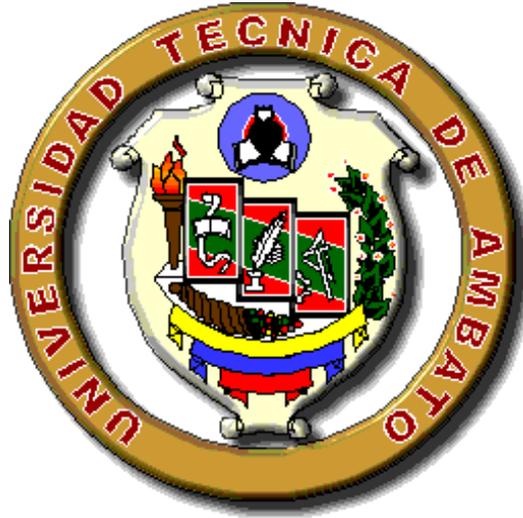


UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO



CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES

INFORME DE INVESTIGACION SOBRE

“MODELO PARA ESTABILIZACION DE TALUDES EN LA CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL QUE PERMITA DISMINUIR COSTOS DE MANTENIMIENTO”

AUTOR: Ing. MARIO EFRAIN HURTADO LASCANO

TUTOR: Ing. FRANCISCO FERNADEZ Ph. D.

Ambato – Ecuador

Abril, 2009

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a mi Esposa, quien es, ha sido y seguirá siendo mi gran apoyo, quien con su cariño me ha dado el apoyo que se necesitó para poder llegar a cumplir un objetivo más de la vida. También lo dedico a mis Padres José y Aída, quienes supieron hacer de mi una persona que siempre trata de superarse día a día, sin dejar que las dificultades interfieran mi camino.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento en las personas del Ing. Francisco Fernández Ph. D., por una excelente Tutoría que realizó durante la investigación a través de su amplia experiencia y sus bastos conocimientos en el área de Ingeniería Civil, además a los profesores del Tribunal del Consejo de Postgrado de la Universidad Técnica de Ambato.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES

“MODELO PARA ESTABILIZACION DE TALUDES EN LA CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL QUE PERMITA DISMINUIR COSTOS DE MANTENIMIENTO”

AUTOR: Ing. MARIO EFRAIN HURTADO LASCANO

TUTOR: Ing. FRANCISCO FERNADEZ Ph. D.

FECHA: Abril, 2009

RESUMEN

- Evaluación de taludes inestables en la carretera Selva Alegre – Saguangal.
- Análisis de inestabilidad de taludes en la carretera Selva Alegre – Saguangal.
- Evaluación de factor de seguridad.
- Criterios para estabilizar taludes inestables.
- Métodos para estabilizar taludes.
- Análisis de aplicabilidad de sistemas de estabilización de taludes.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Propuesta de sistemas de estabilización aplicables a la carretera Selva Alegre – Saguangal.

INDICE

CAPITULO 1	Pág.
EL PROBLEMA	1
1.1.- Tema.	1
1.2.- Planteamiento del Problema.	2
1.2.1.- Contextualización.	2
1.2.2. Análisis Crítico.	3
1.2.3. Prognosis.	3
1.2.4. Formulación del problema.	4
1.2.5. Interrogantes.	4
1.2.6. Delimitación.	4
1.2.6.1. Delimitación de contenido.	4
1.2.6.2. Delimitación temporal.	4
1.2.6.3. Delimitación espacial.	4
1.3. Justificación.	5
1.4. Objetivos General y Específicos.	6
1.4.1. General.	6
1.4.2. Específicos.	6
CAPITULO 2	
MARCO TEORICO	7
2.1. Antecedentes investigativos.	7
2.1.1. Inestabilidad de Taludes.	7
2.1.2. Marco Teórico.	8
2.1.2.1. Factores que influyen en el desprendimiento de masas.	8
2.1.2.1.1 Factores condicionantes (intrínsecos).	8
2.1.2.1.2 Factores desencadenantes (externos).	9
2.1.2.1.3 Clasificación de las inestabilidades de laderas.	9

2.1.2.1.3.1. Clasificación de la inestabilidad de laderas.	10
2.1.2.1.4. El cálculo de la estabilidad global en suelos.	20
2.1.2.1.5. Principios generales del cálculo.	22
2.1.2.1.6. Prevención, Estabilización y Diseño.	23
2.1.2.1.6.1 Métodos para disminuir o eliminar el riesgo de deslizamientos.	24
2.2. Fundamentación Legal.	31
2.3. Categorías Fundamentales.	31
2.4. Hipótesis.	31
2.5. Señalamiento de Variables.	32
2.5.1 Variable Independiente.	32
2.5.2. Variable Dependiente.	32

CAPITULO 3

METODOLOGIA	33
3.1.- Modalidad básica de la investigación.	33
3.2. Nivel y tipo de investigación.	33
3.3.- Población y muestra.	33
3.3.1.- Población.	33
3.3.2.- Muestra.	34
3.4.- Operacionalización de variables.	34
3.5. Plan de recolección de información.	34
3.6. Plan de procesamiento de la información.	35

CAPITULO 4

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	36
4.1. Análisis de los resultados.	36
4.2. Interpretación de datos.	37

4.2.1. Volúmenes de limpieza de derrumbes en la construcción de la carretera Selva Alegre - Saguangal.	53
4.2.2. Análisis económico de la limpieza de derrumbes en la construcción de la carretera Selva Alegre - Saguangal.	54
4.3. Análisis del Factor de Seguridad en taludes con deslizamientos.	55
4.3.1 Análisis de fallas planas.	55
4.3.2 Análisis de rotura plana.	57
4.3.2.1. Análisis de equilibrio límite.	59
4.3.2.1.1. Fuerza resistente (Fr).	59
4.3.2.1.2. Fuerza resistente (Fm).	62
4.4. Factor de seguridad en taludes existentes.	64

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1 Conclusiones.	70
5.2 Recomendaciones.	71

CAPITULO 6

PROPUESTA	72
6.1. Datos informativos.	72
6.1.2. Principales sistemas a utilizar para estabilización.	72
6.2. Antecedentes de la propuesta.	73
6.3. Justificación.	76
6.4. Objetivos.	76
6.5. Análisis de factibilidad.	77
6.5.1. Análisis de factor de seguridad de rediseño.	77
6.5.2. Sembrado en taludes inestables.	78
6.6. Fundamentación.	80
6.6.1. Abatimiento de talud.	80

6.6.2. Sembrado en el talud.	81
6.2.3. Drenaje para taludes.	83
6.2.3.1. Cunetas de coronación.	83
6.2.3.2. Zanjas de Talud.	83
6.7. Metodología. Modelo operativo.	85
6.8. Administración.	86
6.9. Previsión de la evaluación.	87

BILIOGRAFIA

ANEXOS

MODELO PARA ESTABILIZACION DE TALUDES EN LA CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL QUE PERMITA DISMINUIR COSTOS DE MANTENIMIENTO

CAPITULO 1

EL PROBLEMA

1.1.- Tema

Toda carretera se encuentra estructurada sobre la corteza terrestre, considerando la geología de los lugares que la atraviesan, estos pueden o no tener la necesidad de conformación de taludes, la misma que se relaciona directamente de acuerdo a la topografía existente así como del diseño de la vía en su concepción longitudinal y transversal. De lo anotado, a lo largo del trazado de una vía podemos tener la presencia de taludes inestables, los cuales pueden representar un verdadero problema y peligro para los usuarios de las vías.

Dentro del estudio de este fenómeno natural, existen otros fenómenos que cooperan en el proceso de la inestabilidad de taludes, los mismos que los podemos calificar como externos y se encuentran formados por el aire, la lluvia, los movimientos tectónicos, procesos eruptivos y el hombre.

Uno de los problemas viales que consumen mayor cantidad de recursos económicos y técnicos es el mantenimiento de los taludes y corrección de los deslizamientos, sin embargo sin la ejecución de estas actividades, serían frecuentes las restricciones e interrupciones del tráfico con los peligros a la seguridad de los usuarios. Se hace necesario entonces la formación de equipos de investigación que lleven a cabo el

estudio de las causas y fallas de taludes de corte o laderas, mediante lo cual se establezcan las medidas correctivas para minimizar su posible efecto.

1.2.- Planteamiento del Problema

1.2.1.- Contextualización

La configuración geográfica del país, difícil y complicada ha influenciado enormemente en el desarrollo de la economía y del sistema interno del transporte del Ecuador, las cordilleras oriental y central de los Andes que atraviesan el país de norte a sur y lo dividen en tres regiones notoriamente diferentes y con marcados contrastes, las que son conocidas como costa, sierra y oriente; estas cadenas montañosas constituyen barreras físicas para el transporte interno que se desarrolla de oriente a occidente y hacen que el transporte terrestre entre las regiones del país tengan altos costos de operación de los vehículos, velocidades de circulación bajas y en consecuencia tiempos de viaje altos, altas tasas de accidentes, lo que ha contribuido al aislamiento de las tierras agrícolas fértiles de la planicie costera, los grandes centros poblados y los puertos marítimos que conectan con los mercados mundiales. Con el contexto anteriormente citado, el gobierno nacional ha emprendido una importante inversión financiera para la construcción del Tramo Selva Alegre - Saguangal, que forma parte de la carretera Otavalo – Quininde.

Dentro de la etapa constructiva y durante la época invernal se han podido evidenciar los problemas de caída de materiales desde los taludes lo que ha provocado constantes bloqueos de la vía. Tomando en consideración la formación geológica imperante así como el clima propio de la zona entre el Km. 0+000 al Km. 37+720, y dado que no se pueden adoptar otros desvíos para evitarlos, se hace prioritario el estudio, zonificación y propuesta de soluciones en los sitios con problemas de inestabilidad de taludes.

El problema viene originado por la falta de un verdadero sistema que prevenga el deslizamiento y una solución al momento que se ejecutan los primeros movimientos de tierras en los sectores motivos de la investigación.

1.2.2. Análisis Crítico

Al momento de ejecutarse los procedimientos de movimientos de tierras dentro de la construcción de la carretera Selva Alegre – Saguangal, se ha dado a evidenciar que los taludes propuestos no cumplen las expectativas de estabilidad, acompañado a las condiciones climática imperantes en la zona y los tipos de suelos que atraviesan la vía, entonces se hace necesario ejecutar procedimientos de estabilización de taludes. Estos procedimientos de estabilización deben ceñirse a las estratos de suelo, altura del talud, estratigrafía, así como los efectos de las fallas locales y regionales, lo que determinarán que en el futuro el costo de mantenimiento sea disminuido durante la vida útil de la vía, lo cual garantizará el tránsito adecuado y la seguridad de los usuarios.



Figura 1 Deslizamiento de suelo desde talud de la vía Km 10+400

1.2.3. Prognosis

Un inadecuado estudio de los sistemas de estabilización de taludes incrementarán los costos del mantenimiento vial en la carretera Selva Alegre – Saguangal.

1.2.4. Formulación del problema

¿Cuáles serán los mejores sistemas que considerando las ubicación, tipos de suelo, topografía y estratigrafía estabilicen los taludes en la Carretera Selva Alegre – Saguangal Long. 37.72 Km. y disminuyan a futuro costos de mantenimiento de la vía?

1.2.5. Interrogantes

¿Cuales serán los lugares más inestables dentro del trazado de la vía?

¿Que sistemas de estabilización serán los más aptos para su aplicación?

¿Qué tipo de obras civiles de defensa darán mayor seguridad y menor costo de mantenimiento?

1.2.6. Delimitación

1.2.6.1. Delimitación de contenido

El presente trabajo trata de establecer los mejores métodos de estabilización de taludes dependiendo del tipo de suelo, estratigrafía, etc.

1.2.6.2. Delimitación temporal

La presente investigación se la realizará entre los meses de Junio y Septiembre del 2008

1.2.6.3. Delimitación espacial

Esta investigación tendrá estudios de campo en el trazado de la Carretera Selva Alegre – Saguangal Long. 37.72 Km, los ensayos que sean necesarios realizarlos se los efectuarán en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad

Técnica de Ambato Campus Huachi Chico, la elaboración de la Tesis se lo realizará en la ciudad de Ibarra, provincia del Imbabura, Ecuador.

1.3. Justificación

Con la finalidad de garantizar el tránsito permanente en cualquier época del año, y dada la trascendencia de la vía, al unir la sierra con zonas productivas de la provincia de Imbabura, el presente trabajo trata de realizar un estudio de las zonas con mayor riesgo de deslizamiento de taludes y durante la etapa constructiva ejecutar los procedimientos correctivos en los taludes de la vía, para lo cual se ejecutarán los respectivos análisis de los sectores con mayor incidencia y peligro; se tomara como base los estudios definitivos realizados por la empresa Consultora PROTECVIA, así como las Normas de Diseño 2003 del MTOP, y establecerá una alternativa funcional en la estabilización de taludes dentro del trazado de la carretera Selva Alegre - Saguangal lo que permitirá disminuir en la vía los deslizamientos de suelo y roca, buscar las soluciones emergentes con el objeto de garantizar seguridad y minimizar el costo de mantenimiento durante la vida útil de la vía.



Figura 2 Vía con taludes estabilizados con vegetación

1.4. Objetivos General y Específicos

1.4.1. General

Determinar el modelo mas eficiente de estabilización de taludes para la carretera Selva Alegre – Saguangal con la finalidad de disminuir costo de mantenimiento.

1.4.2. Específicos

1. Analizar los sitios inestables de taludes en la Carretera Selva Alegre – Saguangal entre el Km. 0+000 al Km. 37+720.
2. Zonificar sitios inestables de taludes en la Carretera Selva Alegre – Saguangal entre el Km. 0+000 al Km. 37+720
3. Establecer los sistemas de prevención, obras civiles y de mantenimiento a realizar en el trazado de la carretera.
4. Definir los métodos más apropiados y económicos para estabilizar los taludes y disminuir los costos de mantenimiento

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes investigativos.

A la hora de diseñar y construir carreteras, autopistas, túneles, entre otras obras de infraestructura, es sumamente necesario conocer el comportamiento del terreno, en relación con sus movimientos (deslizamientos, desprendimientos y movimientos de flujo), aparte de otras dinámicas geológicas, que pueden representar grandes riesgos naturales.

A menudo, en la construcción de vías de comunicación, se excavan taludes artificiales, que desestabilizan a las vertientes. Pero la necesidad de disponer de unas vías rápidas de comunicación es una demanda de una sociedad en desarrollo. Los problemas de inestabilidades se pretenden resolver con una Ingeniería Moderna.

En este entorno, la inestabilidad del terreno hay que buscarla en tres condiciones de contorno predominantes:

1. Fuertes pendientes topográficas,
2. Quebradas que se desarrollan en el relieve, y
3. Características litológicas de los materiales ocupados.

2.1.1. Inestabilidad de Taludes.

La inestabilidad de laderas se define como el movimiento de masas de roca, detritos, o tierra a favor de la pendiente, bajo la influencia directa de la gravedad (Cruden, 1991)

La rotura de los materiales en las laderas ocurre cuando la fuerza de gravedad excede el esfuerzo de la roca o suelo que conforman la ladera, es decir, ocurren cambios en el equilibrio de las fuerzas de resistencia al corte y motrices.

El material desplazado puede movilizarse de forma lenta (milímetros por año), rápida y extremadamente rápida (metros/día) según la topografía, el volumen de la masa de suelo o roca, el mecanismo de rotura y la acción del agua, entre otros factores. Pueden activarse o acelerarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones, aumento de nivel de aguas subterráneas, por erosión, socavamiento de los ríos y por actividad humana.

