drenaje se procedió a la elaboración de los plintos para empezar el armado de la estructura en la berma superior y donde se tiene una considerable pendiente del talud.



FOTO 18 Y 19.- EXCAVACIÓN PARA PLINTOS

Al momento de fundir los plintos o la cimentación se procedió a fundir en forma inclinada por el diseño del muro, se procedió a fundir solo 25 cm. Para luego salir con la columna en si encofrada con tubería de 30 cm de diámetro.



FOTO 20 Y 21.- FUNDICIÓN DE PLINTOS

Se procede al armado y fundición de las vigas en la parte inferior las cuales van asentadas en suelo natural y amarrado en la columna.



FOTO 22 Y 23.- ARMADO Y FUNDICIÓN DE CADENAS

Luego de la fundición de las vigas se procedió a la fundición de las columnas, la mezcla de hormigón se la debió colocar desde la parte superior de las columnas ya que la tubería actuaba a manera de encofrado y no se podía hacerlo de otra forma.



FOTO 24 Y 25.- ARMADO Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS

4.7.3. Protección y armado de la estructura

Se colocó el geotextil y la geomembrana con la finalidad de proteger de la humedad la parte de las cimentaciones del muro y transportarla a los drenes para su evacuación, evitando saturación del suelo causantes de deslizamientos y asentamientos.

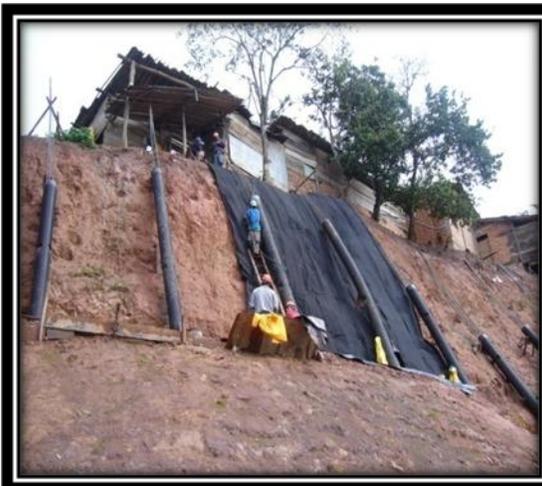


FOTO 26, 27, 28 Y 29.- COLOCACIÓN DE LA GEOMANTA Y GEOMALLA EN LA SUPERFICIE DEL TALUD
Se procedió a soldar un tubo galvanizado en toda la longitud de las columnas para en lo posterior soldar y colocar una malla de acero inoxidable la cual va a sostener los sacos de material orgánico y posteriormente un capa vegetal.



FOTO 30 Y 31.- COLOCACIÓN DE TUBO GALVANIZADO

Se procedió a soldar la malla de acero inoxidable para en lo posterior sostener los sacos de suelo orgánico los cuales irán detrás de esta malla.



FOTO 32 Y 33.- COLOCACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA

Según el diseño los cables se los colocará en la primera celda del pórtico desde la parte baja, en la segunda y en la tercera para lo cual se perforó el talud con el uso de una posteadora y se procedió a anclar las columnas.



FOTO 34 Y 35.- PERFORACIÓN Y COLOCACIÓN DE ANCLAJES

Se procedió según el diseño a colocar el material orgánico acomodados uno encima de otro dejando en la parte de atrás un espacio para colocar material de mejoramiento para drenaje.



FOTO 36 Y 37.- COLOCACIÓN DE SACOS RELLENOS DE MATERIAL ORGÁNICO

Cabe recalcar que solo en el primer nivel se colocó suelo orgánico del segundo nivel en adelante se colocará piedra pómez para alivianar el peso del muro.

Se procedió a rellenar con material de mejoramiento para que funcione como dren y evacue las aguas de la parte alta del talud al drenaje que se encuentra en el pie del talud.





FOTO 38, 39 Y 40.- RELLENO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO

Ya con la capa vegetal la cual se ha adaptado se colocará una geomalla de refuerzo para ayudar al cuerpo de la terraza y no se produzca deslizamientos.



FOTO 41 Y 42.- COLOCACIÓN DE GEOMALLA PARA REFUERZO DE BERMAS

Ya concluido con la puesta del material de mejoramiento así como de los sacos de material orgánico se procederá a armar las vigas y con la respectiva fundición en conjunto con el siguiente nivel de las columnas.



FOTO 43 Y 44.- ARMADO Y FUNDICIÓN DE VIGAS DEL SEGUNDO NIVEL



FOTO 45 Y 46.- ARMADO Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL



FOTO 47 Y 48.- CONFORMACIÓN DE LA OBRA

4.7.4. Construcción de cuneta de coronación

También se procedió a hacer una cuneta de coronación, la cual transportará las aguas lluvias en la corona del talud para por medio de un canal depositarlas en la parte baja del mismo.



FOTO 49 Y 50.- CONSTRUCCIÓN DE LA CUNETTA DE CORONACIÓN

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Con la realización de esta investigación se ha llegado a concluir que en nuestro medio el Arte de la ingeniería geotécnica carece de conocimientos para la realización de estructuras poco conocidas, para la estabilización de taludes que ayudan a tener obras muy bien diseñadas y a la vez económicas.
- Al hacer el análisis económico de lo que costaría cada obra se dedujo que la más económica es el método de tierra armada ya que no se utiliza hormigón ni acero de refuerzo para su construcción, en nuestra obra no se la realizó debido a que la pendiente de la parte superior era de gran pendiente y se dificultaba la compactación del material de mejoramiento.
- Los estudios in situ y la clasificación manual - visual de los materiales que afloran en los sitios de estudio y los ensayos de laboratorio nos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ayuda a conocer las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes tipos de suelos, que servirán para el diseño del talud.

- Después de realizar la estabilización del talud se debe dar un monitoreo correcto del mismo, para saber si las obras de arte realizadas están cumpliendo con el objetivo para lo cual fueron diseñadas.
- En estabilidad de taludes se debe tener en cuenta factores muy importantes que afectan a la resistencia al corte de los suelos, nivel freático, tipo de materiales, factores hidrológicos, intensidad de lluvias, factores dinámicos etc.
- Al momento de enfrentar cualquier obra de estabilización y diseñar la estructura de contención se debe tener en cuenta tres factores como lo son: la seguridad, funcionalidad y la economía.
- En nuestra provincia las condiciones geológicas son muy diversas por lo que se debe tener mucho cuidado al realizar los análisis y diseños de estabilización ya que los riesgos son muy altos.
- Una vez que se ha estudiado el talud y se hayan definido los niveles de riesgos que se pueden tener, los mecanismos por los cuales puede fallar un talud y analizar los factores de equilibrio, se puede llegar a la parte final que es el diseño del sistema de estabilización.

5.2. Recomendaciones

- Al momento de empezar el estudio y diseño de la estabilidad se recomienda una revisión de la información ya que puede existir información no recolectada que puede ser vital en el análisis.
- Esta investigación sirva para seguir con el estudio y análisis en lo referente a estabilización de taludes y proyectarnos a encontrar nuevas técnicas de estabilización y nuevos materiales para colocar en obra.

- Al momento de hacer cortes en los taludes se debe tener en cuenta y cuidado ya que no se debe tener pendientes altas, tratar de que en el pie del talud se mantenga en la mayoría el material propio con pendientes bajas.
- El sistema de drenaje debe tener un mantenimiento adecuado para que cumpla satisfactoriamente y no ocasionen problemas de saturación del suelo y por ende deslizamientos.
- Tratar en lo posible usar materiales livianos para no colocar mucho peso al talud en nuestro caso se utilizó sacos rellenos de piedra pómez los cuales fueron ubicados en cada espacio de las vigas y columnas.

LISTA DE REFERENCIAS

- Braja M. Das 1999, "Principios de Ingeniería de Cimentaciones", quinta edición.
- CEC 2000, "Código Ecuatoriano de la construcción Requisitos Generales de Diseño", INEN, Quito Ecuador.
- Suárez Díaz Jaime, "Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales", 1998, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- (Ref.: Jamiel Kowski y otros, "New correlations of penetration tests for design practice" Penetration testing, 1988 ISOPT-1, Balkema, 1988).
- (Ref.: Braja Das. "Principios de ingeniería de cimentaciones", Thomson Editores, México, 1999).
- Luna Julio, León Juan F. "Tierra Armada", 1988, Tesis de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.
- Cheng Liu Jack B. Evett, 2004, "Soil and Foundations", Sixth Edition.
- Software GEO ESTUDIO 2007 versión demo módulo estabilidad de taludes.

- Software GEO 5, [Geo 5 - Cantilever wall (demoverion) | version 5.8.11.0 | Copyright (c) FINE Ltd. 2008 | www.finesoftware.eu]
- Software GEO 5, [Geo 5 - Slope stability (demoverion) | version 5.8.11.0 | Copyright (c) FINE Ltd. 2008 | www.finesoftware.eu]
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

TABLA DE CONTENIDOS

		pag.
	CAPÍTULO I	
1.	Descripción general del proyecto	2
1.1.	Introducción	2
1.2.	Problemática	2
1.3.	Justificación del proyecto	3
1.4.	Objetivos	4
1.5.	Alcance	4
	CAPÍTULO II	
2.	Desarrollo del marco teórico	7
2.1.	Descripción general	7
2.2.	Partes generales de un talud	9
2.3.	Nomenclatura de un deslizamiento	10
2.4.	Clasificación de los deslizamientos	11
2.5.	Movimientos y estado de masa	19
		xcviii

2.6.	Factores que afectan al comportamiento de un talud	24
2.7.	Parámetros geométricos	26
2.8.	Parámetros geológicos	27
2.9.	Parámetros geotécnicos	28
2.10.	Métodos y estructuras de contención	29
2.11.	Tipos de estructuras	30
CAPÍTULO III		
3.	Monitoreo de un talud	41
3.1.	Objetivos del estudio	41
3.2.	Alcance del estudio	42
3.3.	Localización del movimiento	42
3.4.	Clima	44
3.5.	Vegetación	44
3.6.	Drenaje e infiltración	44
3.7.	Niveles freáticos	45
3.8.	Características geotécnicas generales del área	45
3.9.	Investigaciones preliminares	45
3.10.	Sondeos y ensayos de campo	46
3.11.	Resumen de ensayos	49
3.12.	Factores que afectaron la ocurrencia del movimiento	50
CAPÍTULO IV		
4.	Análisis y diseño de estabilización del talud	52
4.1.	Introducción	52
4.2.	Selección del tipo de estructura	53
4.3.	Criterios de comportamiento	54
4.4.	Durabilidad y mantenimiento	54
4.5.	Alternativas constructivas	54
4.6.	Ventajas de los métodos analizados	64
4.7.	Obra de estabilización y construcción de la misma	68
CAPÍTULO V		
5.	Conclusiones y recomendaciones	82
	Lista de referencias	84
	Tablas de contenidos	85
	Anexos	90

ÍNDICE DE FOTOS

N° FOTO	DESCRIPCIÓN	PAG.
1	Talud a estabilizar	43
2 y 3	Recubrimiento de la parte alta del talud de la Av. Loja	69
4 y 5	Levantamiento topográfico del talud de la Av. Loja	70
6 y 7	Desalojo de material suelto	70
8 y 9	Construcción de terrazas en el talud	71
10 y 11	Elaboración de canales para evacuar el agua	71
12 y 13	Construcción de pozos de revisión para evacuar aguas filtrantes	72
14 y 15	Elaboración de drenajes para evacuar aguas filtrantes	72

16 y 17	Siembra de capa vegetal en las bermas	73
18 y 19	Excavación para plintos	73
20 y 21	Fundición de plintos	74
22 y 23	Armado y fundición de cadenas	74
24 y 25	Armado y fundición de columnas	75
26, 27, 28 y 29	Colocación de la geomanta y geomalla en la superficie del talud	75
30 y 31	Colocación del tubo galvanizado	76
32 y 33	Colocación de malla electrosoldada	76
34 y 35	Perforación y colocación de anclajes	77
36 y 37	Colocación de sacos rellenos de material orgánico	77
38, 39 y 40	Relleno de material de mejoramiento	78
41 y 42	Colocación de geomalla para refuerzo de bermas	78
43 y 44	Armado y fundición de vigas del segundo nivel	79
45 y 46	Armado y fundición de columnas segundo nivel	79
47 y 48	Conformación de la obra	79
49 y 50	Construcción de la cuneta de coronación	80

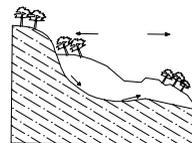
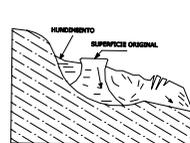
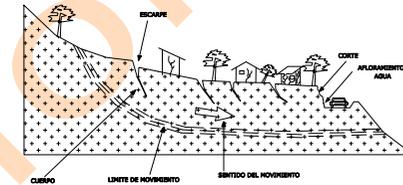
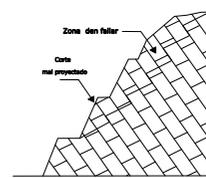
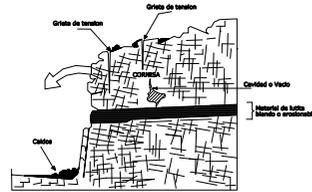
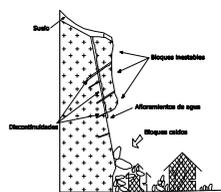
ÍNDICE DE FIGURAS

N° FIGURA	DESCRIPCIÓN	PAG.
1	Partes de un talud	9
2	Nomenclatura de un deslizamiento	10
3	Deslizamiento por caído	12
4	Volteo o inclinación en materiales residuales	13
5	Proceso de falla al volteo	14
6	Deslizamiento en suelos blandos	15

7	Deslizamiento rotacional típico	16
8	Efectos de la estructura en la formación de deslizamientos a rotación	17
9	Flujos de diferentes velocidades	18
10	Estilo de los deslizamientos	23
11	Deslizamiento retrogresivos	24
12	Muro de concreto armado	31
13	Muro de concreto simple	31
14	Muro de hormigón ciclópeo	32
15	Muro de gaviones	33
16	Muro de cribas	34
17	Muro armado de llantas	35
18	Muros de tierra armada	35
19	Estructuras ancladas	36
20	Muros anclados	37
21	Muro con tablestacas	38
22	Pilas de hormigón	38
23	Pilotes de hormigón	39
24	Localización del deslizamiento	43
25	Presión de tierra en reposo	52
26	Presión activa de tierra	53
27	Presión pasiva de tierra	53
28	Perfil del talud de la AV. Loja de la ciudad de Cariamanga	55
29	Cuneta de coronación	56
30	Compactación con material de mejoramiento	56
31	Colocación de geotextil	57
32	Colocación de geoceldas	57
33	Diseño de muro en voladizo	58
34	Datos del proyecto en el programa GEO5	60
35	Geometría del muro en GEO5	60
36	Peso específico del muro en GEO5	61
37	Registro de los espesores del suelo en GEO5	61
38	Clasificación del suelo en GEO5	62
39	Asignación del tipo de suelos en GEO5	62
40	Tipo de terreno arriba del muro en GEO5	63
41	Análisis según el método de Bishop del muro diseñado en GEO5	63
42	Análisis satisfactorio del talud con anclajes en GEO5	64
43	Muro en voladizo	65
44	Tipo de fallas del muro	65
45	Comparación económica	68
46	Vista frontal del muro de vigas y columnas	69

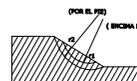
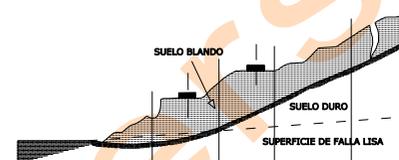
ANEXOS

Trial Version

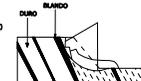


a) MOVIMIENTO DE LAS MASAS DE TIERRA

b) ORIENTACION DE LOS ARBOLES



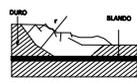
a) MATERIAL HOMOGÉNEO



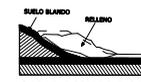
b) MATERIALES ESTRATIFICADOS INCLINADOS



c) ESTRATO DURO HORIZONTAL DEBAJO DEL MATERIAL BLANDO



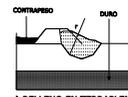
d) ESTRATO BLANDO DEBAJO DE UN ESTRATO DURO



e) RELLENO SOBRE SUELO BLANDO



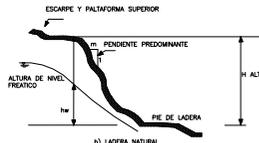
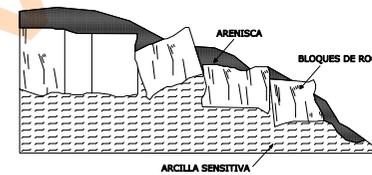
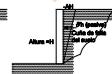
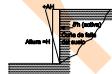
f) RELLENO SOBRE SUELO DURO



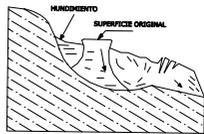
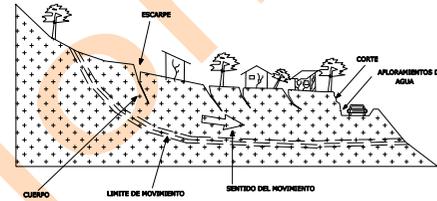
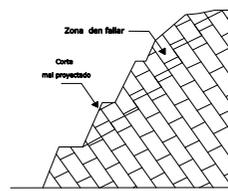
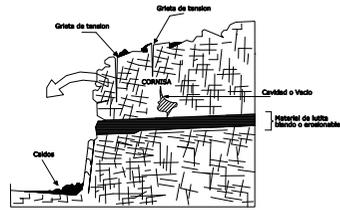
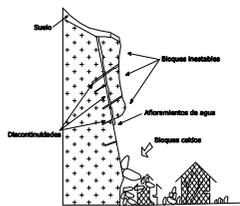
g) RELLENO EN TERRAPLEN SOBRE SUELO MUY BLANDO



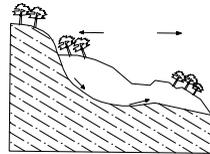
h) RELLENO EN TALUD SOBRE MATERIAL DURO



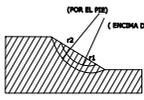
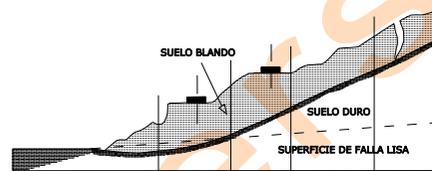
b) LADERA NATURAL



a) MOVIMIENTO DE LAS MASAS DE TIERRA



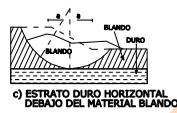
b) ORIENTACION DE LOS ARBOLES



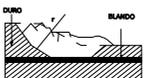
a) MATERIAL HOMOGENEO



b) MATERIALES ESTRATIFICADOS INCLINADOS



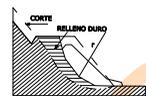
c) ESTRATO DURO HORIZONTAL DEBAJO DEL MATERIAL BLANDO



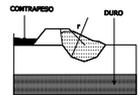
d) ESTRATO BLANDO DEBAJO DE UN ESTRATO DURO



e) RELLENO SOBRE SUELO BLANDO



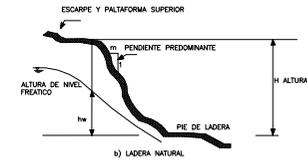
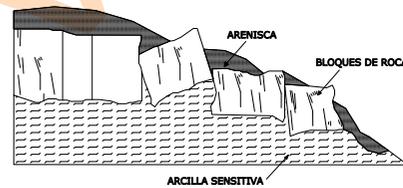
f) RELLENO SOBRE SUELO DURO



g) RELLENO EN TERRAPLEN SOBRE SUELO MUY BLANDO



h) RELLENO EN TALUD SOBRE MATERIAL DURO



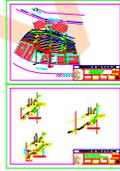
s) LADERA NATURAL

Trial Version

Trial Version

Trial Version

Trial Version



Trial Version

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 ESTABILIZACIÓN TALUD CIUDAD DE CARIAMANGA
 TESIS YANDRI RIVERA
 ESTADO ACTUAL BERMA 2