2.1.2. Marco Teórico

2.1.2.1. Factores que influyen en el desprendimiento de masas.¹

2.1.2.1.1. Factores condicionantes (intrínsecos)

Existen una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad de laderas y son relativos a la propia naturaleza o características de las laderas, esos factores pueden ser:

- 1. Geológicos** representan un factor de inestabilidad permanente: la litología, la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales y la alteración de las rocas (alteración hidrotermal y/o meteorización).
- 2. Hidrológicos e hidrogeológicos** cambio en las presiones de poros o hidrostáticas y el comportamiento geo-mecánico (resistencia a la deformabilidad, compresibilidad, cohesión, etc).
- 3. Geomorfológicos** áreas con altas pendientes, geometría de los taludes, topografía irregular.
- 4. Climáticos** también constituyen factores condicionantes.

¹CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones

2.1.2.1.2 Factores desencadenantes (externos)

Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad en la ladera. Una causa desencadenante pequeña puede ser suficiente para provocar la inestabilidad, esos factores pueden ser:

- 1. Naturales:** las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, sismos.
- 2. Antrópicos:** están la deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras u otra infraestructura, el asentamiento humano en las laderas, la actividad minera, el uso indebido del suelo, etc.

Según el contexto en el que se realice el análisis de inestabilidades de ladera, un mismo factor puede actuar como factor condicionante o como factor desencadenante. Como por ejemplo, el uso del suelo, que en algunos casos puede condicionar la infiltración de agua en el terreno y por tanto actuar como factor condicionante y en otros casos, un cambio brusco del uso del suelo puede provocar la inestabilidad del terreno y por ende actuar como factor desencadenante.

2.1.2.1.3 Clasificación de las inestabilidades de laderas.²

Las inestabilidades de laderas son fenómenos que no necesariamente ocurren de manera individual, sino que generalmente evolucionan hacia mecanismos complejos que combinan diversas tipologías, siendo por ello muy difíciles de clasificar. Sin embargo, algunos autores como David Varnes (1978), J.N. Hutchinson (1968), Skempton y Hutchinson (1969) y otros, han propuesto clasificaciones para las inestabilidades de laderas de ocurrencia más frecuente.

Entre las clasificaciones existentes están: por el contenido de agua, la velocidad del movimiento, la profundidad de la superficie de ruptura, el tipo de ruptura, estado de

² RICO, Alfonso. La ingeniería de suelos en las vías terrestres

la actividad y el tipo de movimiento. A continuación se muestra una propuesta de varios tipos de clasificación:

2.1.2.1.3.1. Clasificación de la inestabilidad de laderas.

a). Por el grado de actividad

Inactivo: No presenta movimientos actualmente.

Poco activo: Presenta poco movimiento

Activo: Presenta movimientos actualmente, con movimientos primarios y reactivaciones

b). Por la velocidad de propagación de materiales

Extremadamente rápido: $>5 \text{ m / s}$

Rápido: $> 1.5 \text{ m / día a } 5 \text{ m / s}$

Moderado: $1.5 \text{ m/mes a } 1.5 \text{ m / día}$

Lento: $1.5 \text{ m/año a } 1.5 \text{ m/mes}$

Muy lento: $<1.5 \text{ m/ año}$

c). Por la profundidad de la superficie de rotura

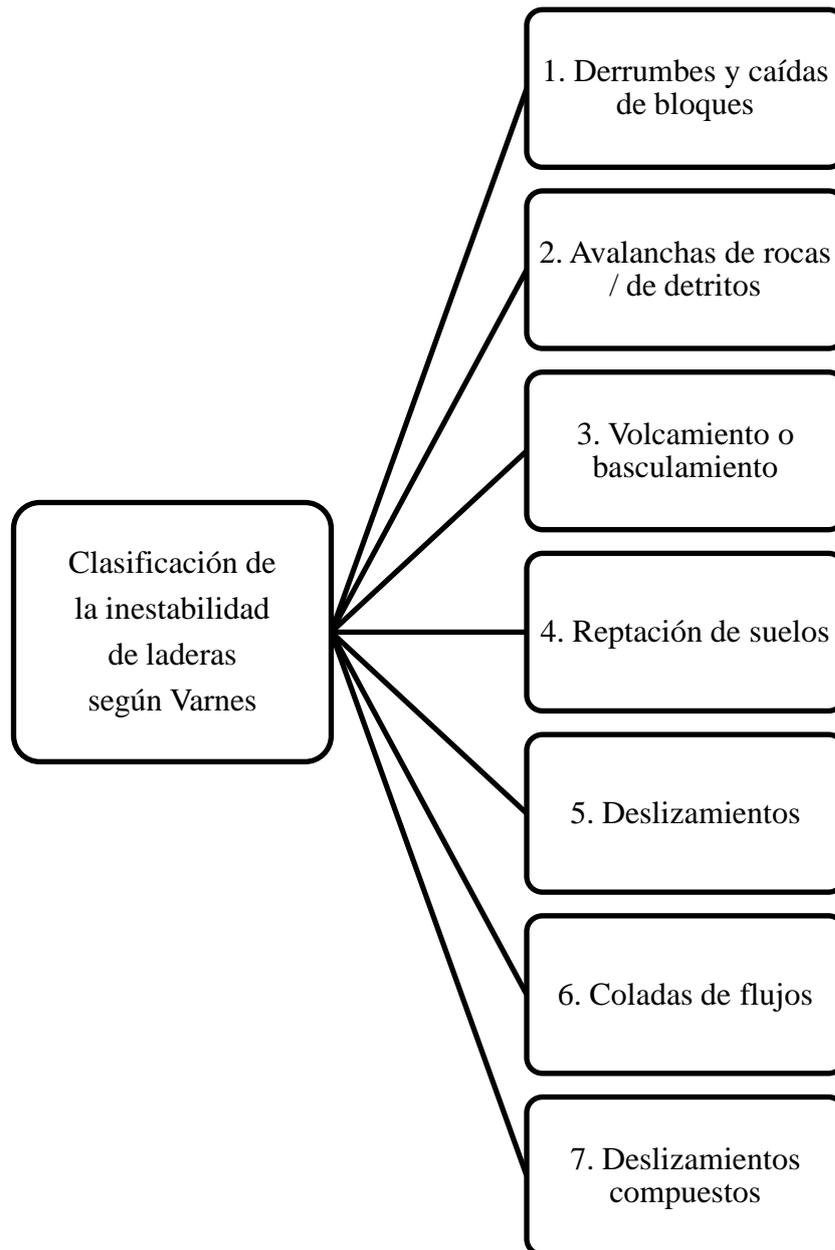
Superficial: entre 0 y 2 m.

Semi-profundo: entre 2 y 10 m.

Profundo: mayor de 10 m.

d). Por el mecanismo de movilización

Una de las clasificaciones de inestabilidad de laderas más utilizadas en la actualidad es la de Varnes:



Cuadro 1 Clasificación de inestabilidad de laderas según Varnes

A continuación la especificación de cada una:

1. Derrumbes y caída de bloques (Rock fall)

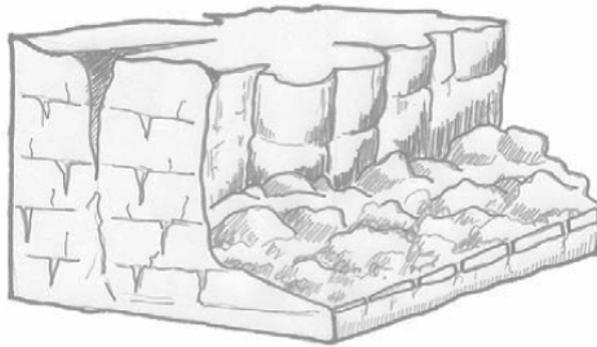


Figura 3 Derrumbes y caída de bloques

Fenómenos que presentan una ruptura brusca y caída más o menos libre y a gran velocidad de un bloque o una masa rocosa “en seco”. Gran parte del transporte se da en el medio aéreo, pero también existe un componente de salto y rodamiento. La zona de origen corresponde prioritariamente a acantilados rocosos o laderas de fuerte pendiente, donde la roca está fracturada y alterada.

Los volúmenes implicados suelen ser de hasta 100.000m³. Tienen un alto componente de sorpresa, pues rara vez presentan signos precursoros o anunciadores (o éstos son difíciles de detectar) y, muy a menudo, son desencadenados por factores exógenos (sismos, vibraciones de maquinaria pesada, explosiones, árboles sobre el macizo rocoso, etc.).

La velocidad del movimiento es elevada hasta 40m/s.

2. Avalanchas de rocas / de detritos (Rock / Debris Avalanche)

Fenómenos que presentan una ruptura brusca y caída más o menos libre y a gran velocidad de una masa rocosa “en seco”. Gran parte del transporte se da en el medio aéreo, pero también existe un componente de salto y rodamiento. Se considera un evento catastrófico, temporalmente instantáneo y de muy alta recurrencia

El volumen de material movilizado suele ser muy superior a los 100.000m³, generalmente 1 ó varios millones de metros cúbicos de roca. La velocidad del movimiento suele ser muy elevada >40m/s.

3. Volcamiento o basculamiento (topple, toppling, rock topple)

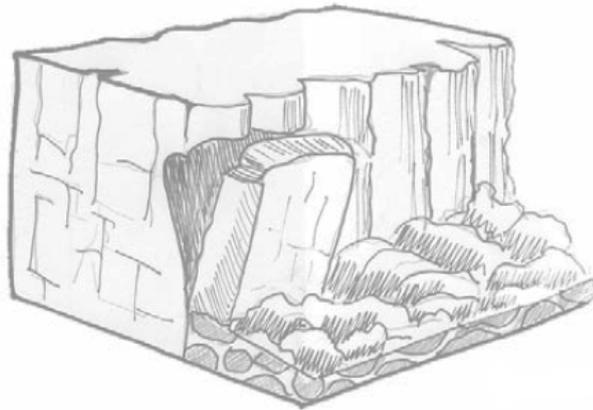


Figura 4 Volcamiento o basculamiento

Es el doblamiento de la parte superior de estratos o niveles de rocas afectadas por disyunciones. Es causado por acción de la gravedad terrestre o de procesos tectónicos distensivos. Existen dos variantes: el doblamiento plástico (en rocas metamórficas y, en menor medida, en pelíticas) y el doblamiento rígido, que podría ser llamado, más apropiadamente, basculamiento.

El material afectado son formaciones sedimentarias y metamórficas, por lo general de fuerte buzamiento y en vertientes contrarias siendo los esquistos los más sensibles a este doblamiento por los planos de esquistosidad o plegamiento. El tipo de alabeamiento rígido se puede dar en columnas de basalto o formaciones similares con profundidades de hasta algunas centenas de metros.

Las causas que le originan es la deformación paulatina en dirección de la pendiente de paquetes estratificados, o afectados por disyunciones, con el mecanismo de deformación asociado a pivoteo o basculamiento de las cabezas de estratos teniendo como eje de rotación un punto en la base del paquete rocoso. Generalmente el alabeamiento evoluciona hacia deslizamientos al formarse una superficie de ruptura a lo largo de la línea de charnela o doblamiento.

4. Reptación de suelos (Soil Creep)

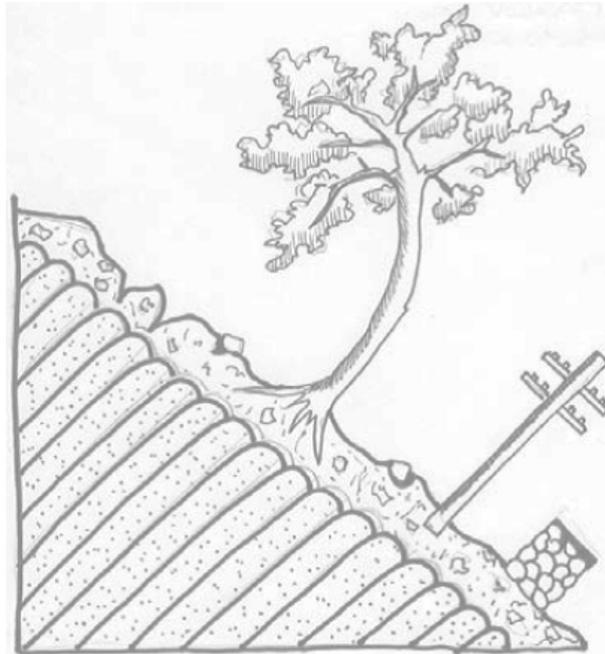


Figura 5 Reptación de suelos

Es el desplazamiento lento, prácticamente imperceptible, que afecta a los materiales menos cohesivos de la cubierta de suelo (edáfica), es decir, a los materiales poco consolidados (particularmente a los terrenos de cultivo), afecta los suelos hasta una profundidad promedio de un metro. Es un fenómeno prácticamente invisible a nivel morfológico, por lo que puede ser reconocido sólo en cortes o a través de signos indirectos.

Presenta velocidades de pocos milímetros hasta más o menos un centímetro por año; decreciente en profundidad. Para zonas tropicales como la centroamericana (húmedas, con cubierta vegetal bien desarrollada) se ha demostrado que las velocidades promedio son de apenas 1-2 mm/año. En zonas semi-áridas con poca cubierta vegetal, la velocidad varía entre 5 y 10 mm/año.

En climas tropicales está sobre todo condicionada por la granulometría -que, a su vez, condiciona la cohesión del suelo- y por las variaciones en el grado de saturación del suelo (presión intersticial y fuerzas de percolación).

El mecanismo aparentemente se trata de un movimiento cíclico pendiente abajo, prácticamente grano por grano, del material terroso, de cohesión media a baja, sobre pendientes iguales o superiores a los 20°.

Sus efectos son desarreglos menores (inclinación y apertura de grietas en muros y postes de cimentación poco profunda, torceduras en los troncos de los árboles, discontinuidades en el manto vegetal bajo, etc.).

5. Deslizamientos

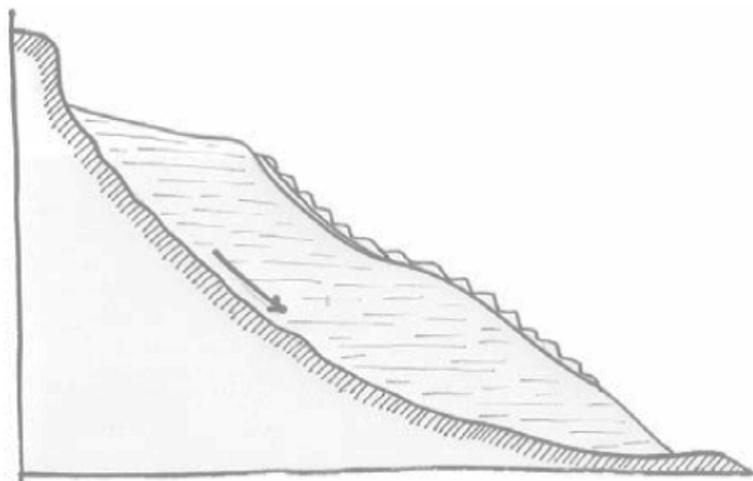


Figura 6 Deslizamientos

• Deslizamientos peliculares o superficiales

Presentan una superficie de deslizamiento y provoca cambios notables de la estructura del suelo. Es un fenómeno abundante en Centroamérica, en laderas empinadas con amplias (pero no muy profundas) cubiertas eluviales y regolíticas, utilizadas para agricultura (cultivos anuales de surco) y/o pastoreo del ganado (ganadería extensiva):

La principal característica de estos deslizamientos es la morfología de cáscara de naranja, lo que se conoce como caminos de vaca, con ondulaciones pequeñas que corresponden a pequeños deslizamientos rotacionales, con diámetro promedio (profundidad máxima) de hasta uno o dos metros. Esta forma de cáscara de naranja forma escalones que son aprovechados por el ganado y la gente, evolucionando hacia

una forma de escalones en trama enrejada o en rombos, que, en algunos casos, progresivamente se desploman, formándose gradas en las laderas, desapareciendo estas posteriormente, en otros casos son removidos de forma abrupta.

El material afectado son horizontes terrosos, cubierta de suelo, depósitos eluviales y coluviales finos, preferentemente sobre pendientes iguales o mayores a los 20° con profundidades en promedio de un metro hasta dos metros. Involucra volúmenes pequeños de material, y velocidades de 1 a 2 centímetros al año en promedio.

- **Deslizamientos rotacionales o circulares (slump)**

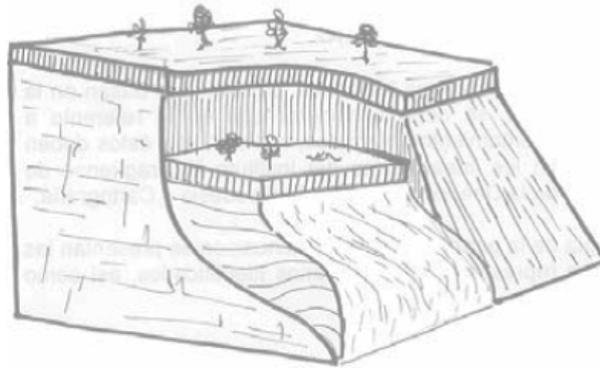


Figura 7 Deslizamientos rotacionales o circulares

Movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o ambos, a lo largo de una superficie de ruptura en forma circular (que coincide con la de transporte) sobre la cual se mueve una masa. En su fase inicial, existe poca distorsión de los materiales. En algunos casos, a medida que la masa se desplaza, los materiales se dislocan progresivamente y el mecanismo de inestabilidad deviene complejo.

Eventualmente se da en terrenos muebles, homogéneos, isotrópicos, cohesivos. Su ocurrencia en la naturaleza es rara en estado puro o efímera pues rápidamente evoluciona hacia mecanismos combinados.

Este tipo de movimientos pueden involucrar tanto volúmenes pequeños como volúmenes grandes de material. Y las velocidades de propagación de la masa desplazada pueden ser también muy variables.

• **Deslizamientos traslacionales (Dip slope)**

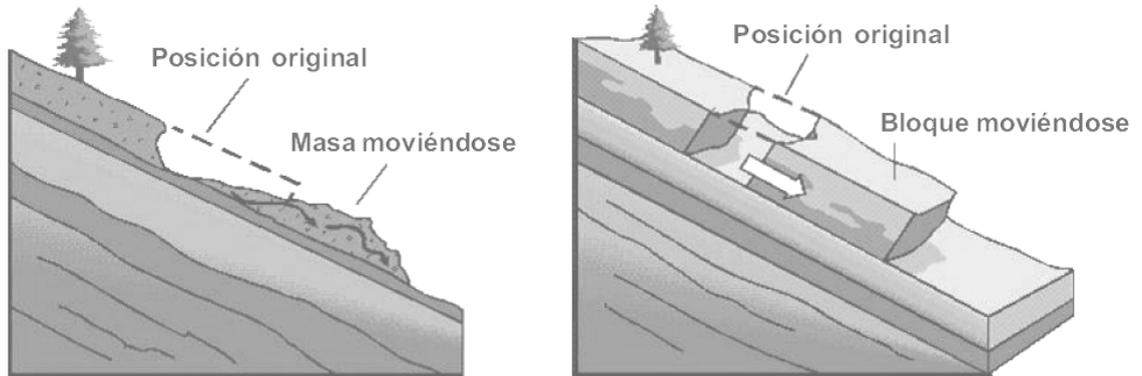


Figura 8 Deslizamientos traslacionales

Movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de deslizamiento planar. Se originan en zonas que presentan superficies de discontinuidad, de niveles poco competentes; también en bloques tabulares o paquetes de estratos dentro de estructuras conformes de estratificación o esquistosidad; sobre capas poco competentes o niveles de alteración; sobre planos de fallas o sistemas de diaclasas conformes (a favor de la pendiente).

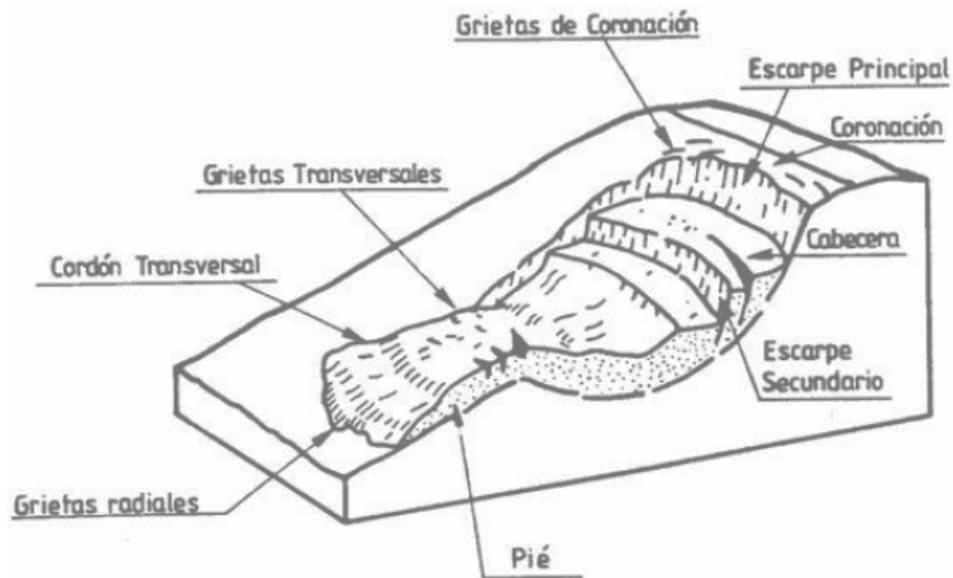


Figura 9 Elementos de una falla circular

El material afectado es rocoso, estratificado o diaclasado, formando placas o paquetes cuyas bases quedan desprovistas de soporte, ya sea por erosión natural o por cortes artificiales en un talud (es tal vez el problema geodinámico más comúnmente desencadenado por la intervención humana, cuando se hacen cortes

para carreteras, canales, etc.). Este tipo de movimientos pueden involucrar tanto volúmenes pequeños como volúmenes grandes de material. Y las velocidades de propagación de la masa desplazada pueden ser también muy variables.

- **Deslizamientos complejos**

Se aplica a grandes deslizamientos donde aparecen mecanismos combinados, debido a una larga evolución. Por lo general se trata de deslizamientos de edad milenaria, de gran talla y de evolución muy lenta, con periódicos episodios de aceleración. Puede decirse que son deslizamientos permanentes, regidos por la acción de los esfuerzos residuales posteriores a la fase de ruptura.

Pueden llegar a cubrir varios kilómetros cuadrados de superficie, involucrando cientos y hasta miles de millones de metros cúbicos de masa en movimiento y hasta algunas centenas de metros de profundidad.

6. Coladas o flujos (flows)

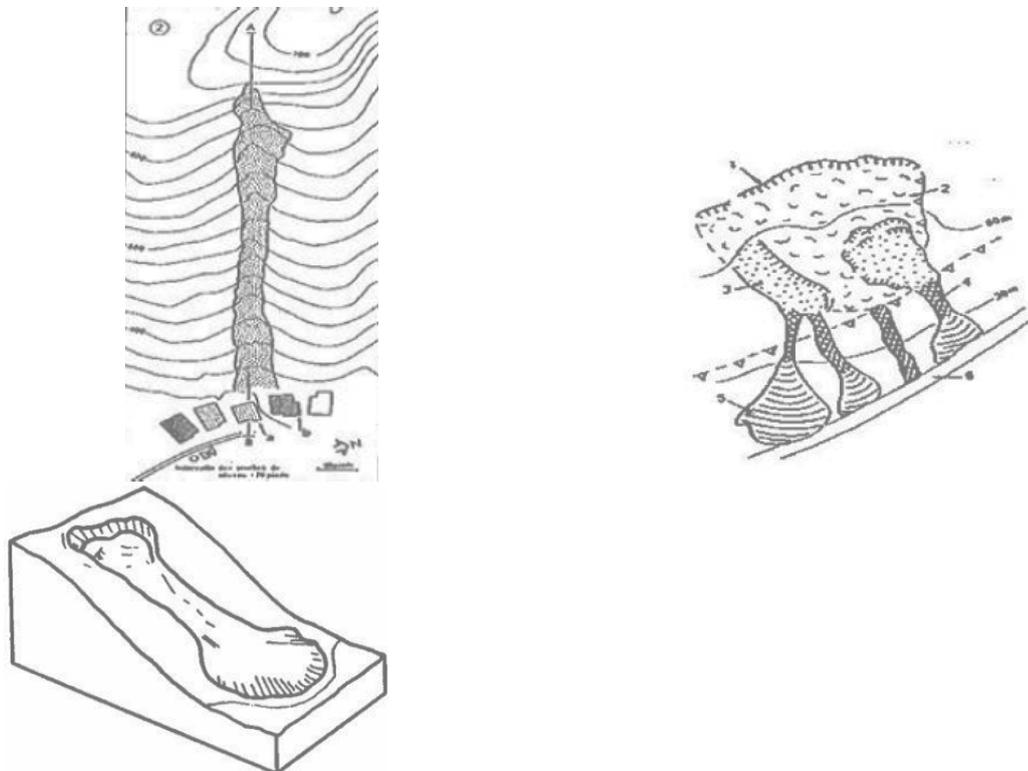


Figura 10 Coladas o flujos

Son masas de material sin cohesión que fluye como un fluido viscoso al sobrepasar su límite líquido, pueden formarse en cualquier material poco consolidado (inclusive puede llegar a afectar los niveles superiores de roca alterada o intemperizada) y hasta en rocas, especialmente pelíticas y esquistosas más o menos descompuestas. Se pueden desplazar grandes distancias.

Son fenómenos básicamente estacionales, es decir, frecuentes en temporada de lluvias, aunque son numerosos los casos relacionados con roturas de conductos de agua, depósitos de agua, o por efecto de la aceleración de deslizamientos, por trastornos en el régimen hidrogeológico e, inclusive, por sacudida sísmica (licuación de arenas). En dependencia del material movilizado puede haber:

- **Flujo de lodo (Mud Flow)**

Suele involucrar volúmenes variables de material fino con alto contenido de limos y arcillas. Las velocidades de desplazamiento igualmente pueden ser variables y suelen estar relacionadas con factores como la pendiente de la ladera y la cantidad de agua involucrada en la movilización del material.

- **Flujo de tierra (Earth Flow)**

Suelen presentar grandes volúmenes de material terroso con menos de 2 mm de diámetro predominando sobre limos y arcillas, generando formas de lengua o de gran lóbulo. Las velocidades medias del movimiento pueden variar entre: cm – dm / año a cm – m / día (estas pueden no ser homogéneas en toda la colada).

- **Flujo de detritos (Debris Flow)**

Suelen involucrar volúmenes de medianos a grandes de hasta 10.000 m³ de material grueso de diferente diámetro que incluye bloques de rocas, derrubios y roca descompuesta. Generan trazas lineales bien definidas, como un corredor alargado, con embudos o conos divergentes en los extremos, generalmente con conexión con la red de drenaje. Las velocidades de movilización suelen ser rápidas a muy rápidas.

7. Deslizamientos Compuestos

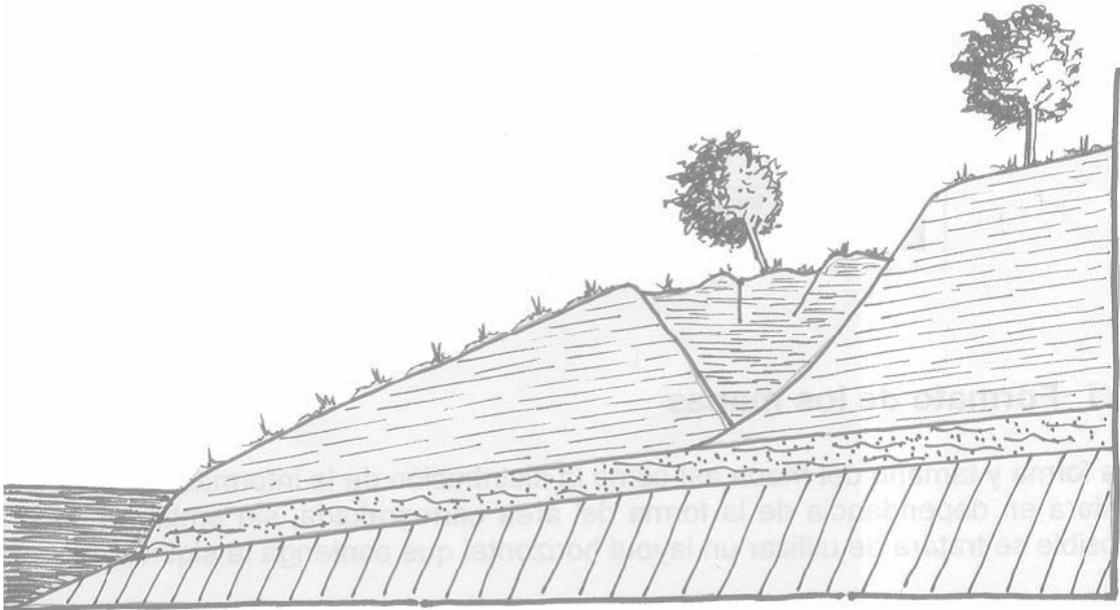


Figura 11 Deslizamientos compuestos

Cuando un movimiento de ladera presenta más de un mecanismo de movilización de los materiales en diferentes lugares de la masa en movimiento.

2.1.2.1.4. El cálculo de la estabilidad global en suelos

2.1.2.1.4.1 Tipos de deslizamiento

La observación de las formas de las superficies de rotura, en aquellos casos en los que se ha alcanzado el estado límite de la pérdida de estabilidad global en suelos, ha guiado el desarrollo de las distintas técnicas de análisis cuantitativo.

Los tipos de superficie de deslizamiento más frecuente pueden asimilarse, a efectos de cálculo, a uno de los tres tipos siguientes:

a) Deslizamientos según líneas de rotura planas paralelas a la superficie exterior del terreno.

Este tipo de rotura es frecuente en las laderas naturales en las que el suelo que recubre a la roca o suelo firme subyacente desliza según una superficie que, en buena parte de su desarrollo, es paralela al borde externo del terreno natural. El deslizamiento se puede producir por obras de excavación (deslizamiento de la zona superior a la excavación) o por obras que aumenten la carga (estructuras o rellenos), produciéndose entonces el deslizamiento de la carga añadida y de la zona inferior de la ladera. La parte alta, como consecuencia, también puede deslizar. El deslizamiento también puede producirse por causas naturales (períodos de lluvia, por ejemplo).

b) Deslizamientos circulares

Los deslizamientos circulares son típicos de las formaciones en suelos homogéneos. El deslizamiento como sólido rígido de la zona superior sobre la inferior a lo largo de una línea circular es el único movimiento cinemáticamente posible, incluyendo, evidentemente, los deslizamientos planos como caso límite.