Método de las dovelas simplificado																				
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO=			17		KN/m ³															
Dovela	L _i	b _i	W _i	c	φ	φ	Y	cosY	senY	tgY	W _i cosY	W _i senY	Δl _i	σ'	σ' tg φ	τ _i	τ _i Δl _i	AREA	Li ²	
	m	m	KN	KPa	°	rad	rad				KN	KN	m	KPa	KPa	KPa	mKPa	m ²	m	
1	3,75	2,37	66	20	28	0,49	1,01	0,53	0,85	1,58	35,51	56,19	4,44	8,01	4,26	24,26	107,60	3,91		
2	4,66	1,60	87	20	28	0,49	0,52	0,87	0,49	0,57	75,36	42,86	1,84	40,94	21,77	41,77	76,89	5,10		
3	5,07	1,06	48	20	28	0,49	0,37	0,93	0,36	0,39	44,39	17,17	1,14	39,06	20,77	40,77	46,34	2,80		
4	5,39	2,13	55	20	28	0,49	0,15	0,99	0,15	0,15	54,30	8,16	2,15	25,21	13,40	33,40	71,95	3,23		
5	5,04	2,27	15	20	28	0,49	-0,15	0,99	-0,15	-0,15	15,12	-2,33	2,30	6,58	3,50	23,50	53,98	0,90		

Σ 122,05

Σ 356,75

FS 2,92

CÁLCULO Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD

DATOS:

ALTURA h:	10,5 m	0 m
ϕ :	28	
γ :	17 KN/m ³	
c' :	19,61 Kn/m ²	

PRESIÓN ACTIVA DE RANKINE

Para $\phi = 15$

$$\begin{aligned}\sqrt{K_a} &= \tan(45^\circ - \phi/2) \\ \sqrt{K_a} &= 0,601 \\ K_a &= 0,361\end{aligned}$$

Para H = 10,5

$$\begin{aligned}\rho'_{a'} &= \gamma \cdot H \cdot K_a - 2c' \cdot \sqrt{K_a} \\ \rho'_{a'} &= 40,879 \text{ Kn/m}\end{aligned}$$

Para H=0:

$$\rho'_{a'} = -23,57 \text{ Kn/m}$$

Fuerza activa antes de la ocurrencia de la grieta de tensión:

$$\begin{aligned}P_a &= ((1/2) \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a - 2c' \cdot H \cdot \sqrt{K_a}) \\ P_a &= 90,89 \text{ KN/m}\end{aligned}$$

La línea de acción de la resultante se determina tomando el momento del área de los diagramas de presión respecto a la base del muro, o sea:

$$\begin{aligned}P_a Z &= ((1/2) \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a + (6/3) - 2c' \cdot H \cdot \sqrt{K_a}) \cdot (6/2) \\ P_a Z &= -65,65\end{aligned}$$

Entonces:

$$Z = -0,72 \text{ m}$$

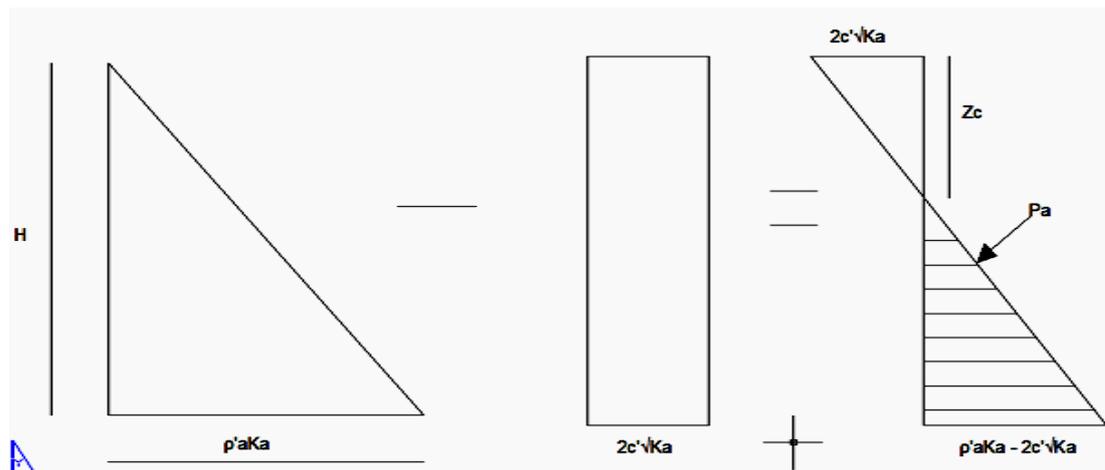
Fuerza activa después de la ocurrencia de la grieta de tensión:

$$\begin{aligned}Z_c &= (2 \cdot c') / (\gamma \cdot \sqrt{K_a}) \\ Z_c &= 3,840 \text{ m}\end{aligned}$$

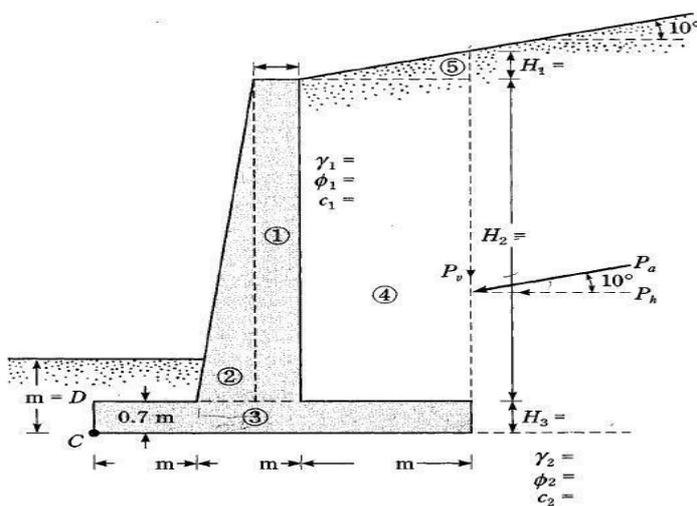
Usando la siguiente ecuación obtendremos:

$$\begin{aligned}P_a &= 1/2 \cdot (H - Z_c) \cdot (\gamma \cdot H \cdot K_a - 2c' \cdot \sqrt{K_a}) \\ P_a &= 136,135 \text{ KN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}z &= (H - Z_c) / 3 \\ z &= 2,220 \text{ m}\end{aligned}$$



CÁLCULO DE UN MURO EN VOLADIZO



DATOS:

$H_1 =$	0,060 m
$H_2 =$	8,9 m
$H_3 =$	1,15 m
$\phi =$	28°
$\gamma =$	17 KN/m ³
$c' =$	19,61 Kn/m ²
$\alpha =$	5°
$K_a =$	0,366 TABLA
$D =$	1,5 m
$\gamma_{\text{concreto}} =$	23,58 KN/m ³
$\gamma_2 =$	25 KN/m ³
$c'_2 =$	17 Kn/m ²
$\phi_2 =$	28°

$$H' = H_1 + H_2 + H_3$$

$$H' = 10,110 \text{ m}$$

La fuerza activa de rankine por unidad de longitud de muro

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H'^2 \cdot K_a$$

$$P_a = 317,982 \text{ KN/m}$$

$$P_v = P_a \cdot \text{Sen } \alpha$$

$$P_v = 27,71 \text{ KN/m}$$

$$P_h = P_a \cdot \text{Cos } \alpha$$

$$P_h = 316,77 \text{ KN/m}$$

A1	13,12
A2	18,7
A3	7
A4	5,63
A5	0,155

X1	4
X2	2,3
X3	6
X4	5,5
X5	5,6
XM	6

FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA VOLTEO

Se prepara la siguiente tabla para determinar el momento resistente:

Sección N°	Area (m2)	Peso/unidad de longitud (KN/m)	brazo del momento medido desde el punto C (m)	Momento (KN-m/m)
1	13,12	223,04	4	892,16
2	18,7	317,90	2,3	731,17
3	7	119,00	6	714,00
4	5,63	95,71	5,5	526,41
5	0,155	2,635	5,6	14,76
Pv=		27,71	6	166,28
		786,00		3044,77

$$M_o = P_h \cdot (H'/3)$$

$$M_o = 1067,52 \text{ KN-m/m}$$

$$FS = \sum MR / M_o$$

FS=	2,85	>	2	OK
------------	-------------	-------------	----------	-----------

FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA DESLIZAMIENTO

$$k_1 = 0,66666667$$

$$k_2 = 0,66666667$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \alpha/2)$$

$$K_p = 2,770$$

$$P_p = (1/2 \cdot K_p \cdot \gamma^2 \cdot D^2) + (2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p} \cdot D)$$

$$P_p = 162,78$$

Por lo tanto:

$$FS = ((\sum V \cdot \tan(k_1 \cdot \phi_2) + B \cdot k_2 \cdot c' + P_p)) / (P_a \cdot \text{Cos } \alpha)$$

FS=	1,57	>	1,5	OK
------------	-------------	-------------	------------	-----------

En algunos diseños, la profundidad D para el cálculo de la presión pasiva se toma igual al espesor de la losa base.

FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA LA FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA

$$e = \frac{(B/2) - ((\sum MR - \sum Mo) / \sum V)}{}$$

e = 0,484 < 1,00

$$q_{\text{punta talón}} = \left(\frac{\sum V}{B} \right) * \left(1 - \left(\frac{6 * e}{B} \right) \right)$$

q punta talón = 194,46 KN/m2 PUNTA
 q punta talón = 67,54 kn/m2 TALÓN

$$q = \gamma^2 * D$$

q = 37,5 KN/m2

$$B' = B - 2e$$

B' = 5,031 m

$$F_{cd} = 1 + 0,4 * (D/B')$$

Fcd = 1,119

$$F_{qd} = (1 + 2 * \tan \phi^2 * (1 - \text{Sen } \phi^2)^2 * (D/B))$$

Fqd = 1,089

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = (1 - (\psi^\circ / 90))^2$$

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{Pa * \cos \alpha}{\sum V} \right)$$

ψ = 316,77
 ψ = 786,00
 ψ = 0,403
 ψ = 22,27

Entonces:

		Nc	25,8
Fci=Fqi=	0,566	Nq	14,72
		Nγ	16,72

$$F_{\gamma i} = (1 - (\psi / \phi^2))^2$$

Fγi = 0,0419057 0

$$q_u = c^2 * N_c * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qd} * F_{qi} + 1/2 * \gamma^2 * B' * N_\gamma * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

qu = 618,570 KN/m2

$$FS = \frac{q_u}{q_{\text{punta}}}$$

FS=	3,181011	>	3 OK
------------	-----------------	-------------	-------------

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 ESTABILIZACIÓN TALUD CIUDAD DE CARIAMANGA
 TESIS YANDRI RIVERA
 ESTADO ACTUAL DEL SUELO

Método de las dovelas simplificado																		
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO=				17		KN/m ³												
Dovela	L _i	b _i	W _i	c	φ	φ	Y	cosY	senY	tgY	W _i cosY	W _i senY	Δl _i	σ'	σ' tg φ	τ _i	τ _i Δl _i	AREA
	m	m	KN	KPa	°	rad	rad				KN	KN	m	KPa	KPa	KPa	mKPa	m ²
1	6,84	2,86	166	20	28	0,49	1,17	0,39	0,92	2,39	64,14	153,39	7,41	8,65	4,60	24,21	179,49	9,78
2	9,19	1,60	228	20	28	0,49	1,40	0,17	0,99	5,74	39,10	224,59	9,33	4,19	2,23	21,84	203,72	13,41
3	12,20	3,00	340	20	28	0,49	1,33	0,24	0,97	4,07	81,27	330,49	12,56	6,47	3,44	23,05	289,58	20,02
4	14,13	2,70	241	20	28	0,49	1,38	0,19	0,98	5,23	45,15	236,28	14,39	3,14	1,67	21,28	306,11	14,15
5	16,33	4,80	402	20	28	0,49	1,28	0,28	0,96	3,40	113,38	385,73	17,02	6,66	3,54	23,15	394,1	23,65
6	16,91	2,20	148	20	28	0,49	1,36	0,21	0,98	4,58	31,68	144,99	10,31	3,07	1,63	21,24	219,0	8,73
7	17,15	1,30	70	20	28	0,49	0,18	0,98	0,18	0,18	68,71	12,68	1,32	52,0	27,64	47,25	62,5	4,11
8	17,38	2,10	80	20	28	0,49	0,11	0,99	0,11	0,11	79,43	8,70	2,11	37,60	19,99	39,60	83,66	4,70
9	17,40	0,60	20	20	28	0,49	0,03	1,00	0,03	0,03	19,54	0,65	0,60	32,5	17,31	36,92	22,16	1,15
10	15,95	8,75	109	20	28	0,49	-0,16	0,99	-0,16	-0,17	108,01	-17,90	8,87	12,18	6,47	26,08	231,36	6,44

Σ 1479,61

Σ 1991,6

FS 1,35

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 ESTABILIZACIÓN TALUD CIUDAD DE CARIAMANGA
 TESIS YANDRI RIVERA
 ESTADO ACTUAL BERMA 1



Método de las dovelas simplificado																				
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO=				17	KN/m ³															
Dovela	L _i	b _i	W _i	c	φ	φ	Y	cosY	senY	tgY	W _i cosY	W _i senY	Δl _i	σ'	σ' tg φ	τ _i	τ _i Δl _i	AREA	Li2	
	m	m	KN	KPa	°	rad	rad				KN	KN	m	KPa	KPa	KPa	mKPa	m ²	m	
1	5,30	3,89	173	20	28	0,49	0,94	0,59	0,81	1,36	102,10	139,10	6,57	15,53	8,26	28,26	185,77	10,15		
2	7,23	3,14	341	20	28	0,49	0,55	0,85	0,52	0,61	290,53	178,57	3,69	78,83	41,91	61,91	228,19	20,06		
3	7,80	1,70	214	20	28	0,49	0,32	0,95	0,32	0,34	202,44	67,88	1,79	112,91	60,03	80,03	143,50	12,56		
4	8,20	3,00	203	20	28	0,49	0,13	0,99	0,13	0,13	201,20	26,83	3,03	66,48	35,35	55,35	167,51	11,94		
5	8,03	2,45	17	20	28	0,49	-0,07	1,00	-0,07	-0,07	16,96	-1,18	2,46	6,91	3,67	23,67	58,14	1,00		

Σ 411,20

Σ 783,11

FS 1,9

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 ESTABILIZACIÓN TALUD CIUDAD DE CARIAMANGA
 TESIS YANDRI RIVERA
 ESTADO ACTUAL BERMA 3



Método de las dovelas simplificado

PESO ESPECÍFICO DEL SUELO=			17		KN/m3														
Dovela	L _i	b _i	W _i	c	φ	φ	Y	cosY	senY	tgY	W _i cosY	W _i senY	Δl _i	σ'	σ' tg φ	τ _i	τ _i Δl _i	AREA	Li2
	m	m	KN	KPa	°	rad	rad				KN	KN	m	KPa	KPa	KPa	mKPa	m2	m
1	2,17	1,21	22	20	28	0,49	1,06	0,49	0,87	1,79	10,60	19,01	2,48	4,27	2,27	22,27	55,33	1,28	
2	3,02	0,91	37	20	28	0,49	0,75	0,73	0,68	0,93	26,96	25,18	1,25	21,65	11,51	31,51	39,24	2,17	
3	3,76	1,30	45	20	28	0,49	0,52	0,87	0,49	0,57	39,00	22,20	1,50	26,07	13,86	33,86	50,66	2,64	
4	4,45	2,10	56	20	28	0,49	0,32	0,95	0,31	0,33	53,62	17,62	2,21	24,26	12,90	32,90	72,72	3,32	
5	4,29	0,60	15	20	28	0,49	-0,26	0,97	-0,26	-0,27	14,62	-3,90	0,62	23,54	12,52	32,52	20,19	0,89	
6	4,11	1,50	25	20	28	0,49	-0,12	0,99	-0,12	-0,12	25,15	-3,02	1,51	16,65	8,85	28,85	43,59	1,49	
7	3,40	2,29	17	20	28	0,49	-0,30	0,96	-0,30	-0,31	16,40	-5,08	2,40	6,84	3,64	23,64	56,67	1,01	

Σ 72,01

Σ 338,39

FS 4,7

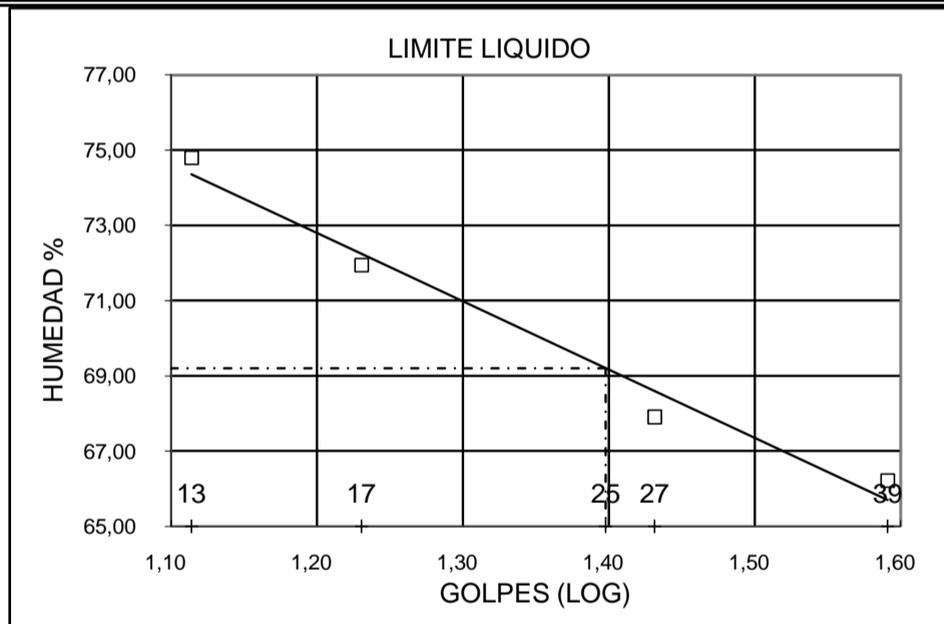


UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA OBRA : ESTUDIO DE SUELO UBIC. : CARIAMANGA-LOJA FECHA : OCTUBRE-2008 OPERADOR: Y.R.S. POZO : 1 PROFUND.: 3,00 m.						
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		76,07 74,14	57,87 56,90	19,76 19,95	47,76 46,66	47,21
2.- LIM. LIQUIDO	39 27 17 13	29,91 28,47 28,90 29,10	25,89 25,00 25,18 25,33	19,82 19,89 20,01 20,29	66,23 67,91 71,95 74,80	69,20
3.- LIMITE PLASTICO		28,67 27,66	25,09 25,44	19,76 20,72	67,17 47,03	57,10
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN= 399,94 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 271,69				ARENA= 66 %		
				FINOS= 34 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 69,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 57,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 12,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100	CLASIFICACION:		
1/2"	0,00	0,00	100	SUCS = SM		
3/8"	0,00	0,00	100	AASHTO= A-2-7		
No. 4	0,00	0,00	100	IG(86)= 0		
No. 10	38,12	14,03	86	IG(45)= 0		
No. 40	76,97	42,36	58			
No. 200	64,00	65,92	34			
COLOR= LILA						



ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

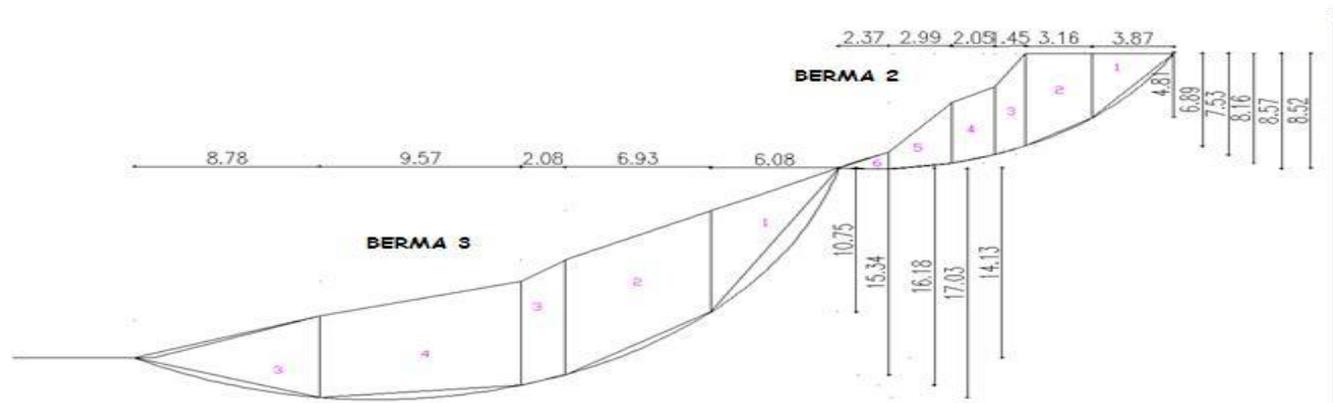
YANDRI RIVERA
LABORATORISTA

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 ESTABILIZACIÓN TALUD CIUDAD DE CARIAMANGA
 TESIS YANDRI RIVERA
 ESTADO NATURAL DEL SUELO BERMA 1