Según las superficies de rotura sean más o menos profundas, los deslizamientos circulares se pueden producir mediante “círculos de talud” que intersecan a éste parcialmente, mediante “círculos de pie” que pasan por el pie del talud o mediante “círculos profundos” que intersecan a la obra más allá del pie del talud. En suelos heterogéneos, ya sean taludes de excavación o taludes de relleno, las líneas de rotura suelen parecerse a éstas de sección circular, de manera que la hipótesis de rotura según este tipo de líneas es adoptada en la mayoría de las situaciones. Esto no excluye el tanteo de otros tipos de línea de rotura en aquellos casos en los que la disposición del terreno indique otras posibles formas, no circulares, que pudieran ser más críticas.

c) Deslizamientos no circulares

En algunas ocasiones la configuración del terreno, particularmente la disposición de algunas zonas más débiles, hace que sea necesario considerar superficies de rotura cuya sección plana no pueda aproximarse a una circunferencia.

2.1.2.1.5. Principios generales del cálculo.³

a) Definición de la seguridad.

Se define como coeficiente de seguridad al deslizamiento de un talud el número F por el que habría que dividir los valores de los parámetros resistentes para que se alcance la condición de rotura. Los valores estrictamente necesarios que deben tener los parámetros resistentes para mantener el equilibrio serán una fracción de los valores reales. Cuando se utiliza el criterio de resistencia de Mohr-Coulomb, resulta, para cada uno de los posibles terrenos involucrados en la estabilidad:

$$C_{\text{necesario}} \leq \frac{C}{F}$$
$$\tan\phi_{\text{necesario}} \leq \frac{\tan\phi}{F}$$

b) Consideración del efecto del agua

El efecto de la presencia del agua en los taludes puede ser representado en los cálculos de varias formas. No todas conducen siempre al mismo resultado y por eso conviene tener en cuenta las recomendaciones que siguen.

El estudio del efecto del agua exige, en cualquier caso, un análisis previo de la distribución de las presiones intersticiales en el terreno a través de la red de filtración o de otros métodos de análisis de los flujos del agua en el medio poroso. Si no existen gradientes de potencial de agua, el régimen de presiones será hidrostático y bastará con definir la posición del nivel freático.

Salvo en algunos casos extremos (taludes completamente sumergidos y algunos casos de cálculo con $f = 0$), la presencia del agua hace que el problema de cálculo sea de talud heterogéneo.

³IZQUIERDO, Francisco. (2001). Cuestiones de geotecnia y cimientos

c) Taludes en régimen hidrostático

Cuando el talud está en régimen hidrostático existen dos alternativas de cálculo. Pueden calcularse pesos totales y después considerarse las subpresiones (alternativa nº 1). Pueden calcularse pesos efectivos, utilizando los pesos específicos sumergidos por debajo del nivel del agua, y no considerar la subpresión (alternativa nº 2).

En la alternativa nº 1, además, si existe agua libre, ésta debe contemplarse como un material más, con peso y sin resistencia al corte.

Ambas alternativas son, en principio, lícitas y conducen al mismo resultado siempre que el empuje entre rebanadas se suponga horizontal. El lugar por donde discurra la línea de rotura dentro del agua libre no repercute en los resultados. Con otras hipótesis de cálculo el resultado puede ser diferente.

En cualquier caso, por su sencillez, es recomendable utilizar la alternativa nº 2 como procedimiento general. Si se utiliza la alternativa nº 1 es recomendable suponer que el empuje entre rebanadas es horizontal o al menos limitar su inclinación severamente.

2.1.2.1.6. Prevención, Estabilización y Diseño

El objetivo principal de un estudio de estabilidad de taludes o laderas es el de establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo. Generalmente, los beneficios más importantes desde el punto de vista de reducción de amenazas y riesgos es la prevención.

Schuster y Kockelman (1996) proponen una serie de principios generales y metodologías para la reducción de amenazas de deslizamiento utilizando sistemas de prevención, los cuales requieren de políticas del Estado y de colaboración y conciencia de las comunidades. Sin embargo, la eliminación total de los problemas no es posible mediante métodos preventivos en todos los casos y se requiere

establecer medidas de control para la estabilización de taludes susceptibles a sufrir deslizamientos o deslizamientos activos.

La estabilización de deslizamientos activos o potencialmente inestables es un trabajo relativamente complejo, el cual requiere de metodologías de diseño y construcción. En el presente trabajo se presentan algunos de los sistemas de prevención, manejo, y estabilización de deslizamientos.

2.1.2.1.6.1 Métodos para disminuir o eliminar el riesgo de deslizamientos

Una vez estudiado el talud, definidos los niveles de amenaza y riesgo, el mecanismo de falla y analizados los factores de equilibrio, se puede pasar al objetivo final que es el diseño del sistema de prevención control o estabilización.

Existen varias formas de enfocar y resolver cada problema específico y la metodología que se requiere emplear depende de una serie de factores técnicos, sociales, económicos, políticos; con una gran cantidad de variables en el espacio y en el tiempo. A continuación se presentan algunas de las metodologías que se han utilizado para disminuir o eliminar el riesgo a los deslizamientos de tierra:

Prevención

La prevención incluye el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas. La prevención debe ser un programa del estado, en todos sus niveles mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permita disminuir los riesgos a deslizamiento en un área determinada.

Tabla 1. Métodos de prevención de la amenaza o el riesgo

Método	Ventajas	Desventajas
Disuasión con medidas coercitivas	Son muy efectivas cuando la comunidad está consciente del riesgo y colabora con el estado	El manejo de los factores socioeconómicos y sociales es difícil.
Planeación del uso de la tierra	Es una solución ideal para zonas urbanas y es fácil de implementar.	No se puede aplicar cuando ya existe el riesgo

Códigos técnicos	Presenta herramientas precisas para el control y prevención de amenazas	Se requiere de una entidad que los haga cumplir.
Aviso y Alarma	Disminuye en forma considerable el riesgo cuando es inminente.	Generalmente se aplica después de ocurrido el desastre

Elusión de la Amenaza

Eludir la amenaza consiste en evitar que los elementos en riesgo sean expuestos a la amenaza de deslizamiento.

Tabla 2 Métodos de elusión de amenazas de deslizamientos

Método	Aplicaciones	Limitaciones
Variantes o relocalización del proyecto	Se recomienda cuando existe el riesgo de activar grandes deslizamientos difíciles de estabilizar o existen deslizamientos antiguos de gran magnitud. Puede ser el mejor de los métodos si es económico hacerlo.	Puede resultar costoso y el nuevo sitio o alineamiento puede estar amenazado por deslizamientos.
Remoción total de deslizamientos	Es atractivo cuando se trata de volúmenes pequeños de excavación.	La remoción de los deslizamientos puede producir nuevos movimientos.
Remoción parcial de materiales inestables	Se acostumbra el remover los suelos sub superficiales inestables cuando sus espesores no son muy grandes.	Cuando el nivel freático se encuentra sub superficial se dificulta el proceso de excavación.
Modificación del nivel del proyecto o subrasante de una vía.	La disminución de la altura de los cortes en un alineamiento de gran longitud puede resolver la viabilidad técnica de un proyecto.	Generalmente, al disminuir la altura de los cortes se desmejoran las características del proyecto.
Puentes o viaductos sobre los movimientos	Muy útil en terrenos de pendientes muy altas	Se requiere cimentar los puentes sobre suelo estable y las pilas deben ser capaces de resistir las fuerzas laterales del material inestable.

Control

Métodos tendientes a controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo a personas o propiedades. Generalmente, consisten en estructuras que retienen la masa en movimiento. Este tipo de obras se construyen abajo del deslizamiento para detenerlo después de que se ha iniciado.

Tabla 3 Estructuras de control de masas en movimiento

Método	Ventajas	Desventajas
Bermas	Generalmente son económicas rápidas de construir.	Se requiere un espacio grande a mitad de talud.
Trincheras	Sirven al mismo tiempo para controlar las aguas lluvias.	Los cantos fácilmente pasan por encima.
Estructuras de retención	Retienen las masas en movimiento	Se pueden requerir estructuras algo costosas.
Cubiertas de protección	Son uno de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en carreteras.	Son muy costosas.

Estabilización

La estabilización de un talud comprende los siguientes factores:

1. Determinar el sistema o combinación de sistemas de estabilización más apropiados, teniendo en cuenta todas las circunstancias del talud estudiado.
2. Diseñar en detalle el sistema a emplear, incluyendo planos y especificaciones de diseño.
3. Instrumentación y control durante y después de la estabilización.

Debe tenerse en cuenta que en taludes, nunca existen diseños detallados inmodificables y que las observaciones que se hacen durante el proceso de construcción tienden generalmente, a introducir modificaciones al diseño inicial y esto debe preverse en las cláusulas contractuales de construcción.

Los sistemas de estabilización se pueden clasificar en cinco categorías principales:

1. Conformación del talud o ladera

Sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento.

Tabla 4 Métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas

Método	Ventajas	Desventajas
Remoción de materiales de la cabeza del talud.	Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes las masas a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente	Efectivo especialmente en suelos friccionantes.	No es viable económicamente en taludes de gran altura.
Terraceo de la superficie.	Además de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.

2. Recubrimiento de la superficie

Métodos que tratan de impedir la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o refuerzan el suelo más subsuperficial. El recubrimiento puede consistir en elementos impermeabilizantes como el concreto o elementos que refuerzan la estructura superficial del suelo como la cobertura vegetal.

Tabla 5 Métodos de recubrimiento de la superficie del talud

Método	Ventajas	Desventajas
Recubrimiento de la superficie del talud.	El recubrimiento ayuda a controlar la erosión.	Se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento.
Conformación de la superficie.	Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de erosión.	Su efecto directo sobre la estabilidad es generalmente, limitado.

Sellado de grietas superficiales.	Disminuye la infiltración de agua.	Las grietas pueden abrirse nuevamente y se requiere mantenimiento por períodos importantes de tiempo.
Sellado de juntas y discontinuidades.	Disminuye la infiltración de agua y presiones de poro en las discontinuidades	Puede existir una gran cantidad de discontinuidades que se requiere sellar
Cobertura vegetal. Arboles Arbustos y Pastos	Representan una alternativa ambientalmente excelente	Pueden requerir mantenimiento para su establecimiento.

3. Control de agua superficial y subterránea

Sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento y / o aumentando las fuerzas resistentes.

Tabla 6 Métodos de control de agua y presión de poros.

Método	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para control de escorrentía.	Se recomienda construirlos como obra complementaria en la mayoría de los casos. Generalmente, las zanjas se construyen arriba de la corona del talud.	Se deben construir estructuras para la entrega de las aguas y disipación de energía.
Subdrenes de zanja.	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos en suelos saturados subsuperficialmente.	Pocos efectivos para estabilizar deslizamientos profundos o deslizamientos con nivel freático profundo.
Subdrenes horizontales de penetración.	Muy efectivos para interceptar y controlar aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenaje.	Efectivos para estabilizar deslizamientos profundos en formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.	Muy costosos.

Pozos profundos de subdrenaje.	Útiles en deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para excavaciones no permanentes.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente.
--------------------------------	--	---

4. Estructuras de contención

Métodos en los cuales se van a colocar fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes. Las estructuras de contención son obras generalmente masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante y es común colocar estructuras ancladas en las cuales la fuerza se transmite al deslizamiento por medio de un cable o varilla de acero. Cada tipo de estructura tiene un sistema diferente de trabajo y se deben diseñar de acuerdo a su comportamiento particular.

Tabla 7 Métodos de estructuras de contención

Método	Ventajas	Desventajas
Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento.	Efectivos en deslizamientos no muy grandes especialmente en los rotacionales actuando como contrapeso.	Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno.
Muros de contención convencionales, de tierra armada etc.	Útiles para estabilizar masas relativamente pequeñas.	Se requiere una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altura.
Pilotes	Son efectivos en movimientos poco profundos, en los cuales existe suelo debajo de la superficie de falla que sea competente para permitir el hincado y soporte de los pilotes.	No son efectivos en deslizamientos profundos o cuando aparece roca o suelo muy duro debajo de la superficie de falla. Pocos efectivos en deslizamientos rotacionales.
Anclajes o pernos	Efectivos en roca, especialmente cuando es estratificada.	Se requieren equipos especiales y son usualmente costosos.

Pantallas ancladas	Útiles como estructuras de contención de masas de tamaño pequeño a mediano.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad en algunos casos, especialmente, cuando hay aguas subterráneas y son generalmente costosas.
--------------------	---	---

5. Mejoramiento del suelo

Métodos que aumenten la resistencia del suelo. Incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesión y/o la fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado

Tabla 8 Métodos para mejorar la resistencia del suelo

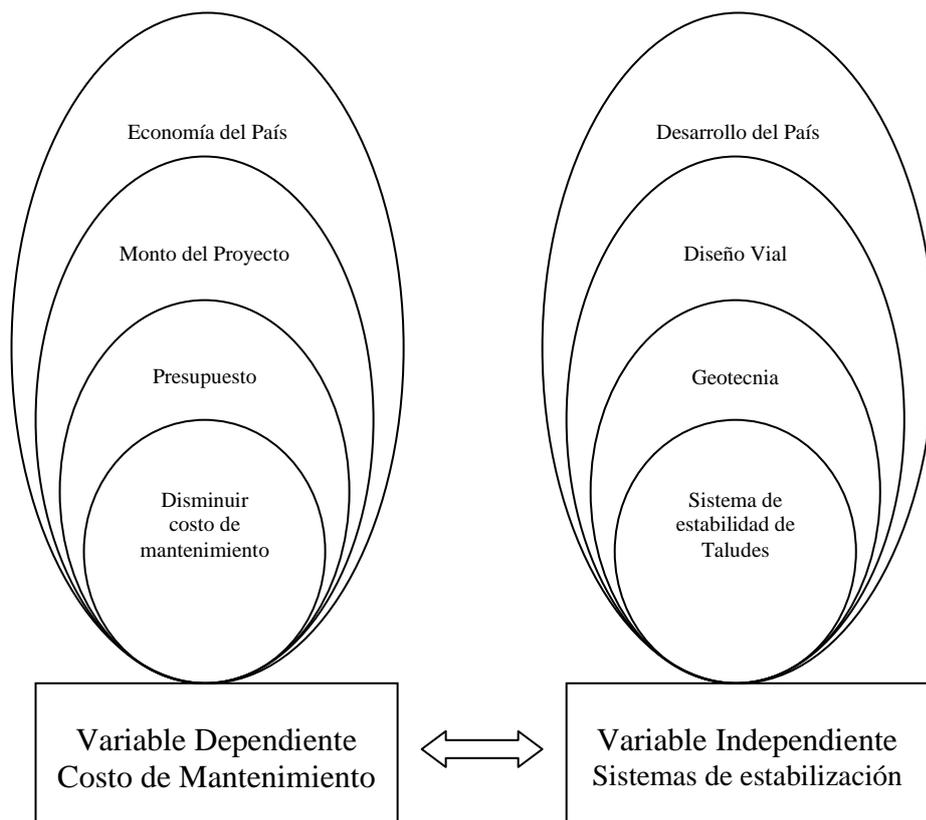
Método	Ventajas	Desventajas
Inyecciones o uso de químicos.	Endurecen el suelo y pueden cementar la superficie de falla.	La disminución de permeabilidad puede ser un efecto negativo.
Magnificación	Convierte el suelo en roca utilizando rayos especiales desarrollados por la industria espacial.	Su utilización en la actualidad es solamente para uso experimental.
Congelación.	Endurece el suelo al congelarlo.	Efectos no permanentes.
Electro-osmosis.	Reducen el contenido de agua.	Utilización para estabilización no permanente.
Explosivos.	Fragmenta la superficie de falla.	Su efecto es limitado y puede tener efectos negativos.