Metodo de las dovelas simplificado																								
PESO ESPECIFICO DEL SUELO=			17 KN/m3																					
Dovela	L_i m	b_i m	W_i KN	c KPa	ϕ °	ϕ rad	Y rad	$\cos Y$	$\sen Y$	$tg Y$	$W \cdot \cos Y$ KN	$W \cdot \sen Y$ KN	Δ_i m	σ' KPa	$\sigma' \cdot tg \phi$ KPa	τ KPa	$\tau \cdot \Delta_i$ mKPa	AREA m2	L_{i2} m					
1	4,81	3,87	158	20	28	0,49	0,89	0,63	0,78	1,24	99,21	123,31	6,17	16,07	8,54	28,54	176,22	9,31						
2	6,89	3,16	314	20	28	0,49	0,58	0,84	0,55	0,66	262,56	172,82	3,78	69,40	36,90	56,90	215,27	18,49	4,81					
3	7,53	1,45	147	20	28	0,49	0,42	0,91	0,40	0,44	134,84	59,52	1,58	85,07	45,24	65,24	103,39	8,67	5,07					
4	8,16	2,05	167	20	28	0,49	0,30	0,96	0,29	0,31	159,74	49,09	2,14	74,48	39,60	59,60	127,83	9,83	4,52					
5	8,57	2,99	146	20	28	0,49	0,14	0,99	0,14	0,14	144,34	19,79	3,02	47,83	25,43	45,43	137,11	8,57	1,21					
6	8,52	2,37	24	20	28	0,49	-0,02	1,00	-0,02	-0,02	24,30	-0,51	2,37	10,25	5,45	25,45	60,33	1,43						
												Σ	424,02				Σ	820,15				FS	1,934	

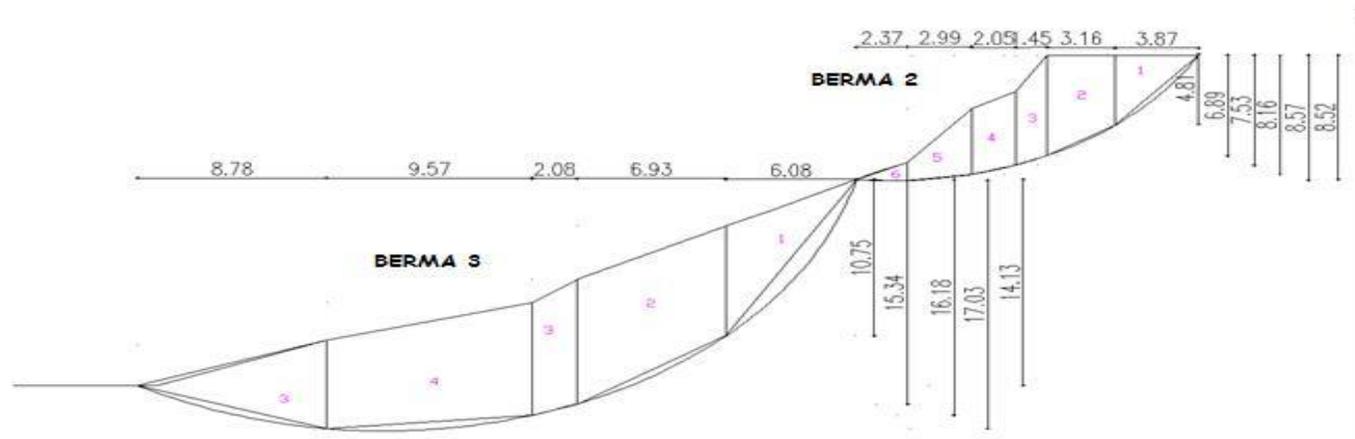


UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 ESTABILIZACIÓN TALUD CIUDAD DE CARIAMANGA
 TESIS YANDRI RIVERA
 ESTADO NATURAL DEL SUELO BERMA 3

Metodo de las dovelas simplificado																					
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO=			17 KN/m ³																		
Dovela	L _i m	b _i m	W _i KN	c KPa	φ °	φ rad	Y rad	cosY	senY	tgY	W _i cosY KN	W _i senY KN	Δ _i m	σ' KPa	σ' tg φ KPa	τ _i KPa	τ _i Δ _i mKPa	AREA m ²	Li2 m		
1	10,75	6,08	389	20	28	0,49	1,06	0,49	0,87	1,77	191,32	338,27	12,35	15,49	8,24	28,24	348,73	22,86			
2	15,34	6,93	949	20	28	0,49	0,58	0,83	0,55	0,66	791,00	523,91	8,31	95,16	50,60	70,60	586,83	55,81	7,53		
3	16,18	2,08	287	20	28	0,49	0,38	0,93	0,37	0,40	266,40	107,58	2,24	118,76	63,14	83,14	186,51	16,90	7,71		
4	17,03	9,57	1121	20	28	0,49	0,09	1,00	0,09	0,09	1116,75	99,19	9,61	116,24	61,80	81,80	785,94	65,95	6,08		
5	14,13	8,78	454	20	28	0,49	-0,32	0,95	-0,31	-0,33	430,68	-142,25	9,25	46,58	24,77	44,77	413,93	26,68			
												Σ	926,70				Σ	2321,9			
																FS		2,506			



INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA
SERIE DE DATOS METEOROLÓGICOS
PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)
NOMBRE: CARIAMANGA

CÓDIGO: M146

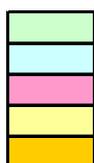
PERIODO: 1950 - 1999

LATITUD: 4 19 38 S 9521550,14

LONGITUD: 79 33 45 W 659522,05

ELEVACIÓN: 1960 msnm

AÑOS	VALORES MENSUALES												VALORES ANUALES	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1965	94,0	136,8	214,3	429,8	269,9	2,1	0,0	11,2	71,7	67,9	136,1	103,0	1536,8	128,1
1966	88,5	110,5	221,9	265,5	42,9	4,0	0,0	0,0	5,7	51,6	13,5	94,5	898,6	74,9
1967	231,4	481,4	356,1	155,5	49,6	3,1	0,0	6,2	0,0	79,4	2,8	28,6	1394,1	116,2
1968	36,1	52,5	147,1	71,6	50,8	3,0	3,8	11,9	61,0	63,0	0,0	26,7	527,5	44,0
1969	120,6	153,2	325,1	286,9	9,6	20,5	0,0	1,7	85,6	29,1	140,6	0,0	1172,9	97,7
1970	121,7	251,5	194,3	121,4	63,9	32,7	9,3	0,0	0,0	158,0	34,0	56,1	1042,9	86,9
1971	84,1	206,5	509,9	91,5	98,6	82,8	9,2	11,2	41,4	104,7	41,4	18,6	1299,9	108,3
1972	75,1	177,9	447,1	222,8	72,3	10,7	0,0	34,4	0,0	55,4	110,6	123,2	1329,5	110,8
1973	122,6	193,6	314,8	249,5	54,7	62,3	28,5	13,1	40,5	68,5	51,1	119,2	1318,4	109,9
1974	54,7	388,5	170,4	137,1	12,2	40,0	12,8	10,6	34,0	90,9	77,0	59,5	1087,7	90,6
1975	71,3	321,3	398,9	204,1	162,6	72,1	57,5	55,5	4,0	175,6	28,0	8,0	1558,9	129,9
1976	259,0	227,2	459,9	133,5	105,6	19,0	0,0	0,5	14,5	4,6	28,5	92,3	1344,6	112,1
1977	212,5	186,2	311,1	292,1	26,5	37,9	0,0	0,0	39,5	16,9	9,5	6,0	1138,2	94,9
1978	50,0	79,8	129,1	163,0	94,1	0,0	2,0	0,0	22,3	0,0	12,1	51,2	603,6	50,3
1979	167,7	144,1	213,6	84,6	44,8	6,8	1,0	62,1	54,3	6,1	1,0	22,2	808,3	67,4
1980	80,6	133,0	136,8	222,3	74,3	0,0	0,0	1,5	7,5	89,8	58,9	76,6	881,3	73,4
1981	40,6	161,8	509,3	167,0	69,7	56,7	0,2	11,5	3,6	64,2	15,3	116,6	1216,5	101,4
1982	125,0	149,5	92,8	130,8	129,4	1,4	0,0	0,0	39,7	172,2	160,1	427,0	1427,9	119,0
1983	445,6	134,2	410,5	423,3	184,3	47,1	9,3	0,0	34,1	127,1	3,0	213,8	2032,3	169,4
1984	104,8	522,8	332,8	276,1	106,2	16,8	43,6	8,4	27,5	89,5	65,6	23,6	1617,7	134,8
1985	101,5	33,8	108,9	109,5	30,2	0,0	0,0	1,0	9,2	43,0	20,0	165,2	622,3	51,9
1986	110,6	200,4	35,2	194,3	30,4	0,0	0,0	10,9	6,2	47,6	59,7	72,4	767,7	64,0
1987	240,9	112,6	205,8	139,0	65,3	0,0	7,6	16,8	6,8	17,1	11,0	1,0	823,9	68,7
1988	169,8	387,2	46,5	174,5	82,2	15,6	2,5	21,2	33,6	42,9	76,0	54,6	1106,6	92,2
1989	250,5	495,3	511,9	213,3	3,6	5,3	3,0	0,3	58,0	112,0	0,1	2,1	1655,4	138,0
1990	150,7	276,5	191,3	376,7	33,2	7,6	8,2	0,0	1,0	96,6	65,6	113,4	1320,8	110,1
1991	48,4	142,8	523,0	98,3	41,9	8,0	1,0	0,0	13,0	17,4	13,7	25,4	932,9	77,7
1992	23,6	119,1	199,7	273,9	64,9	6,1	0,0	9,2	68,1	62,2	30,5	71,4	928,7	77,4
1993	94,6	369,7	473,8	470,7	86,8	2,0	25,3	0,5	48,0	136,5	61,6	262,5	2032,0	169,3
1994	331,7	375,0	382,7	303,4	60,1	3,0	1,6	1,2	6,7	5,3	64,1	171,8	1706,6	142,2
1995	56,2	246,4	348,2	103,9	89,5	10,6	12,5	0,0	2,0	43,7	104,8	175,0	1192,8	99,4
1996	145,9	224,2	446,7	146,0	51,6	42,3	0,0	0,2	19,3	77,1	9,4	18,9	1181,6	98,5
1997	49,5	148,8	181,6	205,0	55,0	12,2	5,8	0,0	29,1	113,0	219,6	290,1	1309,7	109,1
1998	196,9	636,3	347,9	479,5	293,7	0,0	0,0	34,6	31,7	107,8	107,1	55,3	2290,8	190,9
1999	96,4	599,6	495,4	132,3	241,4	48,8	10,5	0,0	48,6	700,9	696,4	359,6	3429,9	285,8
suma	4653	8580	10394	7549	2952	680	255	336	968	3138	2529	3505	45539	3794,9
media	132,9	245,1	297,0	215,7	84,3	19,4	7,3	9,6	27,7	89,6	72,2	100,2	1301,1	108,4



Relleno metodo Jansa-Guardiola

Relleno metodo de las Proporcionalidades

Relleno metodo de la Razon Normal

Relleno metodo de la Correlacion Ortogonal (Cariamanga-Colaisaca)

Relleno metodo de la Correlacion Lineal

FUENTE: Investigación y estudio del Ingeniero Fernando Oñate V. docente de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (1965 - 2000)

**COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LOS TRES TIPOS DE MÉTODOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD
DE LA AVENIDA LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA**

**PRESUPUESTO REFERENCIAL
ESTABILIZACIÓN CON TIERRA ARMADA
PROTECCIÓN DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA
AGOSTO DEL 2008**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
A. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1	PROTECCIÓN PROVISIONAL CONTRA DESLIZAMIENTOS EN LA BASE DEL TALUD	ml	80	10,00	800,00
2	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN CLASIFICAR	m3	372	3,50	1302,00
3	DESALOJO DE MATERIAL EXCAVADO	m3.km	2790	0,40	1116,00
4	RELLENO COMPACTADO A MÁQUINA CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO (explotada, cargada, tendida, hidratada y compactada)	m3	800	6,40	5120,00
5	TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	m2	16800	0,40	6720,00
B. ESTABILIDAD DEL TALUD					
6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA PVC e=0,5mm	m2	660	4,57	3016,20
7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NO TEJIDO PESO=155 gr/m2	m2	2400	3,50	8400,00
8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOCELDAS h=20 cm	m2	2300	27,93	64239,00
9	SEMBRADO DE PASTO O SIMILAR	m2	2300	0,50	1150,00
10	CUNETA DE CORONACIÓN	ml	54	12,50	675,00
11	CUNETA BASE DEL TALUD	ml	80	110,00	8800,00
C. DESALOJO DE AGUAS					
12	POZO DE REVISIÓN H>4,5m	u	1	650,00	650,00
13	POZO DE REVISIÓN H<4,5m	u	2	450,00	900,00
14	TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO D=300 mm	ml	12	45,00	540,00
15	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA	m3	42	3,50	147,00
16	RASANTEO Y COLOCACIÓN DE CAMA DE ARENA	ml	12	2,50	30,00
17	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO (COMPACTADOR MECÁNICO)	m3	42	4,80	201,60
TOTAL=					103806,80

SON: CIENTO TRES MIL OCHOCIENTOS SEIS, 80/100 USD

PRESUPUESTO REFERENCIAL
ESTABILIZACIÓN CON UN MURO EN VOLADIZO
PROTECCIÓN DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA
AGOSTO DEL 2008

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
A. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1	PROTECCIÓN PROVISIONAL CONTRA DESLIZAMIENTOS EN LA BASE DEL TALUD	ml	80	10,00	800,00
2	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN CLASIFICAR	m3	500	3,50	1750,00
3	DESALOJO DE MATERIAL EXCAVADO	m3.km	3500	0,40	1400,00
4	RELLENO COMPACTADO A MÁQUINA CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO	m3	300	6,40	1920,00
5	TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	m2	10000	0,40	4000,00
B. ESTABILIDAD DEL TALUD					
6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA PVC e=0,5mm	m2	660	4,57	3016,20
7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NO TEJIDO PESO=155 gr/m2	m2	2400	3,50	8400,00
8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOCELDAS h=20 cm	m2	2300	27,93	64239,00
9	SEMBRADO DE PASTO O SIMILAR	m2	2300	0,50	1150,00
10	CUNETA DE CORONACIÓN	ml	54	12,50	675,00
11	CUNETA BASE DEL TALUD	ml	80	110,00	8800,00
C. CONSTRUCCIÓN DEL MURO					
12	REPLANTILLO	m3	30	91,70	2751,00
13	CIMENTOS DE PIEDRA Y H° SIMPLE	m3	50	61,41	3070,50
14	MURO DE HORMIGÓN CICLOPEO e=40cm	m3	173,25	161,82	28035,32
15	ALQUILER ENCOFRADO	U	30	1200,00	36000,00
D. DESALOJO DE AGUAS					
15	POZO DE REVISIÓN H>4,5m	u	1	650,00	650,00
16	POZO DE REVISIÓN H<4,5m	u	2	450,00	900,00
17	TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO D=300 mm	ml	12	45,00	540,00
18	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA	m3	42	3,50	147,00
19	RASANTEO Y COLOCACIÓN DE CAMA DE ARENA	ml	12	2,50	30,00
20	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO (COMPACTADOR MECÁNICO)	m3	42	4,80	201,60
TOTAL=					168475,62

SON: CIENTO SESENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y CINCO, 62/100 USD

PRESUPUESTO REFERENCIAL
ESTABILIZACIÓN MÉTODO VIGAS Y COLUMNAS
PROTECCIÓN DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA
AGOSTO DEL 2008

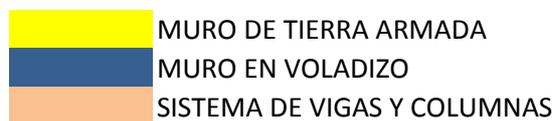
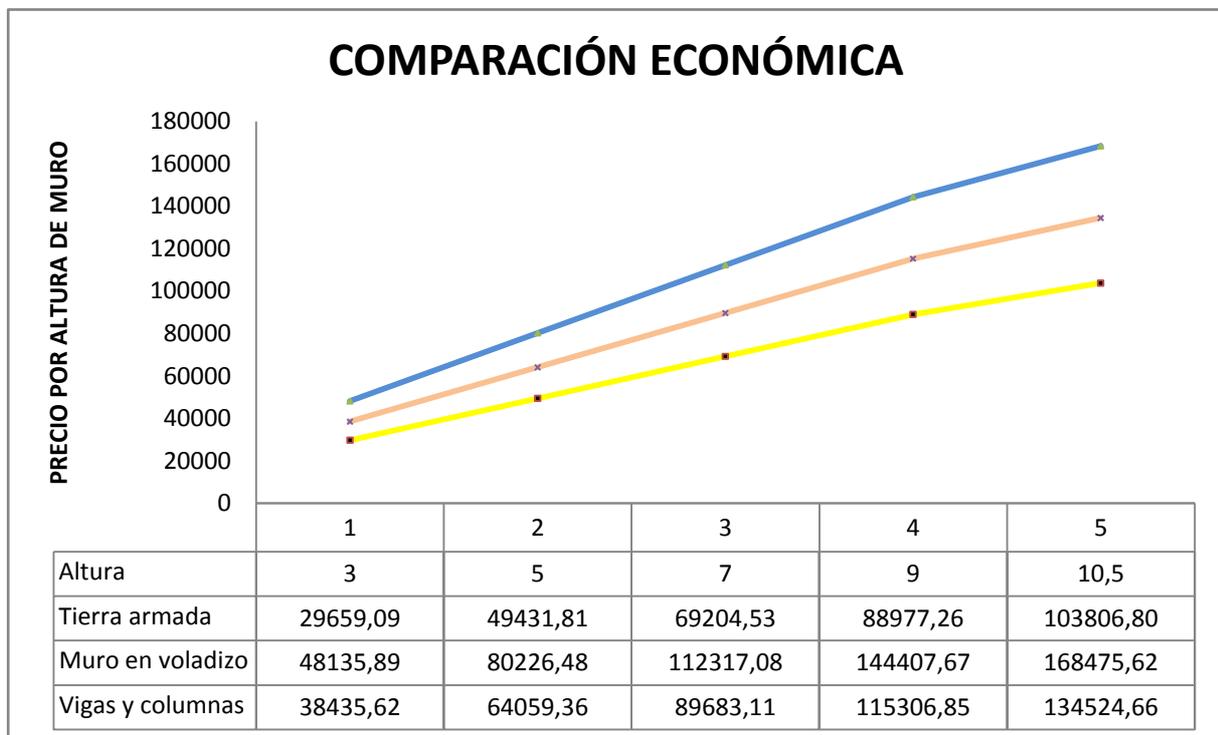
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
A. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1	PROTECCIÓN PROVISIONAL CONTRA DESLIZAMIENTOS EN LA BASE DEL TALUD	ml	80	10,00	800,00
2	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN CLASIFICAR	m3	500	3,50	1750,00
3	DESALOJO DE MATERIAL EXCAVADO	m3.km	3500	0,40	1400,00
4	RELLENO COMPACTADO A MÁQUINA CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO	m3	300	6,40	1920,00
5	TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	m2	10000	0,40	4000,00
B. ESTABILIDAD DEL TALUD					
6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA PVC e=0,5mm	m2	660	4,57	3016,20
7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NO TEJIDO PESO=155 gr/m2	m2	2400	3,50	8400,00
8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL EN BERMAS	m2	2300	27,93	64239,00
9	SEMBRADO DE PASTO O SIMILAR	m2	2300	0,50	1150,00
10	CUNETA DE CORONACIÓN	ml	54	12,50	675,00
11	CUNETA BASE DEL TALUD	ml	80	110,00	8800,00
C. CONSTRUCCIÓN DEL MURO					
12	REPLANTILLO DE H° SIMPLE DE 210 Kg/cm2	m3	12	91,70	1100,40
13	CUELLOS DE COLUMNAS H.A. 210 KG/CM3	m3	12	132,26	1587,12
14	CADENAS H.A. 210 KG/CM2	m3	173,25	132,26	22914,05
15	COLUMNAS H.A. 210 KG/CM2	m3	30	132,26	3967,80
16	ACERO DE REFUERZO fy=4200 Kg/cm2	Kg	2803,8	2,26	6336,50
D. DESALOJO DE AGUAS					
17	POZO DE REVISIÓN H>4,5m	u	1	650,00	650,00
18	POZO DE REVISIÓN H<4,5m	u	2	450,00	900,00
19	TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO D=300 mm	ml	12	45,00	540,00
20	EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN ZANJA	m3	42	3,50	147,00
21	RASANTEO Y COLOCACIÓN DE CAMA DE ARENA	ml	12	2,50	30,00
22	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO (COMPACTADOR MECÁNICO)	m3	42	4,80	201,60
TOTAL=					134524,66