Las obras pueden ser definitivas o pueden ser temporales de acuerdo al método utilizado. Generalmente en la estabilización de deslizamientos se emplean sistemas combinados que incluyen dos o más tipos de control de los indicados anteriormente; en todos los casos debe hacerse un análisis de estabilidad del talud ya estabilizado y se debe llevar un seguimiento del proceso durante la construcción y algunos años después.

2.2. Fundamentación Legal

El presente modelo se lo elaborará tomando en consideración las Especificaciones Generales para construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F-2002 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

2.3. Categorías Fundamentales



2.4. Hipótesis

Cuales serían los métodos de estabilización de taludes más aptos que permitirá disminuir el costo de mantenimiento en la carretera Selva Alegre – Saguangal en la vida útil.

2.5. Señalamiento de Variables

2.5.1 Variable Independiente:

Sistema de estabilidad de taludes

2.5.2. Variable Dependiente:

Disminuir el costo del mantenimiento de la vía.

CAPITULO 3

METODOLOGIA

3.1.- Modalidad básica de la investigación.

Para la elaboración del presente trabajo se utilizará una metodología combinada: Análisis de estructura del suelo y análisis del factor de seguridad del mismo

Esta metodología conlleva los siguientes pasos:

1. Recopilación y análisis de información previa.
2. Reconocimiento de campo para cartografiar los diferentes fenómenos ocurridos y evaluar áreas potencialmente inestables. Levantamiento de parámetros de los fenómenos: geometría de los deslizamientos, indicadores de campo, uso del suelo.
3. Análisis de la información y evaluación del nivel de riesgo por deslizamiento.
4. Digitalización del mapa de zonas con deslizamientos inminentes a futuro.
5. Conclusiones y recomendaciones.

3.2. Nivel y tipo de investigación

- El nivel de la investigación será explicativa, correlacional y descriptiva.
- La Modalidad de la investigación será experimental, de campo y bibliográfico.

3.3.- Población y muestra.

3.3.1.- Población.

El universo serán todos los suelos que conforman Carretera Selva Alegre – Saguangal en el cantón Cotacachi, Provincia del Imbabura.

3.3.2.- Muestra.

En la investigación se realizarán tomas de muestras de suelo entre las abscisas Km. 0+000 al Km. 37+720, dependiendo de los cambios en la estratigrafía del suelo, y en especial en las zonas de mayores problemas de estabilidad.

3.4.- Operacionalización de variables

Variable Independiente

Sistema de estabilidad de taludes	Cambio de Taludes	¿Que tipo de talud será el adecuado?	Análisis de suelos y rocas	Ensayos de laboratorio
	Estabilización de taludes	¿Qué sistema de estabilización será el óptimo a ser aplicado?	Análisis de sistemas alternativos	Lista de Chequeo

Variable Dependiente

Disminuir el costo del mantenimiento de la vía.	Estabilización de suelo y rocas en taludes	¿Que sistema será el más económico y confiable?	Análisis de costos de mantenimiento	Lista de Chequeo
--	--	---	-------------------------------------	------------------

3.5. Plan de recolección de información

- Análisis de zonas críticas
- Evaluación de las zonas geológicas.
- Análisis de suelos y taludes a reconstruirse.

3.6. Plan de procesamiento de la información

- Zonificación de la vía según el grado de inestabilidad.
- Análisis de Sistemas de estabilización para evitar deslizamientos.

CAPITULO 4

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. Análisis de los resultados.

Tabla 1. Propiedades de los suelos estudiados.

Abscisa	Peso Unitario (gr/cm ³)	Contenido de Humedad (%)	Cohesión (Kg/cm ²)	Angulo de fricción interna (°)
9+660.00	2.82	4.13	0.20	24
9+690.00	2.82	4.14	0.20	24
11+440.00	2.83	1.25	0.20	24
11+470.00	2.83	1.29	0.20	24
16+500.00	2.79	1.91	0.20	24
16+560.00	2.78	1.89	0.20	24
17+180.00	2.79	2.74	0.20	24
17+260.00	2.81	2.77	0.20	24
Datos: Ensayado en Laboratorio de Mecánica de Suelos. U. Central - Quito				

Tomando en consideración los datos anteriores podemos decir que el material predominante en las zonas de mayores problemas de deslizamientos son suelos arenosos con baja presencia de arcilla. Esta característica denota una mayor vulnerabilidad a los efectos erosivos, los más notorios son los relacionados con las aguas provenientes de las lluvias, así como la pérdida de la humedad natural del suelo, que provoca los deslizamientos desde las partes superiores de los taludes, con el posterior arrastre que produce las masas de suelos deslizados.

Bajo el contexto anterior, la clasificación de los deslizamientos estudiados, se pueden resumir en fallas de traslación sobre estratos consolidados que presentan mayor resistencia, sin embargo y en función del tiempo y de los efectos erosivos, las capas inferiores también llegan a perder sus propiedades naturales y por ende su resistencia provocando la rotura y los continuos derrumbes de materiales a la vía.

4.2. Interpretación de datos.

Tabla 2. Deslizamiento de talud Absc. Km. 9+600 Lado Derecho.

DATOS TECNICOS	
Deslizamiento de talud Absc. Km. 9+600 Lado Derecho	
Característica del movimiento de laderas	
Deslizamiento	Traslacional
Flujo	Lodo
Desprendimientos	Complejo
Otros tipos	Reptacion - Hundimientos
Observaciones	Area Inestable
Edad del movimiento	Reciente
Grado de actividad	Poco activo
Grado de desarrollo	Incipiente
Factores desencadenantes	Cambios en la geometría original de la ladera
Factores condicinantes	Alternancia o contacto de materiales permeables e impermeables
Características morfológicas y geológicas de area inestable	Arenas sueltas sobre arenas consolidadas degradables
Condicion de la roca o suelo	
Grado de facturación	Bajo
Meteorización	Media
Humedad	Semisaturado
Estado de conservación y rasgos presentes sobre el depósito	
Presencia de vegetación en la cicatriz	Desnuda
Cobertura	< 40%
Cabecera	Erosionada
Depósito	Con erosión perceptible
Rasgos observables	Escarpes degradados
	Grietas laterales abiertas
	Grietas transversales abiertas
	Coronas Menores

DATOS TECNICOS	
Deslizamiento de talud Absc. Km. 9+600 Lado Derecho	
Geometría y forma de ladera	
Forma de la ladera	Inducida
Altura (centro de la rotura)	65.00 m
Cota Cabecera	1210.00 m
Cota Pie	1145.00 m
Desnivel máximo de la ladera	10 m
Angulo de la ladera previo a la rotura	42 °
Angulo de la ladera con rotura	45 °
Pendiente media de la ladera	1
Ubicación de la rotura en ladera	Cabecera
Descripción y situación de grietas de tracción	
Orientación	N 76° 40' E
Apertura	1.5
Longitud	70
Profundidad	2
Dimensiones	
Superficie de ruptura	
Longitud Lr (m)	85
Ancho Ar (m)	130
Profundidad Pr (m)	7
Masa desplazada	
Longitud Ld (m)	103
Ancho Ad (m)	120
Profundidad Pd (m)	3
Longitud Total L (m)	110
Longitud Línea Central Lc (m)	84
Superficie (m ²)	8800
Volumen (m ³)	21195.27
Condiciones hidrogeológicas	
Fuentes o manantiales en la ladera	No
Comportamiento hidrogeológico de los materiales	Semipermeables
Condiciones de drenaje	Escorrentia por precipitaciones pluviales
Caracterización temporal del fenómeno	
Edad del movimiento	2 años
Fecha del último movimiento	15-Sep-2008
Fecha de movimientos anteriores	01-May-2008
Uso del suelo	Malezas
Velocidad del movimiento	Baja
Evaluación de daños	Derrumbes en carretera en construcción
Tipo de medidas adoptadas	Ninguna



Ilustración 1. Progreso del Deslizamiento de talud Absc. Km. 9+600 Lado Derecho (Fase Inicial)



Ilustración 2. Progreso del Deslizamiento de talud Absc. Km. 9+600 Lado Derecho (Fase Actual)

Tabla 3. Deslizamiento de talud Absc. Km. 11+400 Lado Derecho

DATOS TECNICOS	
Deslizamiento de talud Absc. Km. 11+440 Lado Derecho	
Característica del movimiento de laderas	
Deslizamiento	Traslacional
Flujo	No determinado
Desprendimientos	Derrumbes de rocas
Otros tipos	Avalanchas de detritos
Observaciones	Area Inestable
Edad del movimiento	Reciente
Grado de actividad	Activo
Grado de desarrollo	Avanzado
Factores desencadenantes	Precipitaciones intensas (máximas intensidades) Cambios en la geometría original de la ladera
Factores condicinantes	Alternancia o contacto de materiales permeables e impermeables
Características morfológicas y geológicas de area inestable	Arenas sueltas sobre arenas consolidadas degradables
Condicion de la roca o suelo	
Grado de facturación	Mediano
Meteorización	Alta
Humedad	Seco
Estado de conservación y rasgos presentes sobre el depósito	
Presencia de vegetación en la cicatriz	Desnuda
Cobertura	< 40%
Cabecera	Conservada
Depósito	Estructura incoherente
Rasgos obserhables	Escarpes frescos Coronas menores Coronas Menores
Geometría y forma de laladera	
Forma de la ladera	Inducida
Altura (centro de la rotura)	
Cota Cabecera	
Cota Pie	
Desnivel máximo de la ladera	
Angulo de la ladera previo a la rotura	
Angulo de la ladera con rotura	
Pendiente media de la ladera	
Ubicación de la rotura en ladera	Cabecera
Descripción y situación de grietas de tracción	
Orientación	
Apertura	
Longitud	
Profundidad	

DATOS TECNICOS	
Deslizamiento de talud Absc. Km. 11+440 Lado Derecho	
Dimensiones	
Superficie de ruptura	
Longitud Lr (m)	
Ancho Ar (m)	
Profundidad Pr (m)	
Masa desplazada	
Longitud Ld (m)	
Ancho Ad (m)	
Profundidad Pd (m)	
Superficie (m2)	
Volumen (m3)	
Condiciones hidrogeológicas	
Fuentes o manantiales en la ladera	No
Comportamiento hidrogeológico de los materiales	Semipermeables
Condiciones de drenaje	Escorrentia por precipitaciones pluviales
Caracterización temporal del fenómeno	
Edad del movimiento	2 años
Fecha del último movimiento	15-Sep-2008
Fecha de movimientos anteriores	01-May-2008
Uso del suelo	Pasto Natural
Velocidad del movimiento	Media
Evaluación de daños	Derrumbes en carretera en construcción
Tipo de medidas adoptadas	Ninguna



Ilustración 3. Progreso del Deslizamiento de talud Absc. Km. 11+440 Lado Derecho (Fase Inicial)



Ilustración 4. Progreso del Deslizamiento de talud Absc. Km. 11+440 Lado Derecho (Fase Actual)

DATOS TECNICOS	
Deslizamiento de talud Absc. Km. 16+520 Lado Derecho	
Característica del movimiento de laderas	
Deslizamiento	Traslacional
Flujo	Detritos
Desprendimientos	Complejo
Otros tipos	Hundimientos
Observaciones	Area Inestable
Edad del movimiento	Reciente
Grado de actividad	Activo
Grado de desarrollo	Avanzado
Factores desencadenantes	Erosión o socavamiento en la base del talud Actividad antrópica (obra civil)
Factores condicinantes	Materiales blandos, meteorizados o alterados
Características morfológicas y geológicas de area inestable	
	Arenas sueltas sobre capa de rocas fracturadas
Condicion de la roca o suelo	
Grado de facturación	Alto
Meteorización	Alta
Humedad	Semisaturado
Estado de conservación y rasgos presentes sobre el depósito	
Presencia de vegetación en la cicatriz	Desnuda
Cobertura	< 40%
Cabecera	Erosionada
Depósito	Estructura incoherente
Rasgos obserbables	Escarpes múltiples Grietas laterales abiertas
Geometría y forma de laladera	
Forma de la ladera	Inducida
Altura (centro de la rotura)	105.00
Cota Cabecera	1240.00
Cota Pie	1135.00
Desnivel máximo de la ladera	
Angulo de la ladera previo a la rotura	26 °
Angulo de la ladera con rotura	41 °
Pendiente media de la ladera	0.87
Ubicación de la rotura en ladera	Cabecera
Descripción y situación de grietas de tracción	
Orientación	N 65° 4' E
Apertura	9.80
Longitud	38.00
Profundidad	4.40

Tabla 4. Deslizamiento de talud Absc. Km. 16+520 Lado Derecho.

DATOS TECNICOS	
Deslizamiento de talud Absc. Km. 16+520 Lado Derecho	
Dimensiones	
Superficie de ruptura	
Longitud Lr (m)	168.00
Ancho Ar (m)	120.00
Profundidad Pr (m)	18.00
Masa desplazada	
Longitud Ld (m)	177.00
Ancho Ad (m)	130.00
Profundidad Pd (m)	7.00
Longitud Total L (m)	185.00
Longitud Línea Central Lc (m)	143.00
Superficie (m2)	17300.00
Volumen (m3)	140330.00
Condiciones hidrogeológicas	
Fuentes o manantiales en la ladera	No
Comportamiento hidrogeológico de los materiales	Semipermeables
Condiciones de drenaje	Escorrentía por precipitaciones pluviales
Caracterización temporal del fenómeno	
Edad del movimiento	10 meses
Fecha del último movimiento	15-Sep-2008
Fecha de movimientos anteriores	01-May-2008
Uso del suelo	
	Pasto Natural Subutilizado
Velocidad del movimiento	Media
Evaluación de daños	Derrumbes en carretera en construcción
Tipo de medidas adoptadas	Ninguna

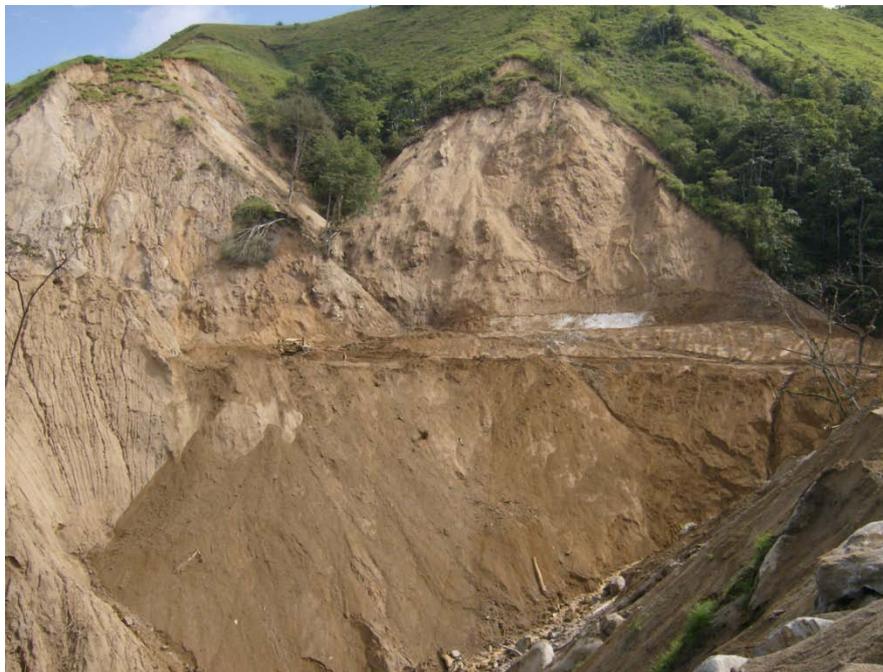


Ilustración 5. Progreso del Deslizamiento de talud Absc. Km. 16+520 Lado Derecho (Fase Inicial)



Ilustración 6. Progreso del Deslizamiento de talud Absc. Km. 16+520 Lado Derecho (Fase Actual)

Tabla 5. Deslizamiento de talud. Km. 17+220 Lado Derecho.