SON: CIENTO TREINTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTI CUATRO, 66/100 USD

103806,80	10,5	3	5	7	9	29659,09	49431,81	69204,53	88977,26
168475,62	10,5	3	5	7	9	48135,89	80226,48	112317,08	144407,67
134524,66	10,5	3	5	7	9	38435,62	64059,36	89683,11	115306,85

Altura Tierra arma Muro en vo Vigas y columnas

3	29659,09	48135,89	38435,62
5	49431,81	80226,48	64059,36
7	69204,53	112317,08	89683,11
9	88977,26	144407,67	115306,85
10,5	103806,80	168475,62	134524,66



INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA

SERIE DE DATOS METEOROLÓGICOS TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA

NOMBRE: CARIAMANGA

CÓDIGO: M146

PERIODO: 1950 - 1999

LATITUD: 4 20 0 S 9520869,13

LONGITUD: 79 33 16 W 660420,64

ELEVACIÓN: 1960 msnm

VALORES MENSUALES													VALORES ANUALES	
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1965	17,3	17,6	18,1	17,3	18	18,4	18,6	18,5	18,7	18,5	18	18,3	217,3	18,1
1966	18,2	18,3	17,8	17,5	18	17,8	18,5	19	19,3	18,9	18,4	17,5	219,2	18,3
1967	17,75	17,95	17,95	17,4	18	18,1	18,6	18,8	19	18,7	18,2	17,9	218,3	18,2
1968	17,6	17,5	16,3	17,8	18	17,8	18,3	19	18,4	18,2	18,6	18,7	216,2	18,0
1969	18,3	19	19,6	19	20,4	18,6	18,6	18,3	18,9	18,5	18	18,8	226,0	18,8
1970	17,9	18,2	18,1	18,6	19,6	17,9	18,1	18,2	19,1	18	17,9	18,2	219,8	18,3
1971	17,3	16,6	16,6	17,3	17,5	17,4	17,6	17,8	17,7	17,4	17,5	17,3	208,0	17,3
1972	17,5	18,1	17	17,9	18,4	18,6	19	18,6	19,3	19,1	18,7	19	221,2	18,4
1973	18,7	18,9	18,6	18,2	18,1	18,4	16,9	17,2	17,5	18,3	14,1	16,3	211,2	17,6
1974	16,4	15,8	16,2	16,5	17,3	16,5	16,4	17,5	16,9	16,7	16,9	16,9	200,0	16,7
1975	16,2	15,9	16,5	17,1	16,9	16,6	15,8	16,6	16,4	15,9	16	15,9	195,8	16,3
1976	16	15,9	16,8	17	17,3	16,9	17,2	17,6	17,8	17,2	17,5	17,4	204,6	17,1
1977	16,8	17,2	18,2	17,8	17,6	17,2	17,5	17,5	18,3	18	17,7	17,7	211,5	17,6
1978	17,1	17,7	17,4	17,3	16,9	17,1	17,3	18,2	17,9	18,1	17,9	17,5	210,4	17,5
1979	16,9	17,5	17	17,7	17,6	17,3	17,7	17,8	17,2	18	17,8	17,8	210,3	17,5
1980	17,5	16,5	17,5	17	17,6	18,2	18,4	18,5	18,9	17,9	17,2	17,3	212,5	17,7
1981	16,3	17	17	17,5	17,2	17,2	17,4	17,8	18,2	17,9	17,7	17,6	208,8	17,4
1982	17,5	17,5	17,6	18	18	18,1	18,1	18,6	18,1	17,7	18,1	18,3	215,6	18,0
1983	18,7	18,6	18,9	18,4	18,6	18,9	19	18,7	18,4	18,3	18,3	17,7	222,5	18,5
1984	17,8	17,2	17,7	17,4	17,7	18,3	18,2	18,4	18,4	18	18	18,2	215,3	17,9
1985	17,1	18	18,3	18,4	18,6	18,8	18,7	18,6	18,7	18,6	18,4	18,2	220,4	18,4
1986	17,2	17,7	18	17,9	18,4	18,6	18,3	18,6	18,3	18,5	18,5	18,3	218,3	18,2
1987	18,5	19,1	18,8	18,7	18,7	18,8	19	18,7	18,7	18,7	18,5	18,9	225,1	18,8
1988	18,1	17,7	18,4	17,9	17,6	17,7	17,4	17,9	18,4	18	17,7	17,9	214,7	17,9
1989	17,3	17,4	17,6	17,1	17,3	17,6	18	17,5	17,3	17	18,1	18	210,2	17,5
1990	17,8	18	17,8	17,7	17,3	17,3	17,8	16,9	17,2	17,2	17,2	16,8	209,0	17,4
1991	17,1	16,8	17	17,9	17,3	17,3	17	17,2	17,5	17,8	17,8	16,9	207,6	17,3
1992	16,6	16,8	18,6	17,9	17,9	18	17,7	17,7	17,4	17,6	17,4	17,6	211,2	17,6
1993	17,5	16,8	17,2	17,3	17,1	17,1	16,9	17,3	18,4	16,8	16,8	16,7	205,9	17,2
1994	16,5	17,1	16,8	16,9	17,5	17,6	17,8	17,8	18,4	18,1	17,6	18,4	210,5	17,5
1995	18,6	17,7	18	18,5	17,8	17,9	17,7	18,4	18,4	18,7	17,9	17,8	217,4	18,1
1996	16,8	17,1	17,4	17,6	17,6	17,8	17,6	17,6	18,2	17,9	17,9	17,4	210,9	17,6
1997	16,6	17,3	17,5	18	18,2	17,5	18,3	18,2	18,1	17,9	17,2	18	212,8	17,7
1998	19	18,2	18,6	18,5	17,9	18	18	17,8	18	17,9	18	18,2	218,1	18,2
1999	17,4	16,6	18,2	17,5	17,7	17,7	17,6	17,9	17,7	18	18	16,9	211,2	17,6
2000	17,6	16,3	16,9	17,7	17,9	17,8	17,5	17,8	17,6	18,1	17,7	16,8	209,7	17,5
2001	16,5	17,6	17,55	18,4	17,7	17,8	17,6	17,9	17,7	18,1	18,3	18,1	213,0	17,8

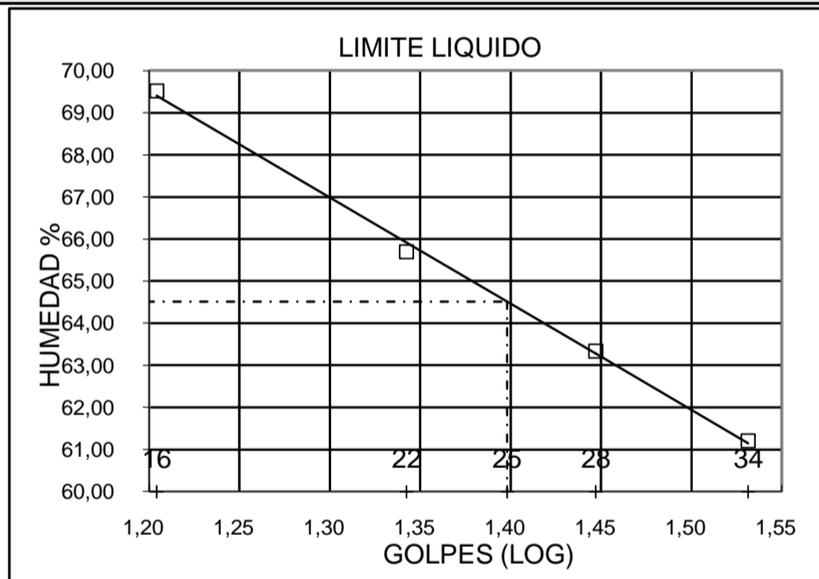
17,8

FUENTE: Investigación y estudio del Ingeniero Fernando Oñate V. docente de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (1965 - 2000)



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 1		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR: Y.R.S.		PROFUND.: 1,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		77,39 68,02	62,07 55,08	19,81 19,89	36,25 36,77	36,51
2.- LIM. LIQUIDO	34	27,06	24,41	20,08	61,20	
	28	28,75	25,33	19,93	63,33	
	22	28,93	25,33	19,85	65,69	
	16	25,55	23,11	19,60	69,52	64,52
3.- LIMITE PLASTICO		24,29 24,41	23,09 22,93	20,35 19,58	43,80 44,18	43,99
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 373,33 (H/S) H				GRAVA= 1 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 273,48				ARENA= 31 %		
				FINOS= 68 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA			
1 1/2"	0,00	0,00	100			
1"	0,00	0,00	100			
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	0,00	0,00	100			
3/8"	0,00	0,00	100			
No. 4	2,82	1,03	99			
No. 10	8,55	4,16	96			
No. 40	37,03	17,70	82			
No. 200	39,37	32,09	68			
COLOR= ROJISO						
				LL = 65,00 %		
				LP = 44,00 %		
				IP = 21,00 %		
CLASIFICACION:						
SUCS = MH1						
AASHTO= A-7-5						
IG(86)= 17						
IG(45)= 14						



ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

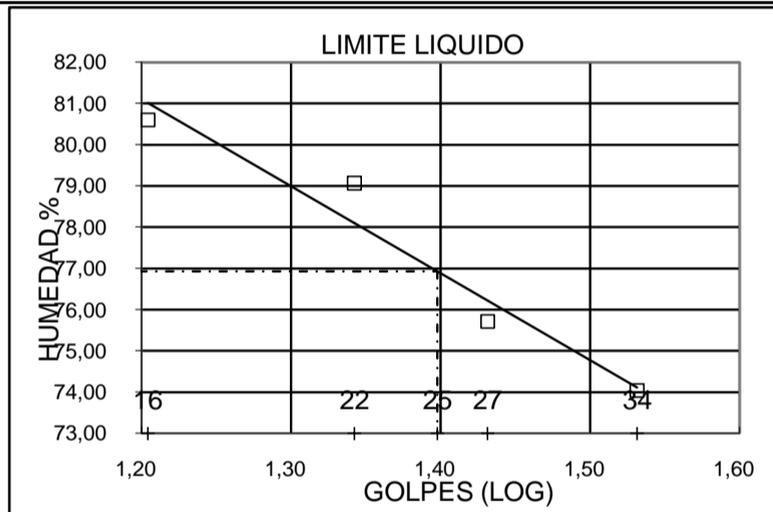
YANDRI RIVERA
LABORATORISTA

||



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA OBRA : ESTUDIO DE SUELO UBIC. : CARIAMANGA-LOJA FECHA : OCTUBRE-2008						
			OPERADOR:	Y.R.S.	POZO :	1
					PROFUND.:	2,00 m.
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		81,79	60,63	20,26	52,42	
		83,73	61,66	20,34	53,41	52,91
2.- LIM. LIQUIDO	34	30,30	26,05	20,31	74,04	
	27	29,69	25,48	19,92	75,72	
	22	29,39	25,35	20,24	79,06	
	16	29,42	25,18	19,92	80,61	76,92
3.- LIMITE PLASTICO		27,92	25,35	20,44	52,34	
		26,81	24,38	19,79	52,94	52,64
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN= 437,77 (H/S) H				GRAVA=	0 %	
PESO INICIAL DE CALCULO: 286,29				ARENA=	38 %	
				FINOS=	62 %	
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL =	77,00 %	
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP =	53,00 %	
1"	0,00	0,00	100	IP =	24,00 %	
3/4"	0,00	0,00	100	CLASIFICACION:		
1/2"	0,00	0,00	100	SUCS =	MH1	
3/8"	0,00	0,00	100	AASHTO=	A-7-5	
No. 4	0,00	0,00	100	IG(86)=	17	
No. 10	9,83	3,43	97	IG(45)=	14	
No. 40	53,30	22,05	78			
No. 200	47,03	38,48	62			
COLOR= LILA						



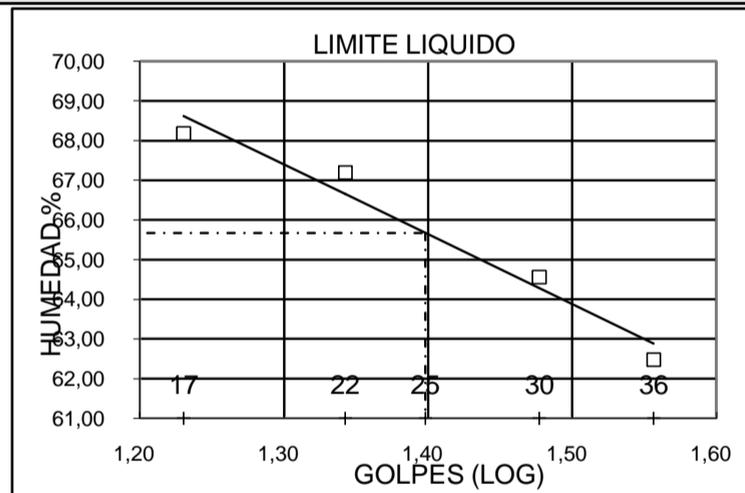
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA OBRA : ESTUDIO DE SUELO UBIC. : CARIAMANGA-LOJA FECHA : OCTUBRE-2008 OPERADOR:Y.R.S. POZO : 1 PROFUND.: 4,00 m.						
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		82,54 82,34	62,44 62,49	20,20 20,53	47,59 47,31	47,45
2.- LIM. LIQUIDO	36 30 22 17	30,35 30,26 31,03 28,71	26,27 26,16 26,87 24,98	19,74 19,81 20,68 19,51	62,48 64,57 67,21 68,19	65,67
3.- LIMITE PLASTICO		24,00 24,26	22,84 23,08	20,30 20,41	45,67 44,19	44,93
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN= 422,97 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 286,86				ARENA= 42 %		
TAMIZ	PESO R. % R.A.	% PASA	FINOS= 58 %			
1 1/2"	0,00	0,00	LL = 66,00 %			
1"	0,00	0,00	LP = 45,00 %			
3/4"	0,00	0,00	IP = 21,00 %			
1/2"	0,00	0,00	CLASIFICACION:			
3/8"	0,00	0,00	SUCS = MH1			
No. 4	0,00	0,00	AASHTO= A-7-5			
No. 10	4,11	1,43	IG(86)= 12			
No. 40	48,65	18,39	IG(45)= 11			
No. 200	67,39	41,88				
COLOR= LILA						



ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA

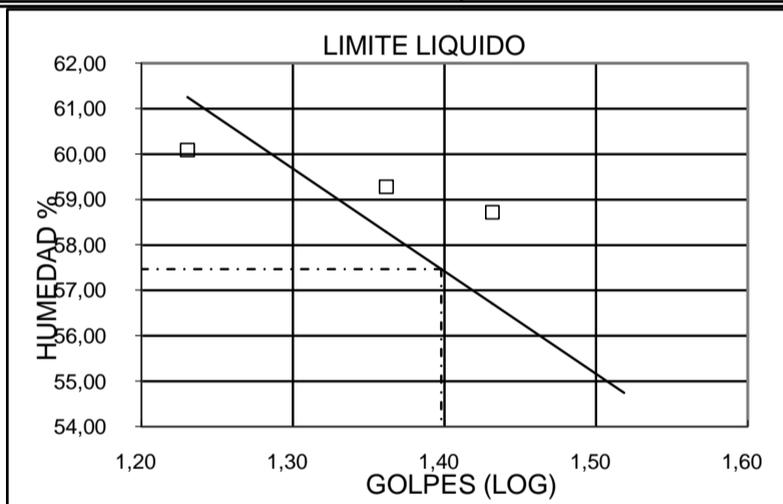
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 3		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR Y.R.S.		PROFUND 3,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		81,13 71,39	60,24 53,65	19,74 19,91	51,58 52,58	52,08
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 23 17	29,02 27,77 26,04 27,37	26,08 25,01 23,71 24,72	20,52 20,31 19,78 20,31	52,88 58,72 59,29 60,09	57,46
3.- LIMITE PLASTICO		32,01 30,02	28,72 26,98	20,89 19,74	42,02 41,99	42,00
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 483,82 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 318,14				ARENA= 49 %		
				FINOS= 50 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 57,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 42,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 15,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	0,00	0,00	100			
3/8"	0,00	0,00	100			
No. 4	0,88	0,28	100	CLASIFICACION:		
No. 10	14,04	4,69	95	SUCS = MH1		
No. 40	65,47	25,27	75	AASHTO= A-7-5		
No. 200	77,74	49,71	50	IG (86)= 6		
COLOR= LILA				IG (45)= 6		



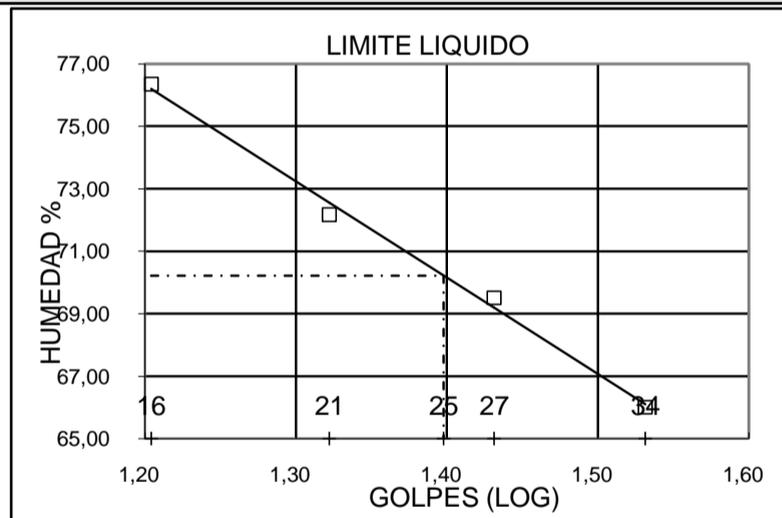
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 2		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR: Y.R.S.		PROFUND 1,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		88,69	67,03	20,87	46,92	
		73,33	55,82	19,39	48,06	47,49
2.- LIM. LIQUIDO	34	28,37	25,32	20,70	66,02	
	27	26,69	23,93	19,96	69,52	
	21	27,06	24,13	20,07	72,17	
	16	28,08	24,82	20,55	76,35	70,22
3.- LIMITE PLASTICO		23,01	21,83	19,39	48,36	
		23,94	22,85	20,56	47,60	47,98
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO IN= 440,30 (H/S) H			GRAVA= 1 %			
PESO INICIAL DE CALCULO: 298,52			ARENA= 40 %			
			FINOS= 59 %			
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 70,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 48,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 22,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	0,00	0,00	100			
3/8"	0,00	0,00	100			
No. 4	1,62	0,54	99	CLASIFICACION:		
No. 10	11,79	4,49	96	SUCS = MH1		
No. 40	40,51	18,06	82	AASHTO= A-7-5		
No. 200	67,89	40,80	59	IG(86)= 14		
COLOR= LILA				IG(45)= 12		