DATOS TECNICOS	
Deslizamiento de talud Absc. Km. 17+220 Lado Derecho	
Característica del movimiento de laderas	
Deslizamiento	Traslacional
Flujo	Detritos
Desprendimientos	Complejo
Otros tipos	Hundimientos, Extrusión lateral
Observaciones	Area Inestable
Edad del movimiento	Reciente
Grado de actividad	Activo
Grado de desarrollo	Avanzado
Factores desencadenantes	Erosión o socavamiento en la base del talud Actividad antrópica (obra civil)
Factores condicinantes	Alternancia de materiales de distinta competencia
Características morfológicas y geológicas de area inestable	Arenas sueltas sobre capa de arenas consolidadas
Condicion de la roca o suelo	
Grado de facturación	Alto
Meteorización	Alta
Humedad	Semisaturado
Estado de conservación y rasgos presentes sobre el depósito	
Presencia de vegetación en la cicatriz	Desnuda
Cobertura	< 40%
Cabecera	Erosionada
Depósito	Estructura incoherente
Rasgos obserhables	Escarpes fresco Suofrfaces de depósito planar
Geometría y forma de laladera	
Forma de la ladera	Inducida
Altura (centro de la rotura)	79.00
Cota Cabecera	1216.00
Cota Pie	1137.00
Desnivel máximo de la ladera	68.00
Angulo de la ladera previo a la rotura	46°
Angulo de la ladera con rotura	45°
Pendiente media de la ladera	1
Ubicación de la rotura en ladera	Cabecera
Descripción y situación de grietas de tracción	
Orientación	N 72° 27' E
Apertura	1.30
Longitud	250.00
Profundidad	3.70

DATOS TECNICOS	
Deslizamiento de talud Absc. Km. 17+220 Lado Derecho	
Dimensiones	
Superficie de ruptura	
Longitud Lr (m)	121.00
Ancho Ar (m)	300.00
Profundidad Pr (m)	16.50
Masa desplazada	
Longitud Ld (m)	133.00
Ancho Ad (m)	300.00
Profundidad Pd (m)	6.35
Longitud Total L (m)	137.00
Longitud Línea Central Lc (m)	102.00
Superficie (m ²)	26,360.00
Volumen (m ³)	244,445.00
Condiciones hidrogeológicas	
Fuentes o manantiales en la ladera	No
Comportamiento hidrogeológico de los materiales	Semipermeables
Condiciones de drenaje	Escorrentía por precipitaciones pluviales
Caracterización temporal del fenómeno	
Edad del movimiento	10 meses
Fecha del último movimiento	30-Oct-2008
Fecha de movimientos anteriores	17-Sep-2008
Uso del suelo	
	Cultivos
	Subutilizado
Velocidad del movimiento	Media
Evaluación de daños	Derrumbes en carretera en construcción
Tipo de medidas adoptadas	Ninguna



Ilustración 7. Progreso del Deslizamiento de talud Absc. Km. 17+220 Lado Derecho (Fase Inicial)



Ilustración 8. Progreso del Deslizamiento de talud Absc. Km. 17+220 Lado Derecho (Fase Actual)

4.2.1. Volúmenes de limpieza de derrumbes en la construcción de la carretera Selva Alegre - Saguangal .

Los volúmenes acumulados en la limpieza de derrumbes durante el proceso constructivo, se puede resumir en la siguiente manera.

Tabla 6. Volumen Acumulado de Derrumbes

ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	FECHA INICIO	FECHA ACTUAL	VOLUMEN ACUMULADO (m3)
0+000.00	20+408.94	Junio 2007	Diciembre 2008	739,276.25

La incidencia en el volumen de limpieza de derrumbes en los sitios evaluados y que presentan una mayor amenaza se resumen como:

Tabla 7. Volumen acumulado de derrumbes por abscisa

ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	FECHA INICIO	FECHA ACTUAL	VOLUMEN ACUMULADO (m3)
9+480.00	9+780.26	Junio 2007	Diciembre 2008	21,195.27
11+400.00	11+500.00	Agosto 2007	Diciembre 2008	22,752.66
16+340.00	17+482.70	Enero 2008	Diciembre 2008	384,775.28
			Suman ...	428,723.21

Podemos observar que la suma de todos los tramos en estudio es de:

Tabla 8. Longitud de afectación en la vía

ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	LONGIUTD DEL TRAMO (m)
9+480.00	9+780.26	300.26
11+400.00	11+500.00	100.00
16+340.00	16+560.00	220.00
17+140.00	17+482.70	342.70
	Suman ...	962.96



Ilustración 9 Derrumbes en Km 16+340 a 16+560



Ilustración 10 Derrumbes en Km 17+140 a 17+482.70

4.2.2. Análisis económico de la limpieza de derrumbes en la construcción de la carretera Selva Alegre - Saguangal ..

Lo que representa que por cada metro lineal de vía existen un promedio de derrumbes de 445.21 m³/m, este valor es un indicador muy elevado en la etapa de construcción y lo cual determina la alta incidencia de deslizamientos de la zona en estudio.

Tomando en cuenta que el precio por metro cúbico de limpieza de derrumbes dentro de la construcción de esta carretera es de 1.10 dólares, adicionalmente la conformación de los sitios de escombrera con un valor de 0.28 dólares, se comprueba que la afectación y el gasto al estado ecuatoriano es de 1.38 dólares por cada metro cúbico limpiado, que en términos de valores suman la cantidad de 591,638.03 dólares hasta la presente fecha.

Concomitantemente a este análisis de costo se debe considerar el costo por concepto de indemnizaciones a los terrenos afectados por los deslizamientos producidos luego de los cortes realizados en las laderas existentes.

Como una estimación de los futuros deslizamientos a presentarse dentro del siguiente año es de aproximadamente el 40% adicional al volumen que hasta la fecha se ha acumulado, es decir que en términos económicos representarán 236,655.21 dólares, con lo cual hasta finales del año 2009 el costo acumulado por limpieza de derrumbes ascenderá a 828,293.24 dólares, este valor representa los efectos materiales, sin considera los posibles efectos en los futuros usuarios.

Los datos anteriores revelan la necesidad de encontrar un o varios métodos apropiados para disminuir los deslizamientos de los taludes y el riesgo para los usuarios evitando accidentes de tránsito y posibles víctimas fatales.

4.3. Análisis del Factor de Seguridad en taludes con deslizamientos.

El análisis del factor de seguridad en los taludes con deslizamientos nos proporcionará una idea de las causas de las fallas. Dentro de este estudio debemos considerar la predominancia de los suelos superficiales arenosos que conforman los taludes construidos.

4.3.1 Análisis de fallas planas.

El método más conocido es de Hoek & Bray, que consiste en las aplicaciones de modelos y de parámetros geométricos y geo-mecánicos deducidos, para cada caso. Así por ejemplo el modelo de falla plana con grieta en la corona consiste el análisis

estático de un bloque unitario homogéneo que se desliza por un plano inclinado (con libertad cinemática) que puede ser un estrato blando o una fractura inclinada. Se considera la altura del talud, el volumen del cuerpo que se desliza, la aceleración sísmica que es una componente horizontal, hacia fuera, del peso del cuerpo deslizante; las presiones hidrostáticas generadas en la grieta de tensiones y esta comunicada con la superficie deslizante. Estas presiones tienen la típica distribución triangular y su componente actúa a 1/3 de la altura del triángulo de presiones.

Las presiones hidrostáticas actúan empujando lateral y basalmente al bloque deslizante.

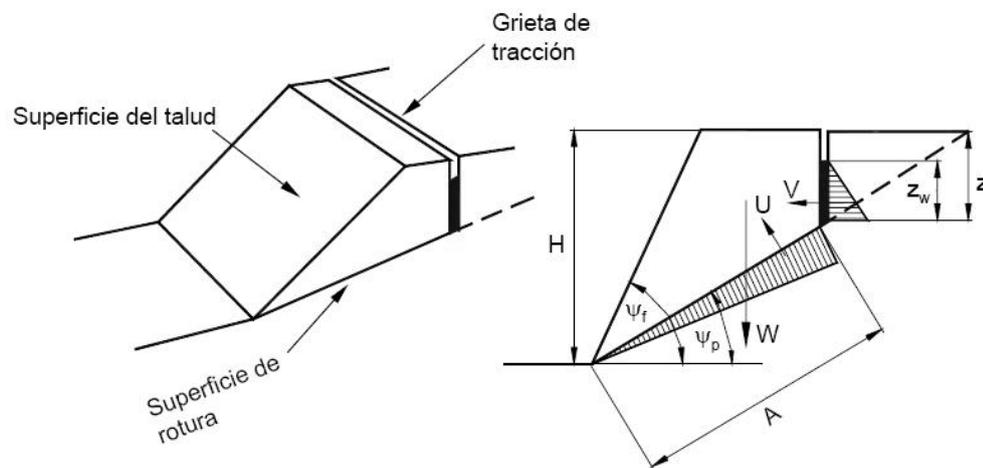


Figura 11 Superficie de falla

Cuando no existe drenaje en el talud, la distribución de presiones en la base del bloque cambia de triangular a rectangular, por lo que se duplica su valor como fuerza desestabilizante.

Las ecuaciones que utilizan para el cálculo son las siguientes:

$$F_s = \frac{c'A + [W \cos \psi_p - U - V \sin(\psi_p + \delta)] \tan \phi'}{W \sin \psi_p + \cos(\psi_p + \delta)} \quad A = \frac{H-z}{\sin \psi_p}$$

$$U = \frac{1}{2} \gamma_w z_w \frac{H-z}{\sin \psi_p} \quad V = \frac{1}{2} \gamma_w z_w^2$$

$$W = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left[\frac{1 - \left(\frac{z}{h}\right)^2}{\tan \psi_p} - \frac{1}{\tan \psi_t} \right]$$

Mediante un programa de cálculo, en hoja electrónica, se puede determinar, efectuando diferentes corridas la incidencia que tienen los diferentes parámetros

tanto geotécnicos como geométricos, por lo que partiendo de datos conocidos o medidos, pudiendo efectuar retro-análisis.

Un muy importante que se puede deducir de la hoja electrónica es la incidencia que tiene la presencia del agua, ingresando valores de altura de agua, Z_w , iguales, menores en diferente rangos que la altura total de la grieta, la cual es calculada por las formulas.

4.3.2 Análisis de rotura plana.⁴

Se supone un talud en terreno homogéneo, cuyas propiedades están definidas por la densidad γ , el ángulo de fricción ϕ y la cohesión c . Las formulaciones analíticas fueron obtenidas suponiendo que dicho talud está formado por un plano que representa su pendiente (Ω_α) y otros dos que permiten considerar el pie (Ω_η) y la inclinación de la corona (Ω_β). Dichos planos fueron cortados por uno perpendicular dando lugar a rectas (en dos dimensiones), que a su vez, fueron cortadas por otra recta de inclinación ψ para modelizar la rotura planar.

El análisis se realizó siguiendo un procedimiento que cuenta con dos etapas fundamentales:

- Obtención de las relaciones geométricas
- Análisis del equilibrio

En la primera etapa se obtienen las ecuaciones que representan las relaciones geométricas, quedando definidas las dimensiones del cuerpo que tiende a deslizar y por tanto, es posible calcular parámetros tan importantes como: área, volumen y peso de la masa de suelo en inminente falla. En la segunda etapa se considera que el mencionado cuerpo, está en equilibrio límite y se asume un criterio de rotura para establecer la resistencia a cortante del suelo en el momento de la falla. Las consideraciones anteriores permiten obtener las ecuaciones de los momentos resistente y motor, y a partir de ellas, la ecuación del factor de seguridad.

⁴ AYALA, Francisco. (1991). Manual de ingeniería de taludes

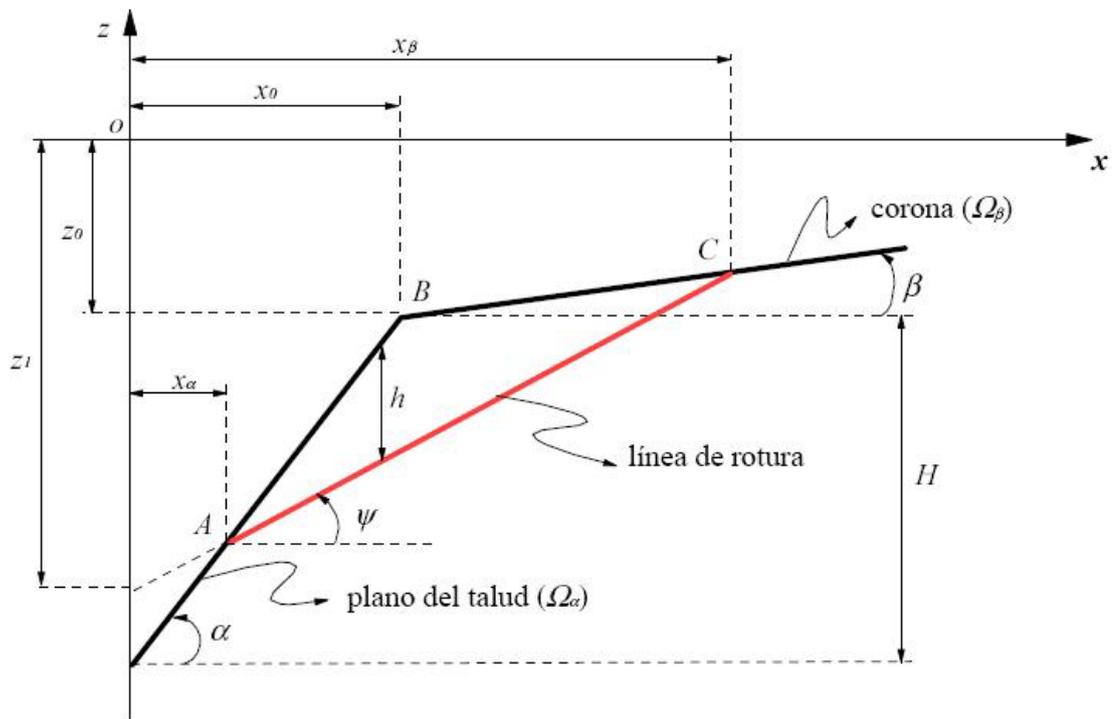


Figura 22 Modelo matemático de cálculo

Consideramos la Figura anterior, formado por los planos Ω_α y Ω_β y sea Ω_ψ un plano de inclinación ψ , que constituye la superficie de rotura. La cuña limitada por dichos planos e interior al talud forma un cuerpo con cierta probabilidad de deslizamiento, de cuyo equilibrio depende la estabilidad. Suponemos unos ejes de referencia; en los que el origen "O" está situado sobre la vertical que pasa por el pie del talud, el eje "z" vertical y el eje "x" está orientado en sentido positivo.