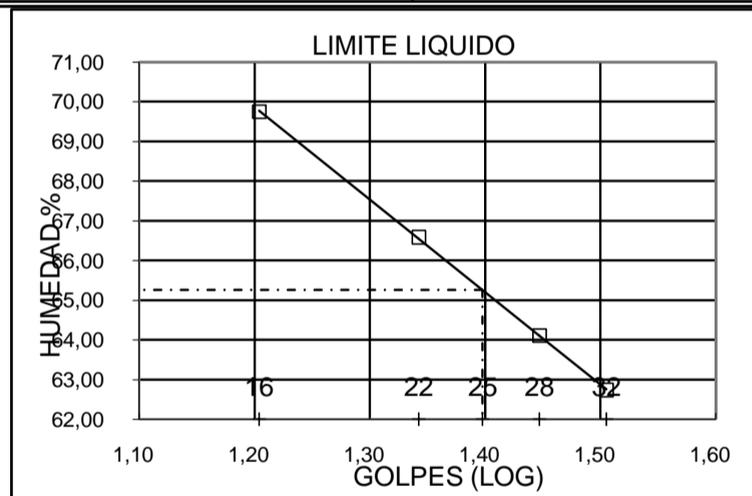
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA OBRA : ESTUDIO DE SUELO UBIC. : CARIAMANGA-LOJA POZO : 2 FECHA : OCTUBRE-2008 OPERADOR Y.R.S. PROFUND. 2,00 m.						
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		80,97 75,00	60,98 57,18	19,91 20,21	48,67 48,20	48,44
2.- LIM. LIQUIDO	32 28 22 16	26,35 25,78 26,95 25,47	24,01 23,60 24,16 23,44	20,28 20,20 19,97 20,53	62,73 64,12 66,59 69,76	65,26
3.- LIMITE PLASTICO		23,23 26,73	22,14 24,72	19,36 19,75	39,21 40,44	39,83
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN= 402,28 (H/S) H				GRAVA= 2 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 271,01				ARENA= 59 %		
				FINOS= 39 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA			
1 1/2"	0,00	0,00	100	LL = 65,00 %		
1"	0,00	0,00	100	LP = 40,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100	IP = 25,00 %		
1/2"	0,00	0,00	100			
3/8"	0,00	0,00	100			
No. 4	4,26	1,57	98	CLASIFICACION:		
No. 10	35,03	14,50	86	SUCS = SM		
No. 40	84,97	45,85	54	AASHTO= A-7-5		
No. 200	40,05	60,63	39	IG(86)= 5		
COLOR= CAFÉ				IG(45)= 5		



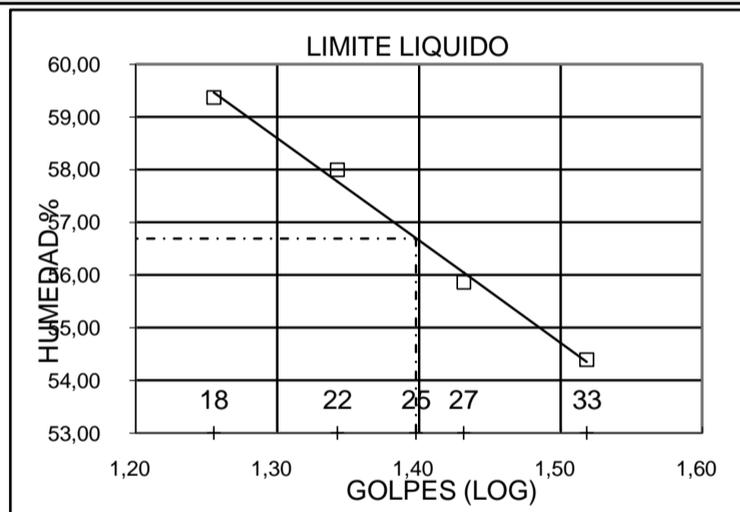
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 2		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR: Y.R.S.		PROFUNDI 3,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		76,47	58,02	20,30	48,91	
		73,60	56,07	20,05	48,67	48,79
2.- LIM. LIQUIDO	33	30,06	26,41	19,70	54,40	
	27	31,39	27,39	20,23	55,87	
	22	32,09	27,85	20,54	58,00	
	18	28,66	25,43	19,99	59,38	56,70
3.- LIMITE PLASTICO		27,61	25,67	20,67	38,80	
		26,41	24,44	19,39	39,01	38,90
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN= 329,31 (H/S) H	GRAVA= 0 %					
PESO INICIAL DE CALCULO: 221,33	ARENA= 79 %					
	FINOS= 21 %					
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 57,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 39,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 18,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	0,00	0,00	100			
3/8"	0,00	0,00	100			
No. 4	0,00	0,00	100	CLASIFICACION:		
No. 10	79,01	35,70	64	SUCS = SM		
No. 40	41,58	54,49	46	AASHTO= A-2-7		
No. 200	54,20	78,97	21	IG(86)= 0		
COLOR= LILA				IG(45)= 0		



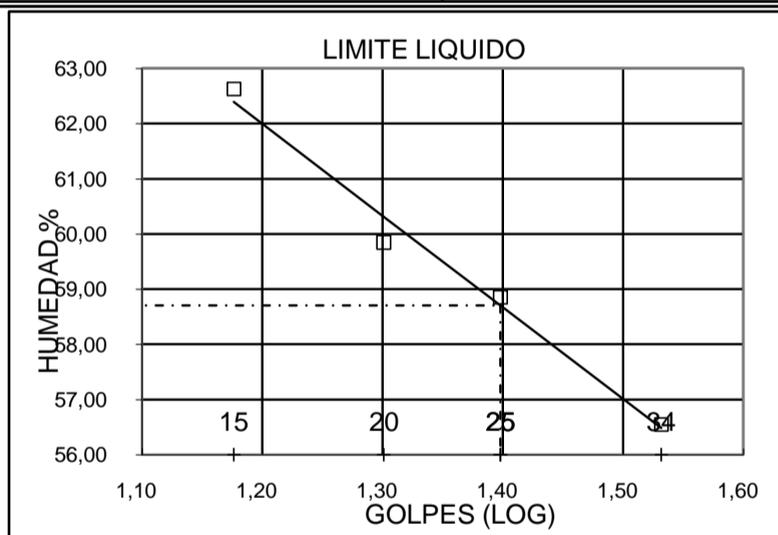
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 2		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR:Y.R.S.		PROFUND 4,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		81,11 71,31	60,24 53,65	19,73 19,85	51,52 52,25	51,88
2.- LIM. LIQUIDO	34 25 20 15	29,02 27,77 26,04 27,37	26,00 24,98 23,67 24,52	20,66 20,24 19,71 19,97	56,55 58,86 59,85 62,64	58,71
3.- LIMITE PLASTICO		32,08 29,74	28,72 26,77	20,89 19,74	42,91 42,25	42,58
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 483,82 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 318,55				ARENA= 49 %		
				FINOS= 50 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 59,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 43,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 16,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100	CLASIFICACION:		
1/2"	0,00	0,00	100	SUCS = MH1		
3/8"	0,00	0,00	100	AASHTO= A-7-5		
No. 4	0,88	0,28	100	IG(86)= 7		
No. 10	14,04	4,68	95	IG(45)= 7		
No. 40	65,47	25,24	75			
No. 200	77,74	49,64	50			
COLOR= LILA						



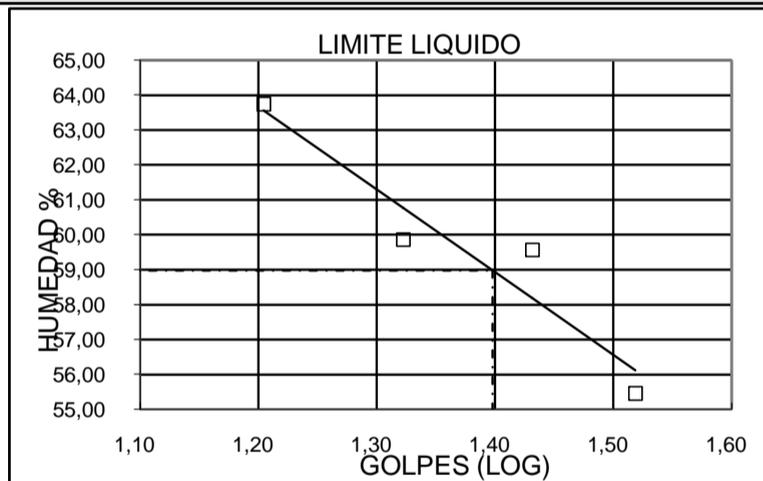
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 2		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR:Y.R.S. PROFUND 5,00 m.				
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		81,19 71,40	60,02 53,48	19,72 19,61	52,53 52,91	52,72
2.- LIM. LIQUIDO	33 27 21 16	29,12 27,82 27,01 27,38	26,12 25,02 24,28 24,48	20,71 20,32 19,72 19,93	55,45 59,57 59,87 63,74	58,97
3.- LIMITE PLASTICO		32,11 29,76	28,69 26,72	20,88 19,74	43,79 43,55	43,67
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 493,83 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 323,36				ARENA= 49 %		
				FINOS= 51 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 59,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 44,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 15,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100	CLASIFICACION:		
1/2"	0,00	0,00	100	SUCS = MH1		
3/8"	0,00	0,00	100	AASHTO= A-7-5		
No. 4	0,92	0,28	100	IG(86)= 6		
No. 10	14,04	4,63	95	IG(45)= 6		
No. 40	66,01	25,04	75			
No. 200	78,12	49,20	51			
COLOR= LILA						



ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA

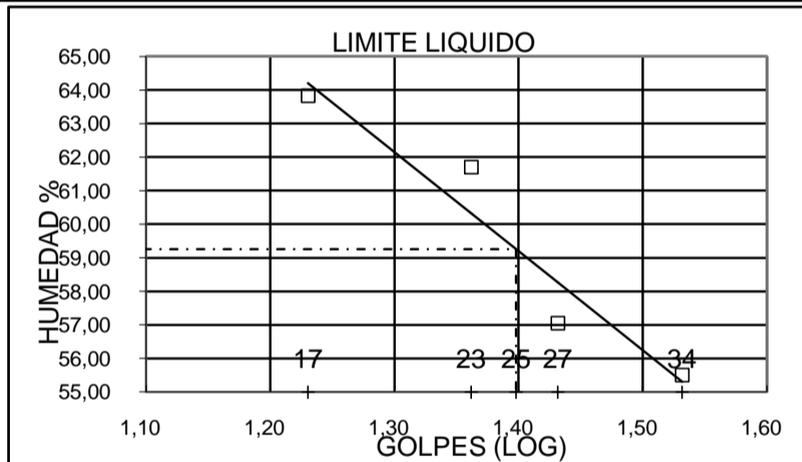
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA OBRA : ESTUDIO DE SUELO UBIC. : CARIAMANGA-LOJA POZO : 2 FECHA : OCTUBRE-2008 OPERADOR Y.R.S. PROFUND ##### m.						
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		81,23 71,46	60,04 53,51	20,28 20,02	##### #####	53,45
2.- LIM. LIQUIDO	34 27 23 17	29,11 27,84 27,07 27,41	26,09 25,09 24,25 24,48	20,65 20,27 19,68 19,89	##### ##### ##### #####	59,26
3.- LIMITE PLASTICO		32,23 29,89	28,69 26,72	20,88 19,74	##### #####	45,37
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN= 487,82 (H/S) H	GRAVA= 0 %					
PESO INICIAL DE CALCULO: 317,91	ARENA= 50 %					
	FINOS= 50 %					
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 59,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 45,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 14,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	0,00	0,00	100			
3/8"	0,00	0,00	100			
No. 4	0,98	0,31	100	CLASIFICACION:		
No. 10	13,98	4,71	95	SUCS = MH1		
No. 40	65,88	25,43	75	AASHTO= A-7-5		
No. 200	78,01	49,97	50	IG(86)= 6		
COLOR= LILA				IG(45)= 6		



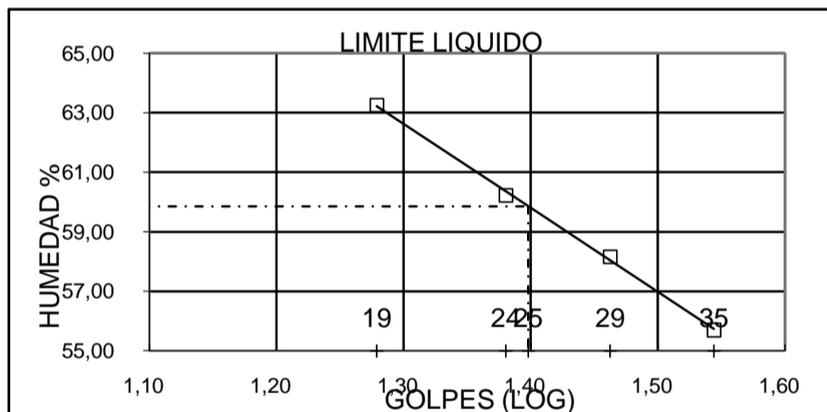
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 2		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR: Y.R.S.		PROFUND. 8,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		83,79	61,24	20,26	55,03	
		79,48	58,39	19,98	54,91	54,97
2.- LIM. LIQUIDO	35	29,19	25,86	19,88	55,69	
	29	27,87	25,02	20,12	58,16	
	24	26,91	24,23	19,78	60,22	
	19	26,72	24,12	20,01	63,26	59,85
3.- LIMITE PLASTICO		33,27	29,19	20,32	46,00	
		31,72	28,00	19,98	46,38	46,19
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN= 469,87 (H/S) H			GRAVA= 0 %			
PESO INICIAL DE CALCULO: 303,21			ARENA= 32 %			
			FINOS= 67 %			
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA			
1 1/2"	0,00	0,00	100			
1"	0,00	0,00	100			
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	0,00	0,00	100			
3/8"	0,00	0,00	100			
No. 4	1,02	0,34	100			
No. 10	14,01	4,96	95			
No. 40	6,01	6,94	93			
No. 200	78,14	32,71	67			
COLOR= LILA			CLASIFICACION:			
			SUCS = MH1			
			AASHTO= A-7-5			
			IG(86)= 12			
			IG(45)= 11			



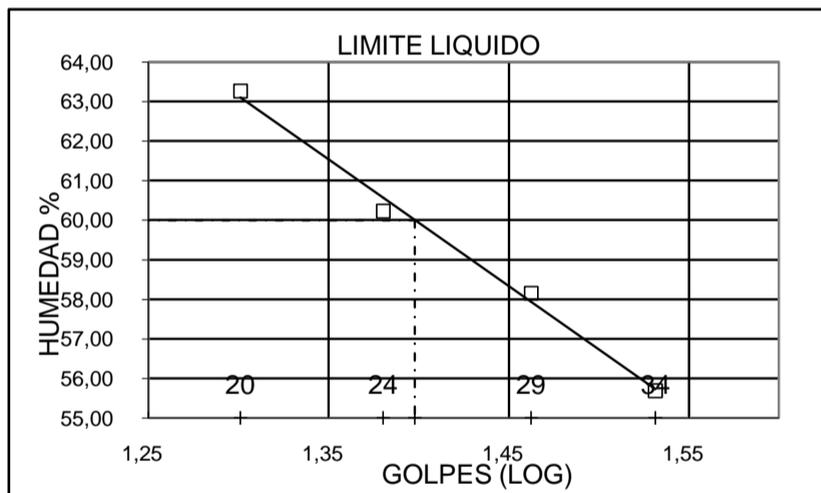
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA OBRA : ESTUDIO DE SUELO UBIC. : CARIAMANGA-LOJA POZO : 2 FECHA : OCTUBRE-2008 OPERADOR: Y.R.S. PROFUND. 7,00 m.						
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		82,74 79,45	61,24 58,39	20,26 19,98	52,46 54,83	53,65
2.- LIM. LIQUIDO	34 29 24 20	29,19 27,87 26,91 26,72	25,86 25,02 24,23 24,12	19,88 20,12 19,78 20,01	55,69 58,16 60,22 63,26	60,00
3.- LIMITE PLASTICO		33,27 31,72	29,12 28,10	20,32 19,98	47,16 44,58	45,87
4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACION.-					
PESO IN= 469,87 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 305,81				ARENA= 32 %		
				FINOS= 68 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 60,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 46,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 14,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100	CLASIFICACION:		
1/2"	0,00	0,00	100	SUCS = MH1		
3/8"	0,00	0,00	100	AASHTO= A-7-5		
No. 4	1,02	0,33	100	IG(86)= 12		
No. 10	14,01	4,91	95	IG(45)= 11		
No. 40	6,01	6,88	93			
No. 200	78,14	32,43	68			
COLOR= LILA						



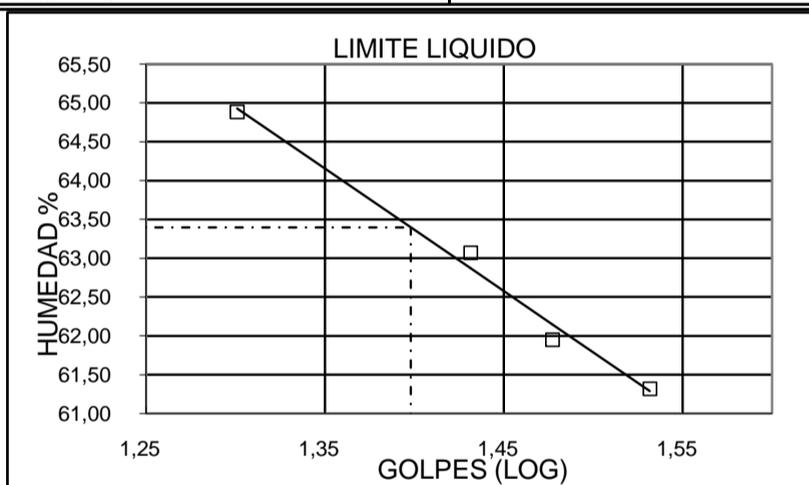
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 3		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR:Y.R.S.		PROFUND. 1,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		78,50	64,50	20,59	31,88	
		77,27	63,61	20,00	31,32	31,60
2.- LIM. LIQUIDO	34	27,01	24,41	20,17	61,32	
	30	27,07	24,66	20,77	61,95	
	27	26,66	23,91	19,55	63,07	
	20	26,28	23,73	19,80	64,89	63,40
3.- LIMITE PLASTICO		23,99	23,42	20,19	17,65	
		24,03	23,46	20,25	17,76	17,70
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 231,00 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 175,53				ARENA= 21 %		
				FINOS= 79 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 63,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 18,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 45,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	0,00	0,00	100			
3/8"	0,00	0,00	100			
No. 4	0,00	0,00	100	CLASIFICACION:		
No. 10	0,10	0,06	100	SUCS = CH1		
No. 40	9,50	5,47	95	AASHTO= A-7-6		
No. 200	27,80	21,31	79	IG(86)= 36		
COLOR= CAFÉ CLARO				IG(45)= 20		



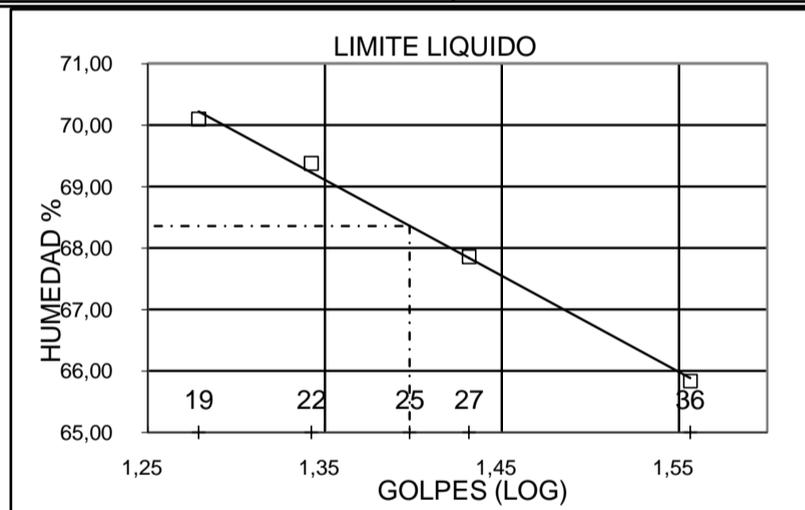
ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 3		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR Y.R.S.		PROFUND.: 2,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		91,64 82,42	74,27 66,31	20,11 19,52	32,07 34,43	33,25
2.- LIM. LIQUIDO	36 27 22 19	26,08 25,75 26,92 27,16	23,69 23,28 24,36 24,30	20,06 19,64 20,67 20,22	65,84 67,86 69,38 70,10	68,36
3.- LIMITE PLASTICO		22,55 22,70	22,17 22,28	20,14 19,99	18,72 18,34	18,53
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 191,80 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 143,94				ARENA= 16 %		
				FINOS= 84 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 68,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 19,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 49,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100			
1/2"	0,00	0,00	100			
3/8"	0,00	0,00	100			
No. 4	0,30	0,21	100	CLASIFICACION:		
No. 10	0,80	0,76	99	SUCS = CH1		
No. 40	4,60	3,96	96	AASHTO= A-7-6		
No. 200	17,30	15,98	84	IG (86)= 44		
COLOR= CAFÉ CLARO				IG (45)= 20		



ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

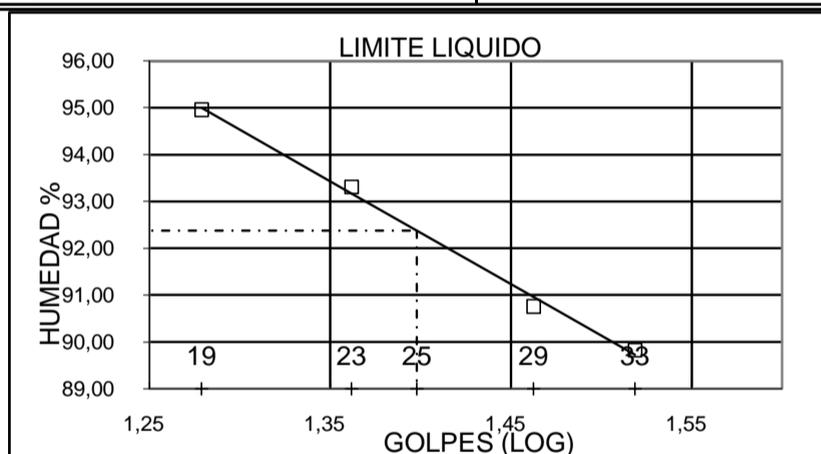
YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : CONSTRUCCION DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA						
OBRA : ESTUDIO DE SUELO						
UBIC. : CARIAMANGA-LOJA				POZO : 3		
FECHA : OCTUBRE-2008		OPERADOR: Y.R.S.		PROFUND. 3,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		66,29 72,30	52,47 57,09	20,26 20,04	42,91 41,05	41,98
2.- LIM. LIQUIDO	33 29 23 19	25,58 25,09 25,90 25,85	22,93 22,44 23,11 22,84	19,98 19,52 20,12 19,67	89,83 90,75 93,31 94,95	92,37
3.- LIMITE PLASTICO		24,75 23,77	24,12 23,15	20,70 20,04	18,42 19,94	19,18
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 126,80 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 89,31				ARENA= 7 %		
				FINOS= 93 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 92,00 %		
1 1/2"	0,00	0,00	100	LP = 19,00 %		
1"	0,00	0,00	100	IP = 73,00 %		
3/4"	0,00	0,00	100	CLASIFICACION:		
1/2"	0,00	0,00	100	SUCS = CH1		
3/8"	0,00	0,00	100	AASHTO= A-7-6		
No. 4	0,10	0,11	100	IG(86)= 76		
No. 10	0,10	0,22	100	IG(45)= 20		
No. 40	0,90	1,23	99			
No. 200	5,40	7,28	93			
COLOR= LILA						



ING. DIEGO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
LABORATORISTA



RESUMEN DE DATOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO

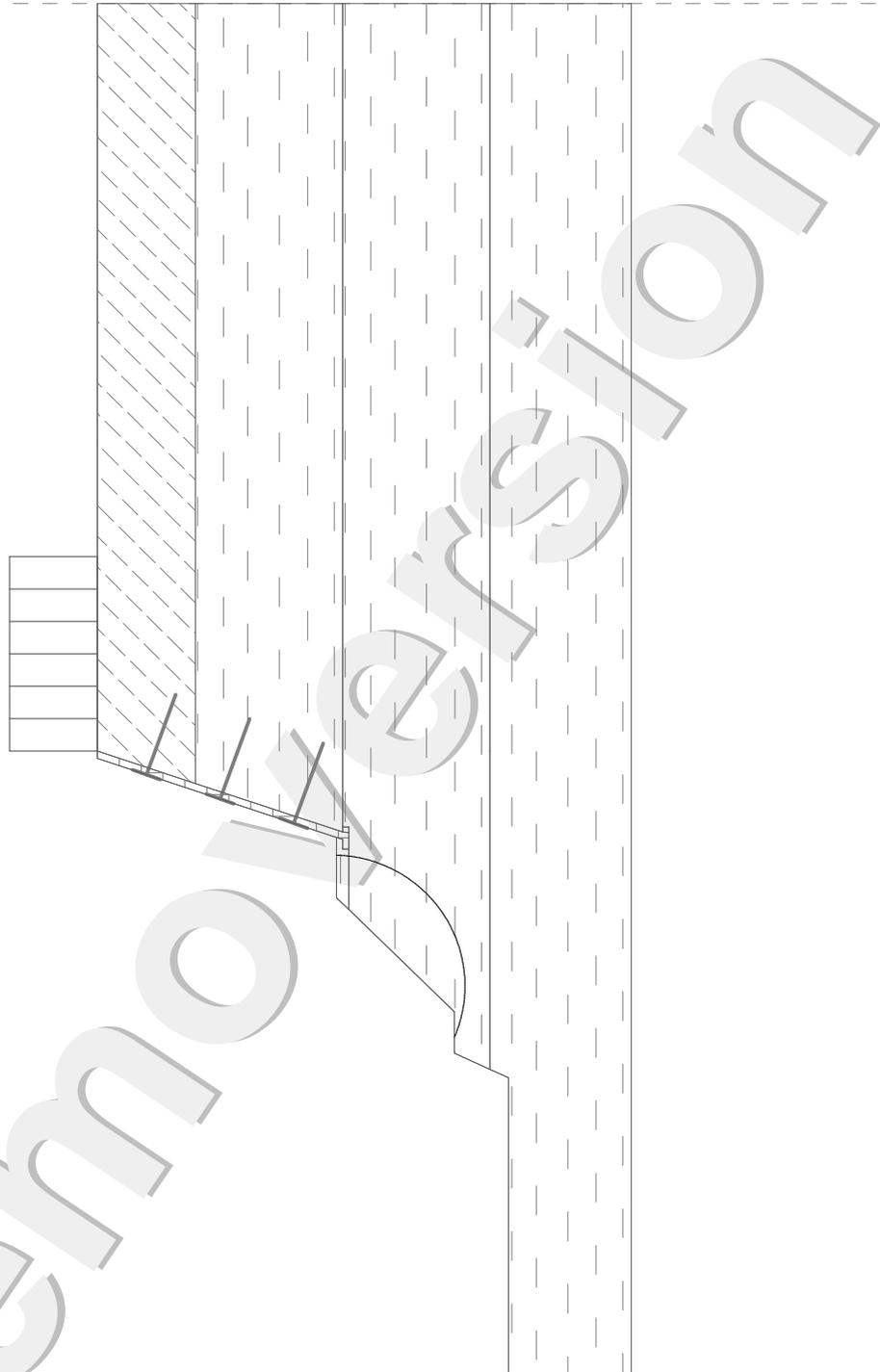
PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DE LA AV. LOJA DE LA CIUDAD DE CARIAMANGA
 OBRA: ESTUDIO DE SUELO
 SOLICITADO POR: YANDRI RIVERA SISNEROS
 REALIZADO POR: YANDRI RIVERA SISNEROS

POZO	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	CLAS. SUCS	CLAS. AASHTO	SPT N	γ hum gr/cm3	γ seco gr/cm3	qu Kg/cm2	cohesion Kg/cm2
1	1,00	36,51	65	44	21	1	31	68	MH1	A-7-5	6		0,00		0
1	2,00	52,91	77	53	24	0	38	62	MH1	A-7-5	18	1,68	1,10	0,38	0,19
1	3,00	47,21	69	57	12	0	66	34	SM	A-2-7	26		0,00		0
1	4,00	47,45	66	45	21	0	42	21	MH1	A-7-5	42		0,00		0
2	1,00	47,49	70	48	22	1	40	59	MH1	A-7-5	16	1,54	1,04	0,54	0,27
2	2,00	48,44	65	40	25	2	59	39	SM	A-7-5	18		0,00		0
2	3,00	48,79	57	39	18	0	79	21	SM	A-2-7	12		0,00		0
2	4,00	51,88	59	43	16	0	49	50	MH1	A-7-5	50		0,00		0
2	5,00	52,78	59	44	15	0	49	51	MH1	A-7-5	50		0,00		0
2	6,00	53,45	59	45	14	0	50	50	MH1	A-7-5	50		0,00		0
2	7,00	53,81	59	47	12	0	32	68	MH1	A-7-5	50		0,00		0
2	8,00	54,97	60	46	14	0	32	67	MH1	A-7-5	50		0,00		0
3	1,00	31,6	63	18	45	0	16	84	CH1	A-7-6	15	1,24	0,94	0,39	0,195
3	2,00	33,25	68	19	49	0	12	88	CH1	A-7-6	18		0,00		0
3	3,00	41,98	57	19	73	0	6	94	CH1	A-7-6	25		0,00		0
3	4,00	52,08	57	42	15	0	49	50	MH1	A-7-5	50		0,00		0

ING. DIEGO CASTILLO
 JEFE DE LABORATORIO

YANDRI RIVERA
 LABORATORISTA





Analysis of the slip surface without optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 152,31$ kN/m

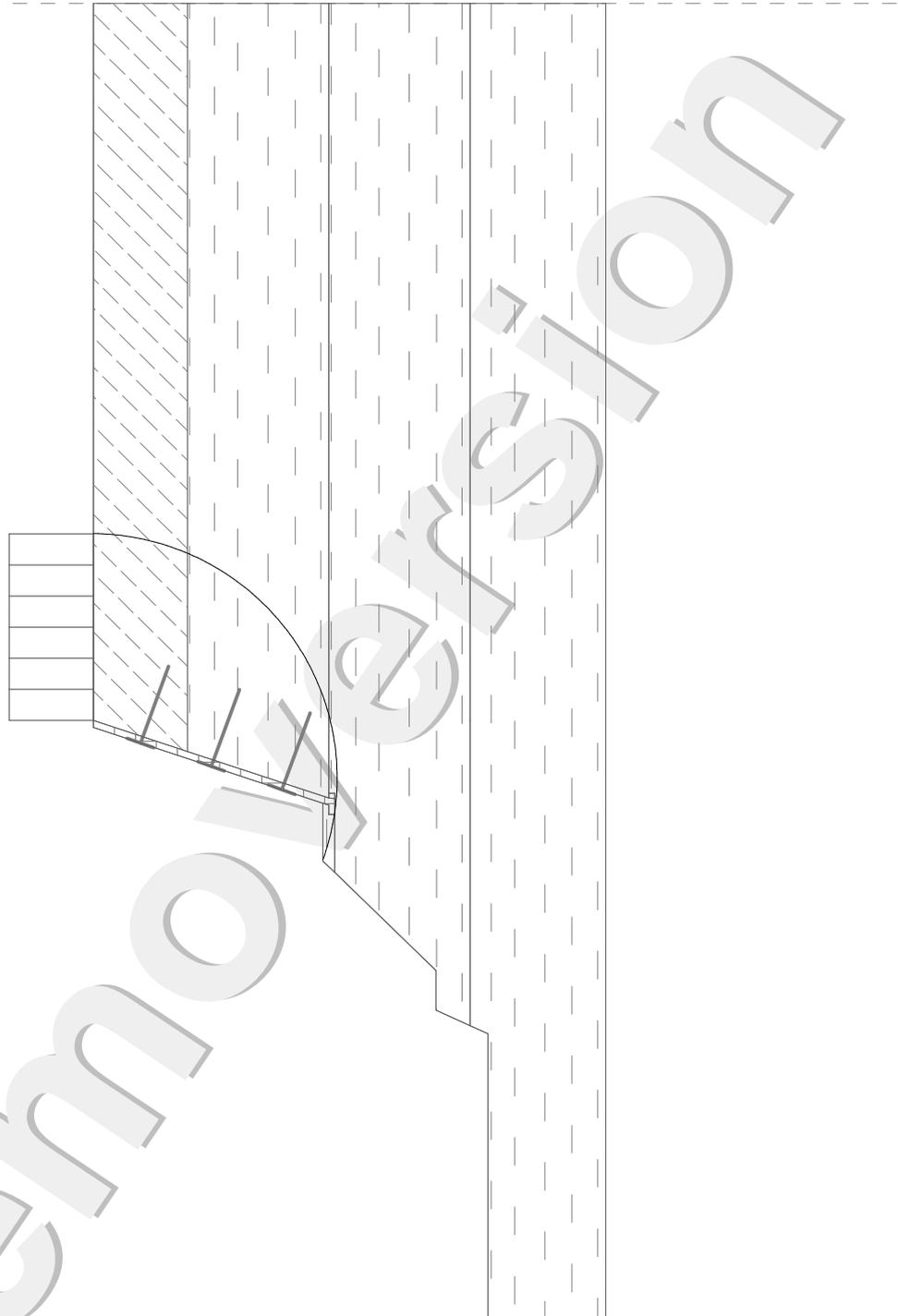
Sum of passive forces : $F_p = 234,78$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 819,45$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 1263,13$ kNm/m

Factor of safety = $1,54 > 1,50$

Slope stability SATISFACTORY



Analysis of the slip surface without optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 779,10$ kN/m

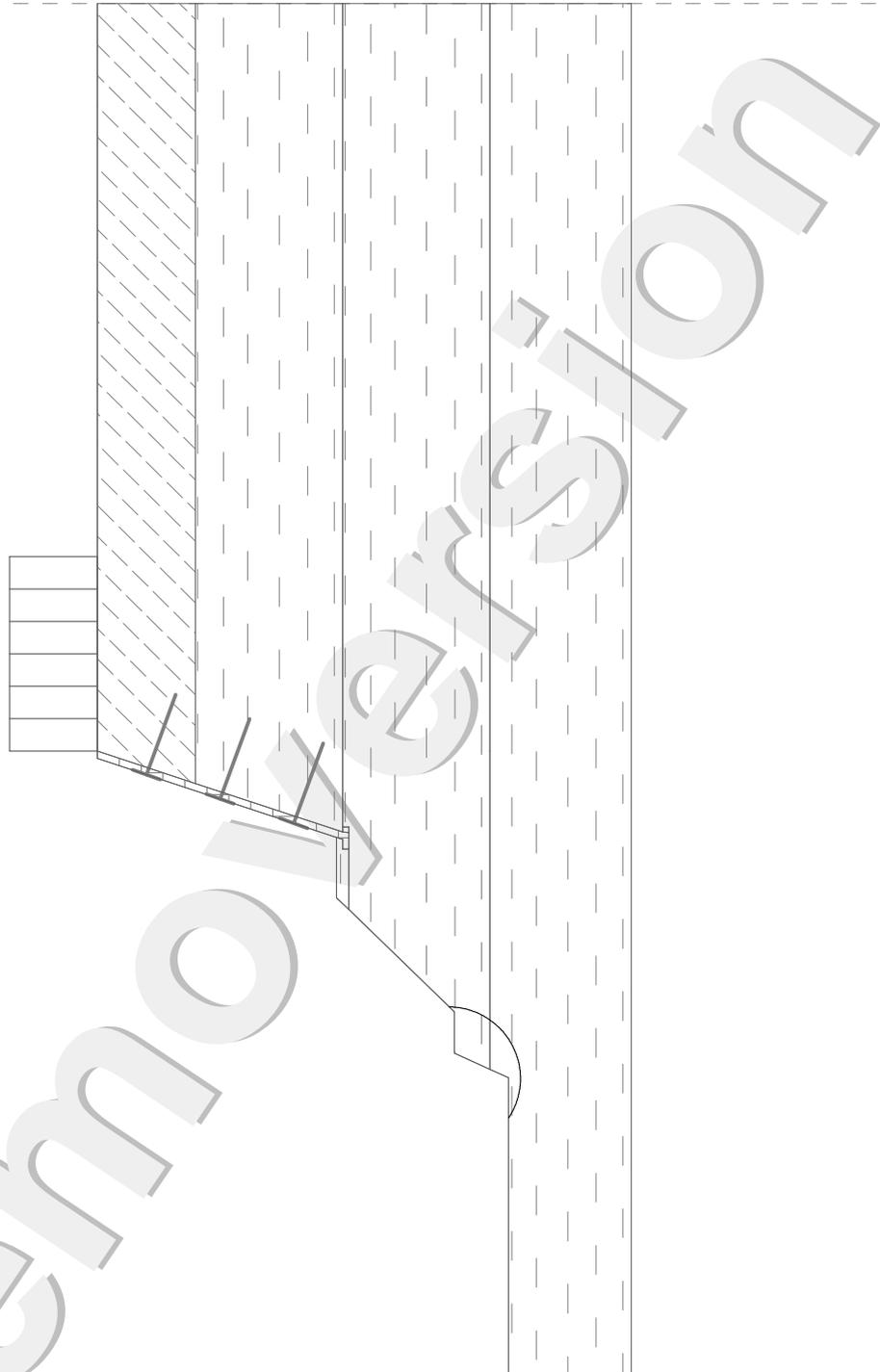
Sum of passive forces : $F_p = 2720,57$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 8172,73$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 28538,78$ kNm/m

Factor of safety = $3,49 > 3,00$

Slope stability SATISFACTORY



Analysis of the slip surface without optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 45,81$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 93,70$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 135,14$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 276,41$ kNm/m

Factor of safety = $2,04 > 1,50$

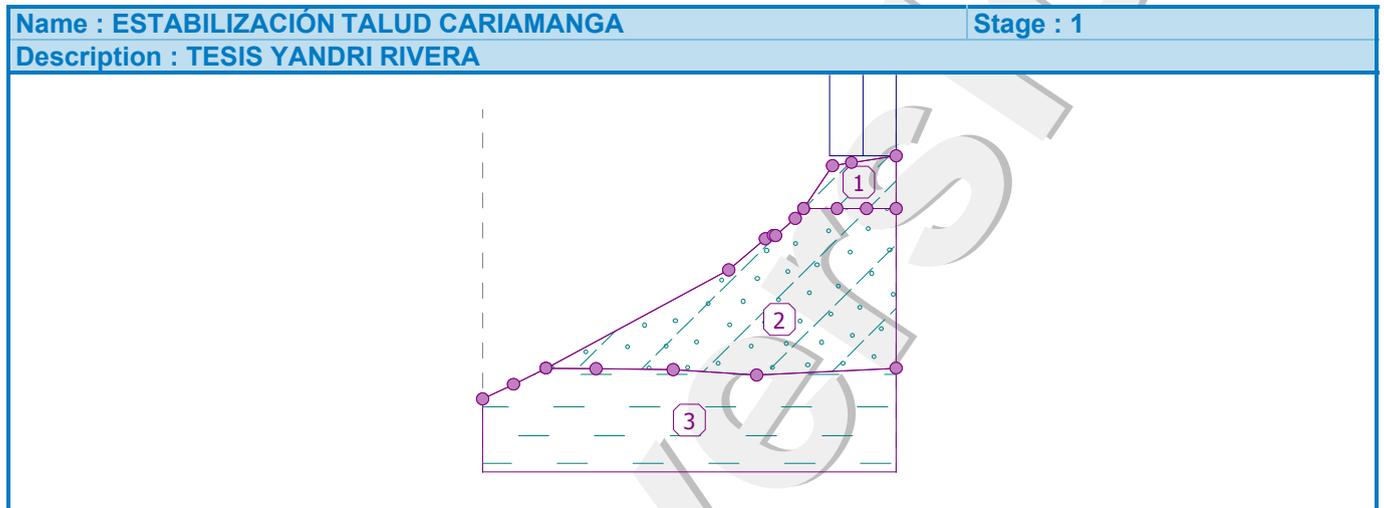
Slope stability SATISFACTORY

Slope stability analysis

Project

Task : ESTABILIZACIÓN TALUD CARIAMANGA
 Part : BERMA N°1 ESTADO NATURAL DEL SUELO
 Description : TESIS DE GRADO PREVIO AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
 User : UTPL
 Author : YANDRI RIVERA
 Date : 26/02/2009

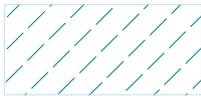
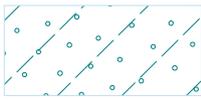
Analysis type : in effective parameters



Interface

Number	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	2,10	0,99	4,30	2,10
		16,66	8,83	19,15	10,97	19,69	11,19
		19,84	11,18	21,17	12,36	21,74	13,03
		23,68	15,97	24,98	16,17	28,00	16,63
2		21,74	13,03	24,00	13,03	26,00	13,03
		28,00	13,03				
3		4,30	2,10	7,68	2,07	12,90	2,01
		18,55	1,64	28,00	2,10		

Soil parameters - effective stress state

Number	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		30,00	5,00	20,00
2	Silty sand (SM)		30,00	5,00	20,00
3	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		30,00	5,00	20,00

Soil parameters - uplift

Number	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		20,00		
2	Silty sand (SM)		20,00		
3	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		20,00		

Soil parameters**High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm**Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$ Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$ Cohesion of soil : $C_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$ Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$ **Silty sand (SM)**Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$ Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$ Cohesion of soil : $C_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$ Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$ **High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm**Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$ Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$ Cohesion of soil : $C_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$ Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$ **Assigning and surfaces**

Number	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		24,00	13,03	26,00	13,03	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm
		28,00	13,03	28,00	16,63	
		24,98	16,17	23,68	15,97	
		21,74	13,03			
2		7,68	2,07	12,90	2,01	Silty sand (SM)
		18,55	1,64	28,00	2,10	
		28,00	13,03	26,00	13,03	
		24,00	13,03	21,74	13,03	
		21,17	12,36	19,84	11,18	
		19,69	11,19	19,15	10,97	
		16,66	8,83	4,30	2,10	
3		18,55	1,64	12,90	2,01	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		7,68	2,07	4,30	2,10	
		2,10	0,99	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	28,00	-5,00	
		28,00	2,10			

Surcharge

Number	Type	/		/		Slope α [°]	Magnitude	
		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂ unit
1	strip	on terrain	x = 23,50	l = 4,50		0,00	17,00	kN/m ²

Surcharges

Number	Name
1	CARGA MUERTA

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Analysis settings

Analysis settings : User-defined

Analysis type : Safety factor
Safety factor : 3,00

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters						
Center :	x =	3,84	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-9,59 [°]
	z =	17,50	[m]		$\alpha_2 =$	69,01 [°]
Radius :	R =	17,29	[m]			
Analysis of the slip surface without optimization.						

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 450,43$ kN/m

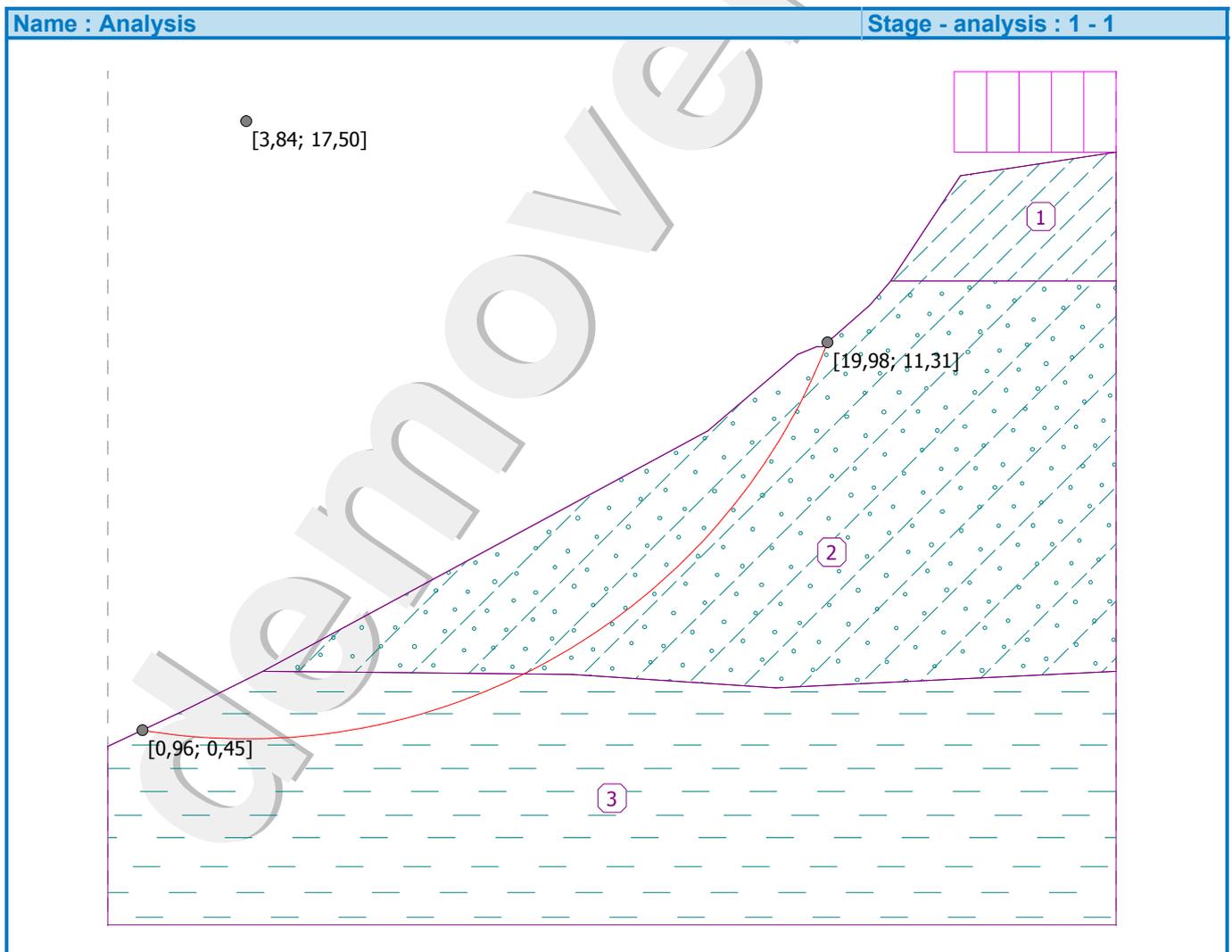
Sum of passive forces : $F_p = 694,31$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 7787,92$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 12004,54$ kNm/m

Factor of safety = 1,54 < 3,00

Slope stability NOT SATISF.

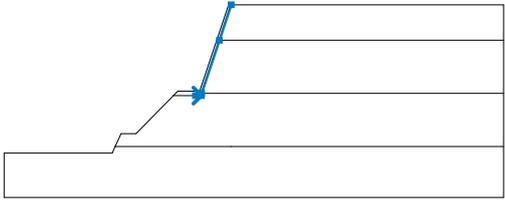
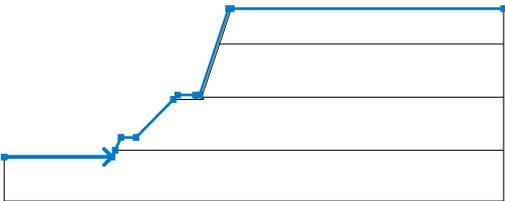
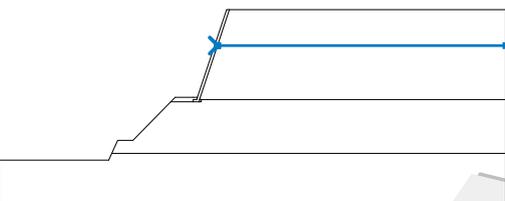
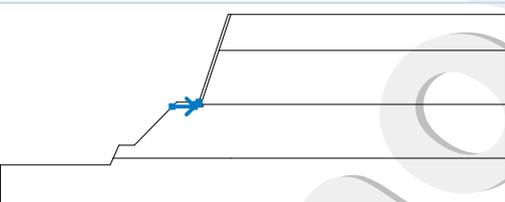
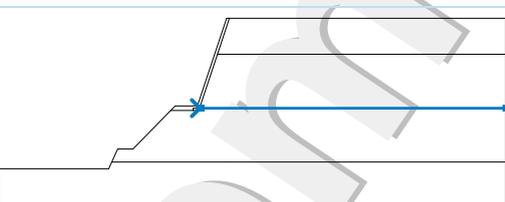
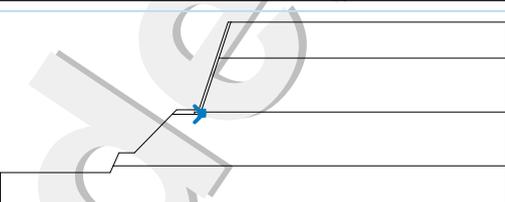


Slope stability analysis

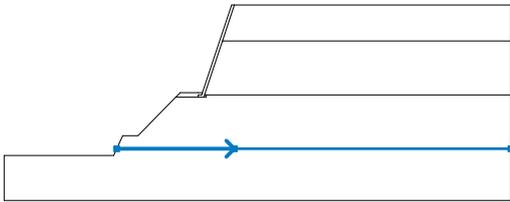
Project

Analysis type : in effective parameters

Interface

Number	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-4,03	-10,25	-3,35	-10,25	-3,33	-10,00
		-1,33	-4,00	0,00	0,00		
2		-25,62	-16,75	-13,43	-16,75	-13,09	-16,00
		-12,43	-14,55	-10,73	-14,55	-6,52	-10,25
		-6,03	-9,75	-4,03	-9,75	-3,55	-9,75
		-0,30	0,00	0,00	0,00	30,75	0,00
3		-1,33	-4,00	-1,28	-4,00	30,75	-4,00
4		-6,52	-10,25	-4,03	-10,25	-4,03	-10,00
		-3,63	-10,00	-3,55	-9,75		
5		-3,33	-10,00	-3,28	-10,00	-3,13	-10,00
		30,75	-10,00				
6		-3,35	-10,25	-3,13	-10,25	-3,13	-10,00



Number	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
7		-13,09	-16,00	0,00	-16,00	30,75	-16,00

Soil parameters - effective stress state

Number	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		30,00	5,00	20,00
2	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		30,00	5,00	20,00

Soil parameters - uplift

Number	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		20,00		
2	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		20,00		

Soil parameters

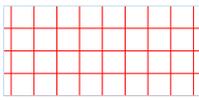
High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Rigid bodies

Number	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Rigid body		17,00

Assigning and surfaces

Number	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-1,28	-4,00	30,75	-4,00	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm
		30,75	0,00	0,00	0,00	
		-1,33	-4,00			
2		-3,28	-10,00	-3,13	-10,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		30,75	-10,00	30,75	-4,00	
		-1,28	-4,00	-1,33	-4,00	
		-3,33	-10,00			
3		-3,63	-10,00	-4,03	-10,00	Rigid body
		-4,03	-10,25	-3,35	-10,25	
		-3,33	-10,00	-1,33	-4,00	
		0,00	0,00	-0,30	0,00	
		-3,55	-9,75			
4		-4,03	-10,25	-4,03	-10,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		-3,63	-10,00	-3,55	-9,75	
		-4,03	-9,75	-6,03	-9,75	
		-6,52	-10,25			
5		-3,13	-10,25	-3,13	-10,00	Rigid body
		-3,28	-10,00	-3,33	-10,00	
		-3,35	-10,25			
6		0,00	-16,00	30,75	-16,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		30,75	-10,00	-3,13	-10,00	
		-3,13	-10,25	-3,35	-10,25	
		-4,03	-10,25	-6,52	-10,25	
		-10,73	-14,55	-12,43	-14,55	
7		0,00	-16,00	-13,09	-16,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		-13,43	-16,75	-25,62	-16,75	
		-25,62	-21,75	30,75	-21,75	
		30,75	-16,00			

Anchors

Number	Origin		Length and slope / coordinates		Anchor spacing	Diameter / area	Elastic modulus	Break force	Active	Force
	x [m]	z [m]	l [m] / x [m]	α [°] / z [m]						
1	-0,97	-2,00	l = 3,50	$\alpha = 20,00$	3,00	d =			No	30,00
2	-1,97	-5,00	l = 3,50	$\alpha = 20,00$	3,00	d =			No	30,00
3	-2,97	-8,00	l = 3,50	$\alpha = 20,00$	3,00	d =			No	30,00

Surcharge

--

Number	Type	/		/		Slope α [°]	Magnitude		
		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	unit
1	strip	on terrain	x = 0,00	l = 8,00		0,00	15,00		kN/m ²

Surcharges

Number	Name
1	CARGA MUERTA

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Analysis settings

Analysis settings : User-defined

Analysis type : Safety factor

Safety factor : 3,00

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	-2,47	[m]	Angles :	α_1 =	-19,47	[°]
	z =	0,14	[m]		α_2 =	89,24	[°]
Radius :	R =	10,49	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 779,10$ kN/m

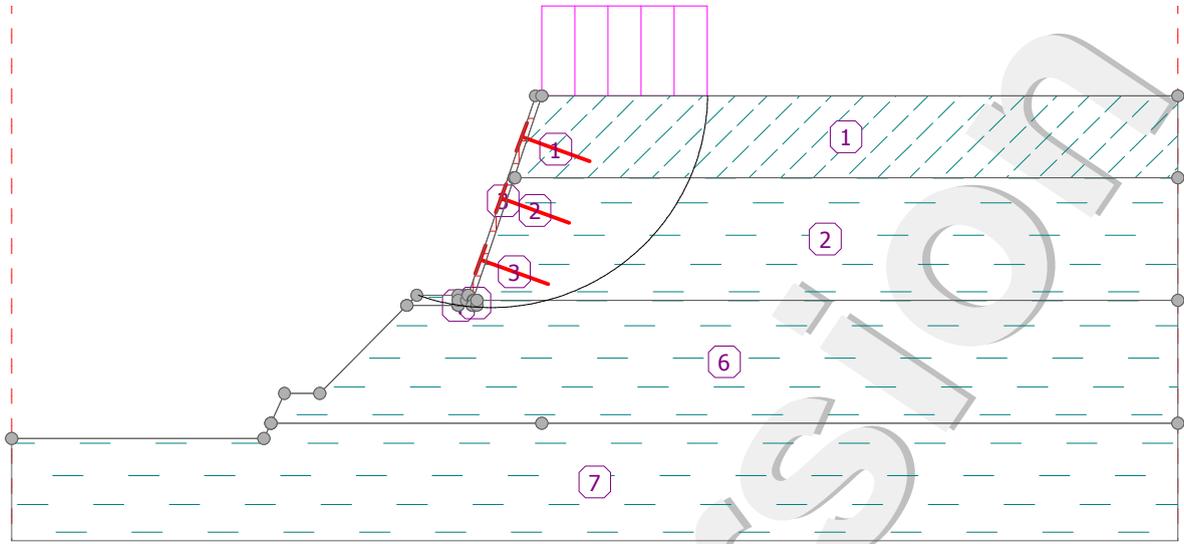
Sum of passive forces : $F_p = 2720,57$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 8172,73$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 28538,78$ kNm/m

Factor of safety = 3,49 > 3,00

Slope stability SATISFACTORY



demo version

Slope stability analysis

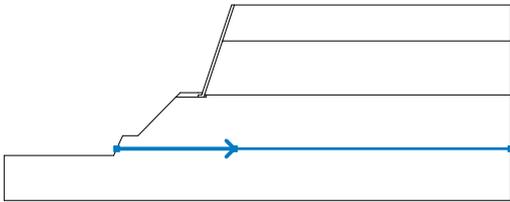
Project

Analysis type : in effective parameters

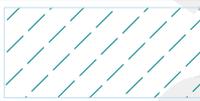
Interface

Number	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-4,03	-10,25	-3,35	-10,25	-3,33	-10,00
		-1,33	-4,00	0,00	0,00		
2		-25,62	-16,75	-13,43	-16,75	-13,09	-16,00
		-12,43	-14,55	-10,73	-14,55	-6,52	-10,25
		-6,03	-9,75	-4,03	-9,75	-3,55	-9,75
		-0,30	0,00	0,00	0,00	30,75	0,00
3		-1,33	-4,00	-1,28	-4,00	30,75	-4,00
4		-6,52	-10,25	-4,03	-10,25	-4,03	-10,00
		-3,63	-10,00	-3,55	-9,75		
5		-3,33	-10,00	-3,28	-10,00	-3,13	-10,00
		30,75	-10,00				
6		-3,35	-10,25	-3,13	-10,25	-3,13	-10,00



Number	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
7		-13,09	-16,00	0,00	-16,00	30,75	-16,00

Soil parameters - effective stress state

Number	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		30,00	5,00	20,00
2	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		30,00	5,00	20,00

Soil parameters - uplift

Number	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		20,00		
2	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		20,00		

Soil parameters

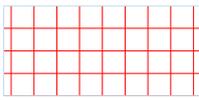
High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Rigid bodies

Number	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Rigid body		17,00

Assigning and surfaces

Number	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-1,28	-4,00	30,75	-4,00	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm
		30,75	0,00	0,00	0,00	
		-1,33	-4,00			
2		-3,28	-10,00	-3,13	-10,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		30,75	-10,00	30,75	-4,00	
		-1,28	-4,00	-1,33	-4,00	
		-3,33	-10,00			
3		-3,63	-10,00	-4,03	-10,00	Rigid body
		-4,03	-10,25	-3,35	-10,25	
		-3,33	-10,00	-1,33	-4,00	
		0,00	0,00	-0,30	0,00	
		-3,55	-9,75			
4		-4,03	-10,25	-4,03	-10,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		-3,63	-10,00	-3,55	-9,75	
		-4,03	-9,75	-6,03	-9,75	
		-6,52	-10,25			
5		-3,13	-10,25	-3,13	-10,00	Rigid body
		-3,28	-10,00	-3,33	-10,00	
		-3,35	-10,25			
6		0,00	-16,00	30,75	-16,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		30,75	-10,00	-3,13	-10,00	
		-3,13	-10,25	-3,35	-10,25	
		-4,03	-10,25	-6,52	-10,25	
		-10,73	-14,55	-12,43	-14,55	
7		0,00	-16,00	-13,09	-16,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		-13,43	-16,75	-25,62	-16,75	
		-25,62	-21,75	30,75	-21,75	
		30,75	-16,00			

Anchors

Number	Origin		Length and slope / coordinates		Anchor spacing b [m]	Diameter / area d [mm] / A [mm ²]	Elastic modulus E [MPa]	Break force F _c [kN]	Active in compress.	Force F [kN]
	x [m]	z [m]	l [m] / x [m]	α [°] / z [m]						
1	-0,97	-2,00	l = 3,50	α = 20,00	3,00	d =			No	30,00
2	-1,97	-5,00	l = 3,50	α = 20,00	3,00	d =			No	30,00
3	-2,97	-8,00	l = 3,50	α = 20,00	3,00	d =			No	30,00

Surcharge

--

Number	Type	/		/		Slope α [°]	Magnitude		
		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	unit
1	strip	on terrain	x = 0,00	l = 8,00		0,00	15,00		kN/m ²

Surcharges

Number	Name
1	CARGA MUERTA

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Analysis settings

Analysis settings : User-defined

Analysis type : Safety factor

Safety factor : 1,50

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	-9,66	[m]	Angles :	α_1 =	-23,06	[°]
	z =	-9,60	[m]		α_2 =	88,40	[°]
Radius :	R =	5,38	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 152,31$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 234,78$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 819,45$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 1263,13$ kNm/m

Factor of safety = 1,54 > 1,50

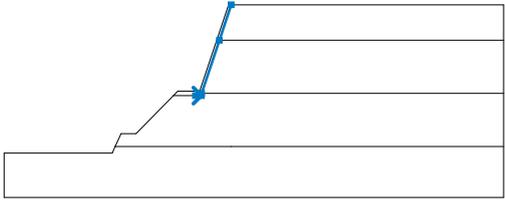
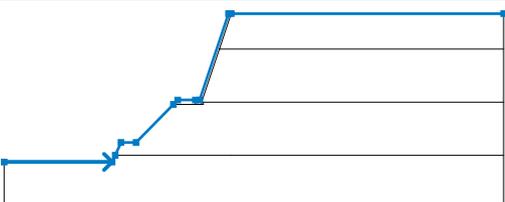
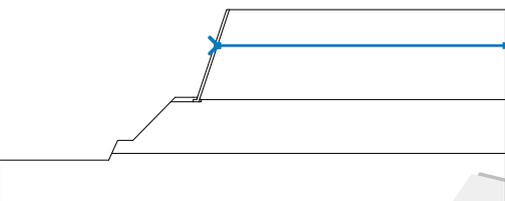
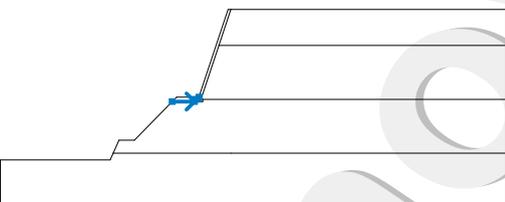
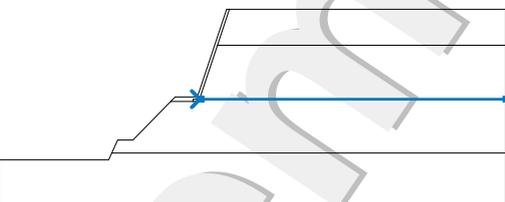
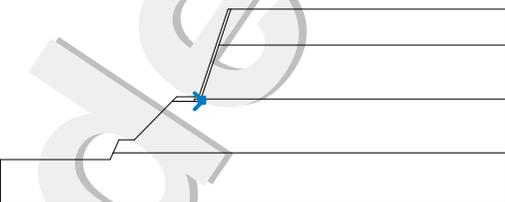
Slope stability SATISFACTORY