De la figura se pueden observar las siguientes relaciones:

$$\text{Plano } \Omega_\alpha \quad z = (x - x_0) \operatorname{tg} \alpha + z_0$$

$$\text{Plano } \Omega_\beta \quad z = (x - x_0) \operatorname{tg} \beta + z_0$$

$$\text{Plano } \Omega_\psi \quad z = x \operatorname{tg} \psi + z_1$$

Donde:

z_1 es la coordenada de intersección del plano de rotura con el eje "z"

De la intersección de los planos Ω_α y Ω_β se deducen las coordenadas “x” de los puntos A y C:

$$x_\alpha = \frac{x_0 \operatorname{tg}\alpha - z_0 + z_1}{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\psi}$$

$$x_\beta = \frac{x_0 \operatorname{tg}\beta - z_0 + z_1}{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\psi}$$

Donde: x_α y x_β son los límites de la cuña de terreno que puede deslizar y el valor de h será:

$$h(x) = \begin{cases} z_p(x) - z_p(x) & x_\alpha \leq x \leq x_0 \\ z_p(x) - z_p(x) & x_\alpha \leq x \leq x_0 \end{cases}$$

siendo:

$z_p(x)$ la variación de “z” a lo largo de la línea de falla.

z_{Ω_α} y z_{Ω_β} las variaciones de “z” en los planos Ω_α y Ω_β respectivamente.

4.3.2.1. Análisis de equilibrio límite.

Puesto que el talud está formado por un terreno con cohesión efectiva (c), ángulo de fricción interna (ϕ), y peso específico (γ), su estabilidad dependerá del equilibrio resistente (F_r) y motora (F_m), expresada a través del factor de seguridad (F_s).

$$F_s = \frac{\text{Fuerza resistente}}{\text{Fuerza motora}}$$

4.3.2.1.1. Fuerza resistente (F_r).

Es la resultante de las fuerzas que se oponen al deslizamiento de la cuña de suelo a lo largo de la línea de rotura, es decir, las fuerzas debido a la cohesión y fricción del terreno que se expresan matemáticamente como tensión cortante (τ), según el criterio de fallo de Morh - Coulomb.

$$\tau = c + \sigma_n \operatorname{tg} \phi$$

Por tanto un elemento diferencial de la línea de rotura (d_s) aportará un diferencial de fuerza resistente dado por:

$$dF_r = (c + \sigma_n \operatorname{tg} \phi) d_s \quad (1)$$

en cada punto de la curva de rotura la tensión normal será:

$$\sigma_n = \gamma h \cos \psi$$

por tanto,

$$\sigma_n \begin{cases} \gamma \cos \psi (x \operatorname{tg} \alpha - x \operatorname{tg} \psi - z_1 - x_0 \operatorname{tg} \alpha + z_0) & x_a \leq x \leq x_0 \\ \gamma \cos \psi (x \operatorname{tg} \beta - x \operatorname{tg} \psi - z_1 - x_0 \operatorname{tg} \beta + z_0) & x_0 \leq x \leq x_\beta \end{cases}$$

De forma similar, pueden obtenerse las tensiones tangenciales en el plano de rotura:

$$\tau = \begin{cases} \gamma \operatorname{sen} \psi (x \operatorname{tg} \alpha - x \operatorname{tg} \psi - z_1 - x_0 \operatorname{tg} \alpha + z_0) & x_a \leq x \leq x_0 \\ \gamma \operatorname{sen} \psi (x \operatorname{tg} \beta - x \operatorname{tg} \psi - z_1 - x_0 \operatorname{tg} \beta + z_0) & x_0 \leq x \leq x_\beta \end{cases}$$

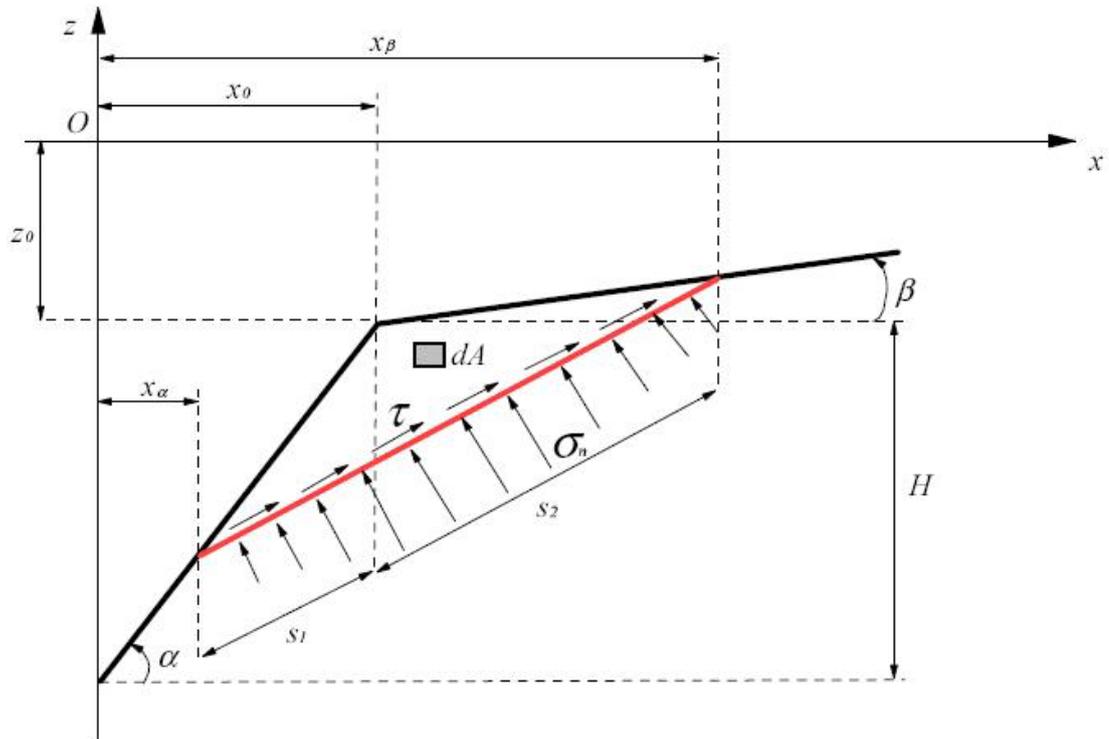


Figura 14 Fuerzas tangenciales y de corte

La fuerza resistente total será la integral curvilínea a lo largo de la línea de rotura (s)

$$F_r = \int (c + \sigma_n \operatorname{tg} \phi) ds \quad (3)$$

Teniendo en cuenta que la tensión normal varía a lo largo de la línea de rotura para los diferentes valores de “ x ” la ecuación anterior se puede expresar como:

$$F_r = F_{r1} + F_{r2} \quad (4)$$

Donde:

F_{r1} es la fuerza resistente que se produce en el tramo s_1 de la línea de rotura ($x_\alpha \leq x \leq x_0$).

F_{r2} es la fuerza resistente que se produce en el tramo s_2 de la línea de rotura ($x_0 \leq x \leq x_\beta$).

sustituyendo σ_n en la ecuación (3) y calculando de forma independiente las fuerzas tenemos:

$$F_r = c \int ds + \operatorname{tg} \phi \int \sigma_n ds$$

Como

$$d_s = \frac{dx}{\cos \psi}$$

$$\begin{aligned} F_{r1} = & \frac{c}{\cos \psi} \int_{x_\alpha}^{x_0} dx + \gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \alpha \int_{x_\alpha}^{x_0} x dx - \gamma \operatorname{tg} \psi \operatorname{tg} \phi \int_{x_\alpha}^{x_0} x dx \\ & - \gamma z_1 \operatorname{tg} \phi \int_{x_\alpha}^{x_0} dx - \gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \alpha x_0 \int_{x_\alpha}^{x_0} dx + \gamma \operatorname{tg} \phi z_0 \int_{x_\alpha}^{x_0} dx \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} F_{r2} = & \frac{c}{\cos \psi} \int_{x_0}^{x_\beta} dx + \gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \beta \int_{x_0}^{x_\beta} x dx - \gamma \operatorname{tg} \psi \operatorname{tg} \phi \int_{x_0}^{x_\beta} x dx \\ & - \gamma z_1 \operatorname{tg} \phi \int_{x_0}^{x_\beta} dx - \gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \beta x_0 \int_{x_0}^{x_\beta} dx + \gamma \operatorname{tg} \phi z_0 \int_{x_0}^{x_\beta} dx \end{aligned} \quad (7)$$

calculando las integrales, resulta:

$$\begin{aligned} F_{r1} = & \frac{c}{\cos \psi} (x_0 - x_\alpha) + \frac{\gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \alpha}{2} (x_0^2 - x_\alpha^2) - \frac{\gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \psi}{2} (x_0^2 - x_\alpha^2) \\ & - \gamma z_1 \operatorname{tg} \phi (x_0 - x_\alpha) - \gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \alpha x_0 (x_0 - x_\alpha) + \gamma z_0 \operatorname{tg} \phi (x_0 - x_\alpha) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} F_{r2} = & \frac{c}{\cos \psi} (x_\beta - x_0) + \frac{\gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \beta}{2} (x_\beta^2 - x_0^2) - \frac{\gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \psi}{2} (x_\beta^2 - x_0^2) \\ & - \gamma z_1 \operatorname{tg} \phi (x_\beta - x_0) - \gamma \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \beta x_0 (x_\beta - x_0) + \gamma z_0 \operatorname{tg} \phi (x_\beta - x_0) \end{aligned} \quad (9)$$

Las ecuaciones (8) y (9) permiten calcular la fuerza resistente que se produce en un plano de rotura dado por su coordenada z_l y ángulo de inclinación ψ , en función de la geometría del talud y de las propiedades físico-mecánicas del terreno.

4.3.2.1.2. Fuerza motora (F_m)

Será la producida por el peso de la cuña de terreno con probabilidad de deslizamiento, y de alguna sobrecarga que pueda estar en la corona del talud. En caso de no existir sobrecargas, será la integral doble,

$$F_m = \gamma \operatorname{sen}\psi \iint dx dz \quad (10)$$

dividiendo en dos partes la integral, según las zonas que aparecen en el plano de rotura:

$$F_m = F_{m1} + F_{m2} \quad (11)$$

Siendo,

$$F_{m1} = \frac{\gamma \operatorname{sen}\psi \operatorname{tg}\alpha}{2} (x_0^2 - x_\alpha^2) - \gamma x_0 \operatorname{tg}\alpha \operatorname{sen}\psi (x_0 - x_\alpha) + \gamma z_0 \operatorname{sen}\psi (x_0 - x_\alpha) \\ - \frac{\gamma \operatorname{sen}^2\psi}{2 \cos \psi} (x_0^2 - x_\alpha^2) - \gamma z_1 \operatorname{sen}\psi (x_0 - x_\alpha) \quad (12)$$

$$F_{m2} = \frac{\gamma \operatorname{sen}\psi \operatorname{tg}\beta}{2} (x_\beta^2 - x_0^2) - \gamma x_0 \operatorname{tg}\beta \operatorname{sen}\psi (x_\beta - x_0) + \gamma z_0 \operatorname{sen}\psi (x_\beta - x_0) \\ - \frac{\gamma \operatorname{sen}^2\psi}{2 \cos \psi} (x_\beta^2 - x_0^2) - \gamma z_1 \operatorname{sen}\psi (x_\beta - x_0) \quad (13)$$

Sumando (12) y (13) tenemos:

$$F_m = \frac{\gamma \operatorname{sen}\psi}{2} [\operatorname{tg}\alpha(x_0^2 - x_\alpha^2) + \operatorname{tg}\beta(x_\beta^2 - x_0^2)] \\ - \gamma x_0 \operatorname{sen}\psi [\operatorname{tg}\alpha(x_0 - x_\alpha) + \operatorname{tg}\beta(x_\beta - x_0)] + \gamma z_0 \operatorname{sen}\psi (x_\beta - x_\alpha) \\ - \frac{\gamma \operatorname{sen}^2\psi}{2 \cos \psi} (x_\beta^2 - x_\alpha^2) - \gamma z_1 \operatorname{sen}\psi (x_\beta - x_\alpha)$$

4.4. Factor de seguridad en taludes existentes

El cálculo del factor de seguridad nos dará la idea del valor dentro con el cual se produjo la falla en las distintas abscisas. Para el cálculo se implementó una hoja de cálculo programa de tal manera que se introduzcan los valores intrínsecos del suelo según su abscisa a si como la geometría de los mismos; utilizando la metodología descrita anteriormente en las fórmulas 8, 9, 12 y 13 correspondientes a fuerzas resistentes y motoras respectivamente.

De lo señalado se puede resumir los cálculos obtenidos de la siguiente manera:



Figura 15 Geometría actual del talud Km 9+605.32

DATOS : 9+605.32 Lado Derecho

Características Intrínsecas de suelo

Geometria del talud

ϕ = 24 °
 c = 19.6 KPa
 γ = 27.44 KN/m³

α = 60 °
 β = 17 °
 ψ = 44 °

x_0 = 26.1 m
 x_α = 4.1 m
 x_β = 49.5 m
 z_1 = 51.6 m
 z_0 = 6.95 m

Factor de Seguridad

FS = 0.623



Figura 16 Geometría actual del talud Km. 11+439.39

DATOS : 11+439.39 Lado Derecho
Características Intrínsecas de suelo

ϕ = 24 °
 c = 19.6 KPa
 γ = 27.44 KN/m³

Geometria del talud

α = 56 °
 β = 33 °
 ψ = 47 °
 x_0 = 50.6 m
 x_α = 5.35 m
 x_β = 94.2 m
 z_1 = 105.85 m
 z_0 = 28.85 m

Factor de Seguridad

FS = 0.599

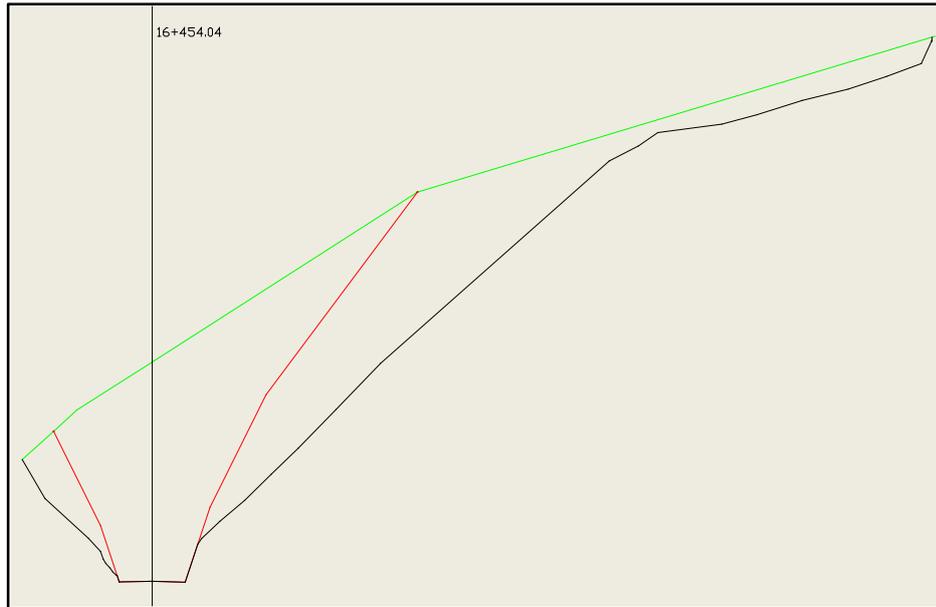


Figura 17 Geometría actual del talud Km. 16+454.04

DATOS : 16+454.04 Lado Derecho
Características Intrínsecas de suelo

ϕ = 24 °
 c = 19.6 KPa
 γ = 27.44 KN/m³

Geometria del talud

α = 64 °
 β = 16 °
 ψ = 44 °
 x_0 = 32.1 m
 x_α = 2.2 m
 x_β = 80.15 m
 z_1 = 80.95 m
 z_0 = 14.4 m