Slope stability analysis

Project

Analysis type : in effective parameters

Interface

Number	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-4,03	-10,25	-3,35	-10,25	-3,33	-10,00
		-1,33	-4,00	0,00	0,00		
2		-25,62	-16,75	-13,43	-16,75	-13,09	-16,00
		-12,43	-14,55	-10,73	-14,55	-6,52	-10,25
		-6,03	-9,75	-4,03	-9,75	-3,55	-9,75
		-0,30	0,00	0,00	0,00	30,75	0,00
3		-1,33	-4,00	-1,28	-4,00	30,75	-4,00
4		-6,52	-10,25	-4,03	-10,25	-4,03	-10,00
		-3,63	-10,00	-3,55	-9,75		
5		-3,33	-10,00	-3,28	-10,00	-3,13	-10,00
		30,75	-10,00				
6		-3,35	-10,25	-3,13	-10,25	-3,13	-10,00



Number	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
7		-13,09	-16,00	0,00	-16,00	30,75	-16,00

Soil parameters - effective stress state

Number	Name	Pattern	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		30,00	5,00	20,00
2	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		30,00	5,00	20,00

Soil parameters - uplift

Number	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		20,00		
2	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		20,00		

Soil parameters

High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm

Unit weight : $\gamma = 20,00$ kN/m³
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 30,00$ °
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 5,00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00$ kN/m³

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm

Unit weight : $\gamma = 20,00$ kN/m³
 Angle of internal friction : $\phi_{ef} = 30,00$ °
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 5,00$ kPa
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00$ kN/m³

Rigid bodies

Number	Name	Sample	γ [kN/m ³]
1	Rigid body		17,00

Assigning and surfaces

Number	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		-1,28	-4,00	30,75	-4,00	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm
		30,75	0,00	0,00	0,00	
		-1,33	-4,00			
2		-3,28	-10,00	-3,13	-10,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		30,75	-10,00	30,75	-4,00	
		-1,28	-4,00	-1,33	-4,00	
		-3,33	-10,00			
3		-3,63	-10,00	-4,03	-10,00	Rigid body
		-4,03	-10,25	-3,35	-10,25	
		-3,33	-10,00	-1,33	-4,00	
		0,00	0,00	-0,30	0,00	
		-3,55	-9,75			
4		-4,03	-10,25	-4,03	-10,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		-3,63	-10,00	-3,55	-9,75	
		-4,03	-9,75	-6,03	-9,75	
		-6,52	-10,25			
5		-3,13	-10,25	-3,13	-10,00	Rigid body
		-3,28	-10,00	-3,33	-10,00	
		-3,35	-10,25			
6		0,00	-16,00	30,75	-16,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		30,75	-10,00	-3,13	-10,00	
		-3,13	-10,25	-3,35	-10,25	
		-4,03	-10,25	-6,52	-10,25	
		-10,73	-14,55	-12,43	-14,55	
7		0,00	-16,00	-13,09	-16,00	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		-13,43	-16,75	-25,62	-16,75	
		-25,62	-21,75	30,75	-21,75	
		30,75	-16,00			

Anchors

Number	Origin		Length and slope / coordinates		Anchor spacing b [m]	Diameter / area d [mm] / A [mm ²]	Elastic modulus E [MPa]	Break force F _c [kN]	Active in compression	Force F [kN]
	x [m]	z [m]	l [m] / x [m]	α [°] / z [m]						
1	-0,97	-2,00	l = 3,50	α = 20,00	3,00	d =			No	30,00
2	-1,97	-5,00	l = 3,50	α = 20,00	3,00	d =			No	30,00
3	-2,97	-8,00	l = 3,50	α = 20,00	3,00	d =			No	30,00

Surcharge

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Number	Type	/		/		Slope α [°]	Magnitude		
		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	unit
1	strip	on terrain	x = 0,00	l = 8,00		0,00	15,00		kN/m ²

Surcharges

Number	Name
1	CARGA MUERTA

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Analysis settings

Analysis settings : User-defined

Analysis type : Safety factor

Safety factor : 1,50

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters						
Center :	x =	-13,47	[m]	Angles :	α_1 =	-33,50 [°]
	z =	-14,29	[m]		α_2 =	89,11 [°]
Radius :	R =	2,95	[m]			
Analysis of the slip surface without optimization.						

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 45,81$ kN/m

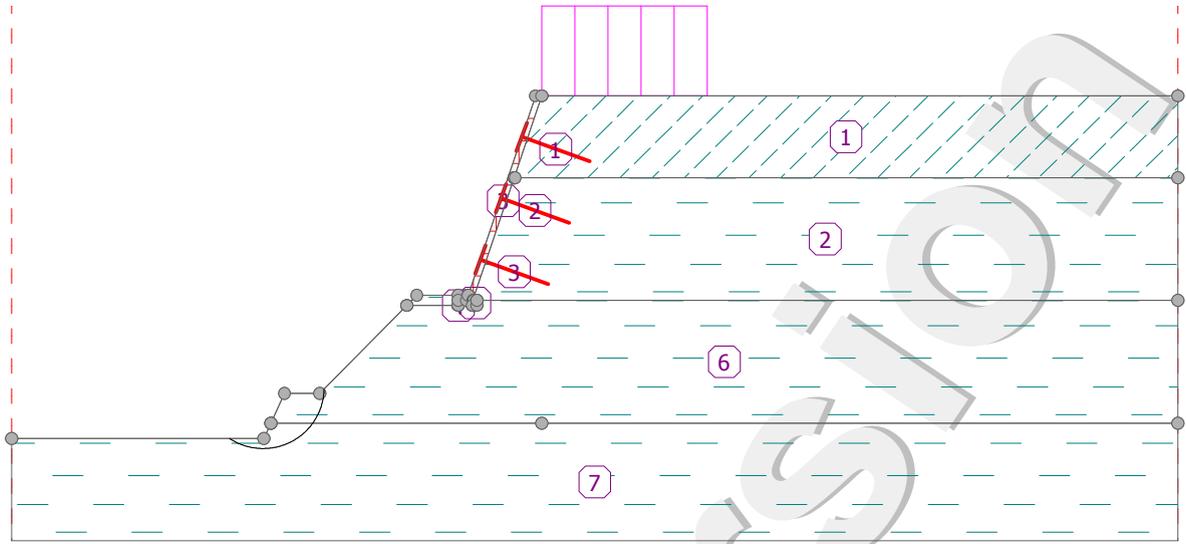
Sum of passive forces : $F_p = 93,70$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 135,14$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 276,41$ kNm/m

Factor of safety = 2,04 > 1,50

Slope stability SATISFACTORY

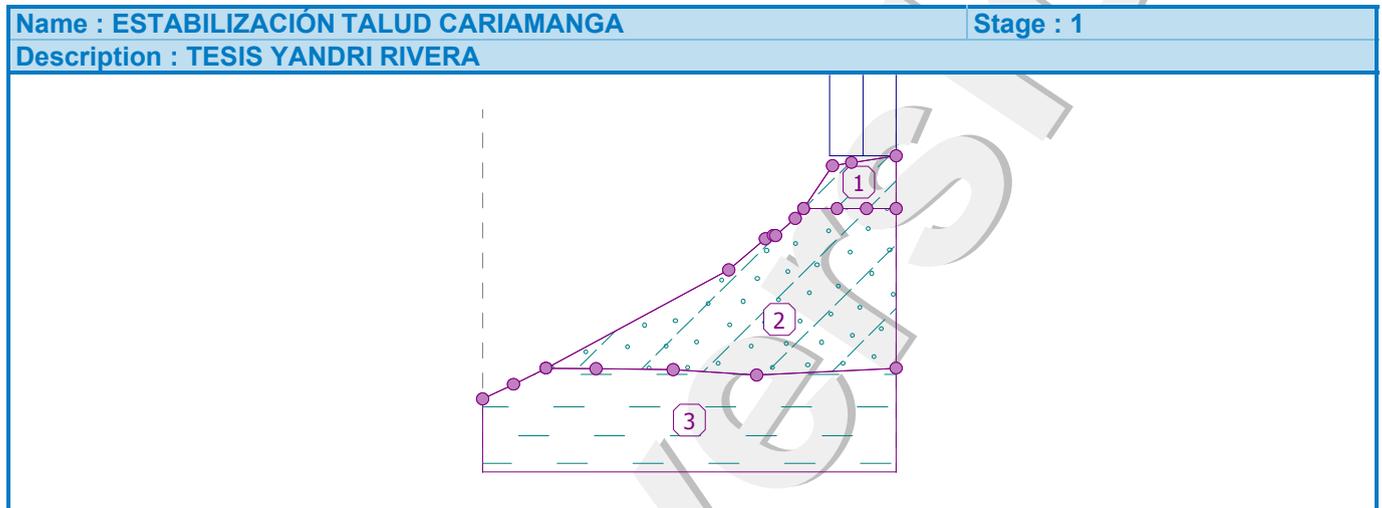


Slope stability analysis

Project

Task : ESTABILIZACIÓN TALUD CARIAMANGA
 Part : BERMA N°1 ESTADO NATURAL DEL SUELO
 Description : TESIS DE GRADO PREVIO AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
 User : UTPL
 Author : YANDRI RIVERA
 Date : 26/02/2009

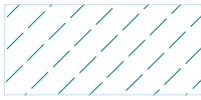
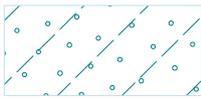
Analysis type : in effective parameters



Interface

Number	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	2,10	0,99	4,30	2,10
		16,66	8,83	19,15	10,97	19,69	11,19
		19,84	11,18	21,17	12,36	21,74	13,03
		23,68	15,97	24,98	16,17	28,00	16,63
2		21,74	13,03	24,00	13,03	26,00	13,03
		28,00	13,03				
3		4,30	2,10	7,68	2,07	12,90	2,01
		18,55	1,64	28,00	2,10		

Soil parameters - effective stress state

Number	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		30,00	5,00	20,00
2	Silty sand (SM)		30,00	5,00	20,00
3	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		30,00	5,00	20,00

Soil parameters - uplift

Number	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		20,00		
2	Silty sand (SM)		20,00		
3	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		20,00		

Soil parameters**High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm**

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $C_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Silty sand (SM)

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $C_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $C_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Assigning and surfaces

Number	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		24,00	13,03	26,00	13,03	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm
		28,00	13,03	28,00	16,63	
		24,98	16,17	23,68	15,97	
		21,74	13,03			
2		7,68	2,07	12,90	2,01	Silty sand (SM)
		18,55	1,64	28,00	2,10	
		28,00	13,03	26,00	13,03	
		24,00	13,03	21,74	13,03	
		21,17	12,36	19,84	11,18	
		19,69	11,19	19,15	10,97	
		16,66	8,83	4,30	2,10	
3		18,55	1,64	12,90	2,01	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		7,68	2,07	4,30	2,10	
		2,10	0,99	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	28,00	-5,00	
		28,00	2,10			

Surcharge

Number	Type	/		/		Slope	Magnitude			
		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		α [°]	q, q ₁ , f, F	q ₂	unit
1	strip	on terrain	x = 23,50	l = 4,50		0,00	17,00			kN/m ²

Surcharges

Number	Name
1	CARGA MUERTA

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Analysis settings

Analysis settings : User-defined

Analysis type : Safety factor
Safety factor : 3,00

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	4,54	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-9,17	[°]
	z =	23,41	[m]		$\alpha_2 =$	72,63	[°]
Radius :	R =	23,32	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 1057,36$ kN/m

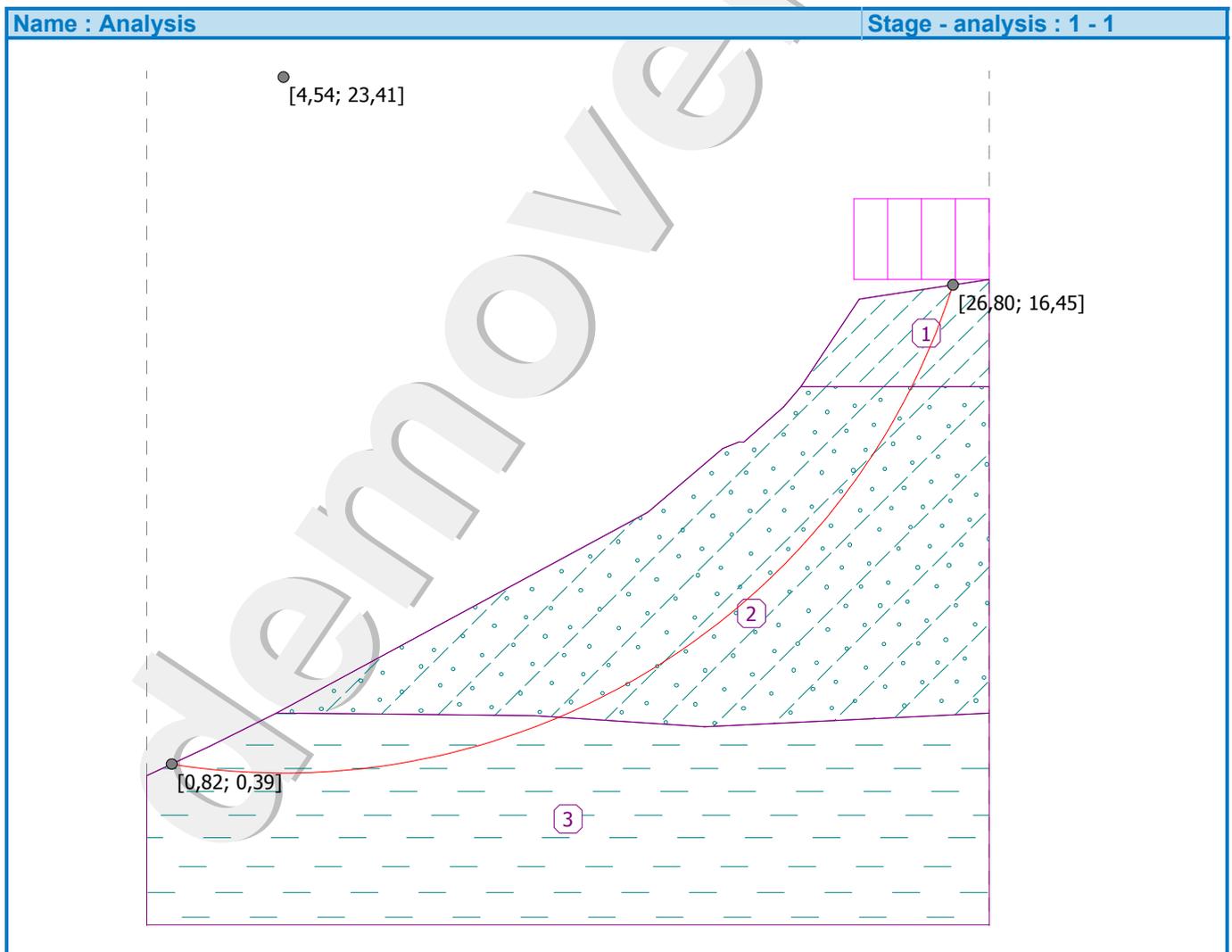
Sum of passive forces : $F_p = 1352,83$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 24657,55$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 31547,98$ kNm/m

Factor of safety = $1,28 < 3,00$

Slope stability NOT SATISF.

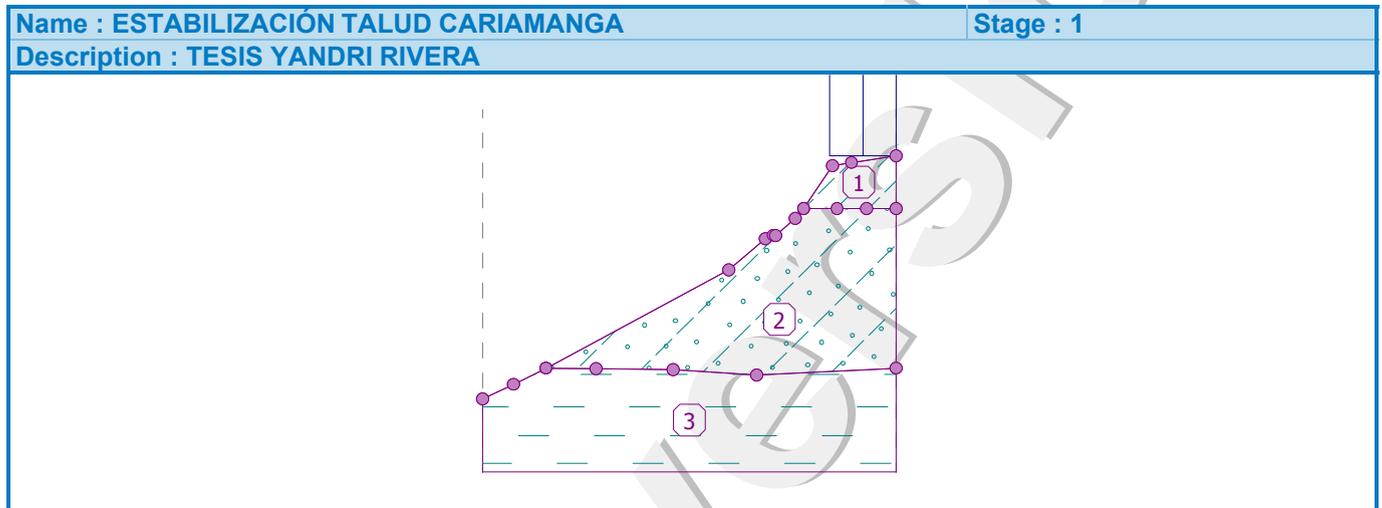


Slope stability analysis

Project

Task : ESTABILIZACIÓN TALUD CARIAMANGA
 Part : BERMA N°1 ESTADO NATURAL DEL SUELO
 Description : TESIS DE GRADO PREVIO AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
 User : UTPL
 Author : YANDRI RIVERA
 Date : 26/02/2009

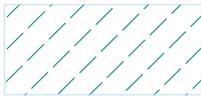
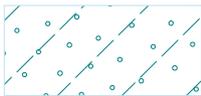
Analysis type : in effective parameters



Interface

Number	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	2,10	0,99	4,30	2,10
		16,66	8,83	19,15	10,97	19,69	11,19
		19,84	11,18	21,17	12,36	21,74	13,03
		23,68	15,97	24,98	16,17	28,00	16,63
2		21,74	13,03	24,00	13,03	26,00	13,03
		28,00	13,03				
3		4,30	2,10	7,68	2,07	12,90	2,01
		18,55	1,64	28,00	2,10		

Soil parameters - effective stress state

Number	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	C_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		30,00	5,00	20,00
2	Silty sand (SM)		30,00	5,00	20,00
3	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		30,00	5,00	20,00

Soil parameters - uplift

Number	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm		20,00		
2	Silty sand (SM)		20,00		
3	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm		20,00		

Soil parameters**High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm**

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $C_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Silty sand (SM)

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $C_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm

Unit weight : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Cohesion of soil : $C_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Assigning and surfaces

Number	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		24,00	13,03	26,00	13,03	High plasticity silt (MH,MV,ME), consistency firm
		28,00	13,03	28,00	16,63	
		24,98	16,17	23,68	15,97	
		21,74	13,03			
2		7,68	2,07	12,90	2,01	Silty sand (SM)
		18,55	1,64	28,00	2,10	
		28,00	13,03	26,00	13,03	
		24,00	13,03	21,74	13,03	
		21,17	12,36	19,84	11,18	
		19,69	11,19	19,15	10,97	
		16,66	8,83	4,30	2,10	
3		18,55	1,64	12,90	2,01	High plasticity clay (CH,CV,CE), consistency firm
		7,68	2,07	4,30	2,10	
		2,10	0,99	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	28,00	-5,00	
		28,00	2,10			

Surcharge

Number	Type	/		/		Slope	Magnitude			
		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		α [°]	q, q ₁ , f, F	q ₂	unit
1	strip	on terrain	x = 23,50	l = 4,50		0,00	17,00			kN/m ²

Surcharges

Number	Name
1	CARGA MUERTA

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Analysis settings

Analysis settings : User-defined

Analysis type : Safety factor
Safety factor : 3,00

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	21,53	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-17,87	[°]
	z =	16,90	[m]		$\alpha_2 =$	86,72	[°]
Radius :	R =	6,00	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 236,22$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 336,67$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 1417,31$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 2020,02$ kNm/m

Factor of safety = $1,42 < 3,00$

Slope stability NOT SATISF.