Factor de Seguridad

FS = 0.628

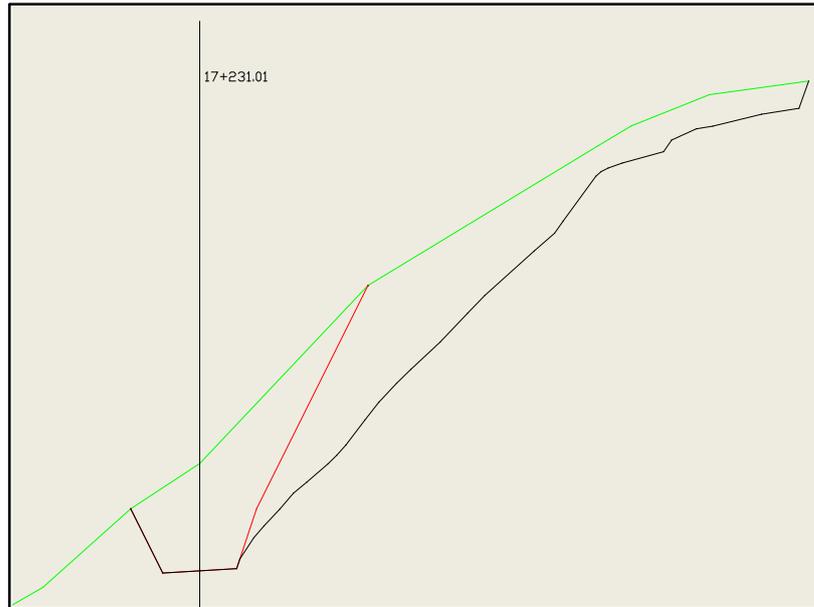


Figura 18 Geometría actual del talud Km. 17+231.01

DATOS : 17+231.01 Lado Derecho

Características Intrínsecas de suelo

Geometría del talud

ϕ = 24 °
 c = 19.6 KPa
 γ = 27.44 KN/m³

α = 66
 β = 30
 ψ = 46

x_0 = 21
 x_α = 1.2
 x_β = 69.6
 z_1 = 75.45
 z_0 = 28

Factor de Seguridad

FS = 0.601

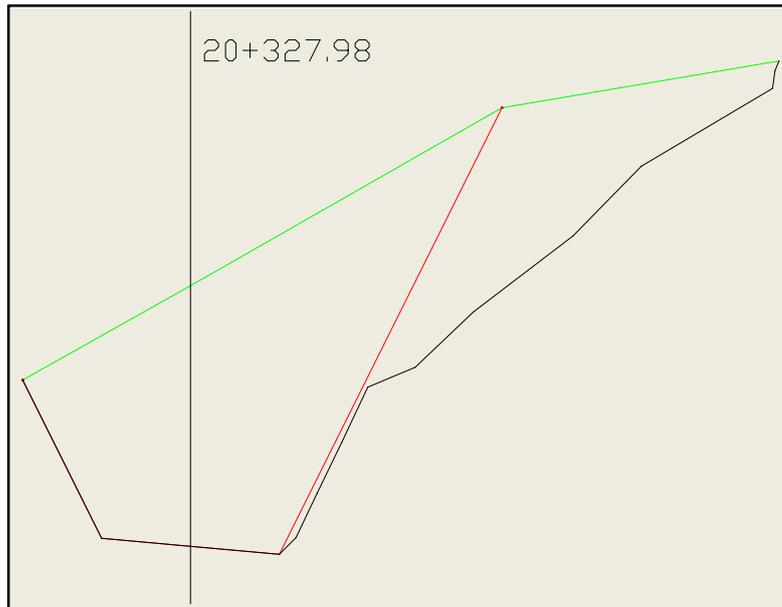


Figura 19 Geometría actual del talud Km 20+327.98

DATOS : 20+327.98 Lado Derecho

Características Intrínsecas de suelo

Geometría del talud

ϕ = 24 °
 c = 19.6 KPa
 γ = 27.44 KN/m³

α = 63 °
 β = 12 °
 ψ = 41 °

x_0 = 14.9 m
 x_α = 4.55 m
 x_β = 34.65 m
 z_1 = 25.35 m
 z_0 = 4.3 m

Factor de Seguridad

FS = 0.643

Tabla 9. Resumen de resultados obtenidos del factor de seguridad en taludes

ABSCISA	LADO	FATOR DE SEGURIDAD (EN LA FALLA)
9+605.32	Lado Derecho	0.623
11+439.39	Lado Derecho	0.599
16+454.04	Lado Derecho	0.628
17+231.01	Lado Derecho	0.601
20+327.98	Lado Derecho	0.643

La tabla anterior denota un valor muy cercano entre cada uno de los valores, numéricamente es un valor inferior al mínimo esperado de 1, lo que implica que la geometría del talud diseñado para estos tipos de suelos no cumple, y siendo necesario entonces buscar un diseño que permita obtener un factor de seguridad confiable.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

1. De los resultados de los análisis de suelos efectuados en el laboratorio se deduce que los suelos que presentan mayores niveles de inestabilidad constituyen aquellos formados por arenas limpias de poca cohesión.
2. Las zonas de mayor inestabilidad presentan características de poca presencia de arboles de gran tamaño, existiendo solo vegetación menor con raíces de poco tamaño.
3. La característica fundamental de los deslizamientos se han producido por la presencia de erosión regresiva continua.
4. La topografía del la zona de Intag donde atraviesa la carretera tiene una característica de ser muy irregular y accidentada lo cual ha provocado que dentro del diseño original existan cortes muy elevados los que colaboran con el incremento del riesgo en zonas de suelos arenosos de poca cohesión.
5. La aplicación de pernos de anclaje y gunitados no tiene cabida en ninguno de los sitios estudiados, debido a que las zonas internas de los taludes presentan profundas masas de arena, lo que no garantiza su eficiencia.

5.2. Recomendaciones.

1. Cambio de diseño de la geometría de los taludes en los lugares con mayor incidencia en deslizamientos.
2. El sembrado de pasto contribuye a la disminución de la erosión eólica, de la disminución de la presión intersticial del terreno, así como del arrastre pluvial, disminuyen el efecto regresivo en los taludes.
3. Utilización de sembrado en taludes de corte con deslizamientos, mediante la utilización de la especie *Brachiaria Briazantha* que mediante las pruebas pilotos han dado buenos resultados, esta siembra se deberá realizar en época invernal debido a la necesidad de las lluvias para su debido crecimiento.
4. En el caso del deslizamiento del talud en el sector comprendido entre el Km 16+500 al 16+600 es necesario la ejecución de una modificación del proyecto horizontal y vertical, así como de la implementación del correctivo planteado en el Capítulo Propuesta descrito.
5. Es necesario implementar un plan de reforestación de los taludes a lo largo del trazado de la carretera con la finalidad de contribuir con el mejoramiento de la estabilidad de los taludes construidos, las especies de arboles deben ser las nativas de la zona.

CAPITULO 6

PROPUESTA

6.1. Datos informativos

Los sitios de mayor inestabilidad dentro de la carretera hasta actualidad son de mayor importancia los ubicados en:

6.1.2. Principales sistemas a utilizar para estabilización.

Abscisas Km. 9+540 a 9+690	Lado derecho,	Longitud: 150 m
Altura máxima de corte	65.80 m	Km. 9+605.32
Angulo de fricción interna	24°	
Clasificación SUCS	SP	
Sistema de Estabilización	Abatimiento de talud y sembrado de pasto	
Abscisas Km. 11+380 a 11+480	Lado derecho,	Longitud: 100 m
Altura máxima de corte	105.80 m	Km. 11+439.39
Angulo de fricción interna	24°	
Clasificación SUCS	SP	
Sistema de Estabilización	Abatimiento de talud y sembrado de pasto en la corona del talud	
Abscisas Km. 16+400 a 16+580	Lado derecho,	Longitud: 180 m
Altura máxima de corte	97.05 m	Km. 16+454.04
Angulo de fricción interna	24°	
Clasificación SUCS	SP	
Sistema de Estabilización	Abatimiento de talud y sembrado de pasto.	
Sistema adicional	Construcción de muro de pie.	
Abscisas Km. 17+160 a 17+460	Lado derecho.	Longitud: 300 m
Altura máxima de corte	81.65 m	Km. 17+231.01
Angulo de fricción interna	24°	
Clasificación SUCS	SP	

Sistema de Estabilización Abatimiento de talud y sembrado de pasto

Abscisas Km. 20+240 a 20+408.94	Lado derecho.	Longitud: 168.94 m
Altura máxima de corte	81.65 m	Km. 20+327.98
Angulo de fricción interna	24°	
Clasificación SUCS	SP	
Sistema de Estabilización	Abatimiento de talud y sembrado de pasto	

6.2. Antecedentes de la propuesta.

La vía en la actualidad se encuentra en construcción hasta la abscisa Km. 25+000, dentro de la cual se ha evidenciado problemas de inestabilidad en los taludes de corte en las abscisas:



Ilustración 11 Abscisas Km. 9+540 a 9+690 Lado derecho.



Ilustración 12. Abscisas Km. 11+400 a 11+500 Lado derecho



Ilustración 13. Abscisas Km. 16+340 a 16+560 Lado derecho



Ilustración 14. Abscisas Km. 17+140 a 17+482.70 lado derecho.



Ilustración 15. Abscisas Km. 20+500 a 20+600 Lado derecho.

Una vez evaluado las causas de la inestabilidad en los taludes, la presente propuesta trata de acuerdo a la ubicación y tomando en cuenta sus características propias de los materiales establecer los sistemas adecuados para prevenir deslizamientos de materiales dentro del trazado de la vía.

6.3. Justificación

Dentro de los rubros del contrato de construcción de esta carretera, el rubro de limpieza de derrumbes en la etapa de construcción se establece en 1.10 usd por metro cúbico, tomando en consideración que hasta la presente fecha de la construcción, se han realizado limpieza de derrumbes por una cantidad de 638,682.07 m³, lo cual aporta una inversión de 702,550.28 usd, y se estima que dentro de la vida útil de la carretera sin que se mitiguen los deslizamientos, esta cantidad de metros cúbicos puede elevarse en 400,000.00 m³, representando una importante inversión para el mantenimiento de la vía, sin tomar en cuenta los altos índices de riesgo que representarán a los futuros usuarios, hace necesario establecer sistemas de estabilización que disminuyan dichos gastos.

6.4. Objetivos

- 1.- Disminuir el costo de mantenimiento.
- 2.- Proporcionar seguridad a los usuarios.
- 3.- Evitar accidentes de tránsito y pérdida de vidas.

6.5. Análisis de factibilidad

6.5.1. Análisis de factor de seguridad de rediseño.

Para analizar el factor de seguridad de los taludes rediseñados se han realizado varias iteraciones con la finalidad de establecer el ángulo adecuado de tal manera que se garantice que no se van a producir la falla en el talud.

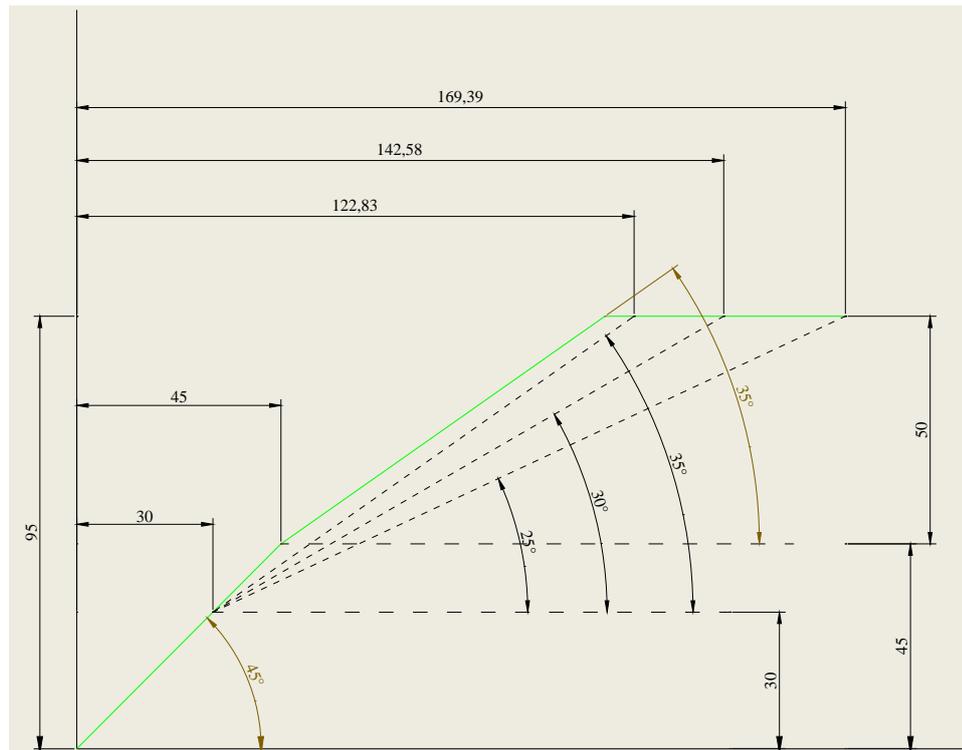


Figura 20 Cálculo del factor de seguridad, según la geometría del talud (rediseño)

PLANO DE FALLA A 25°

Características Intrínsecas de suelo

ϕ	=	24 °
c	=	19.6 KPa
γ	=	27.44 KN/m ³

Geometría del talud

α	=	45
β	=	35
ψ	=	25
x0	=	45
x α	=	30
x β	=	169.39
z1	=	95
z0	=	50

Factor de Seguridad

FS = 1.019

CUMPLE

PLANO DE FALLA A 30°

Características Intrínsecas de suelo

ϕ	=	24 °
c	=	19.6 KPa
γ	=	27.44 KN/m ³

Geometría del talud

α	=	45
β	=	35
ψ	=	30
x0	=	45
x α	=	30
x β	=	142.58
z1	=	95
z0	=	50

Factor de Seguridad

$$FS = 0.866$$

NO CUMPLE

PLANO DE FALLA A 35°

Características Intrínsecas de suelo

ϕ	=	24 °
c	=	19.6 KPa
γ	=	27.44 KN/m ³

Geometría del talud

α	=	45
β	=	35
ψ	=	35
x0	=	45
x α	=	30
x β	=	122.83
z1	=	95
z0	=	50

Factor de Seguridad

$$FS = 0.756$$

NO CUMPLE

Con los resultados anteriores podemos demostrar que el ángulo de 45° hasta los primeros 30 metros y a 25° hasta la cumbre del talud (dentro del plano de falla) cumple con un factor de seguridad sustentable.

6.5.2. Sembrado en taludes inestables

La prueba piloto del sembrado del pasto de la especie *Brachiaria Briazantha* se realizó en un área del Km 17+140 cercana la zona de deslizamiento con la finalidad de comprobar la capacidad de crecimiento.



Ilustración 16. Sembrado de pasto de la especie *Brachiaria Briazantha*



Ilustración 17. Crecimiento de pasto en 10 días de la especie *Brachiaria Briazantha*

El crecimiento del pasto a los 10 días, evidencia una aplicable condición de crecimiento.

A los 20 días de crecimiento y con un régimen moderado de precipitaciones el crecimiento se encuentra en una etapa aceptable.



Ilustración 16. Crecimiento de pasto en 20 días de la especie *Brachiaria Briazantha*

6.6. Fundamentación

6.6.1. Abatimiento de talud

Dentro de este sistema se preverá la disminución del ángulo del talud construido y el descapote de la cúspide del talud con el objetivo de disminuir el peso del talud.

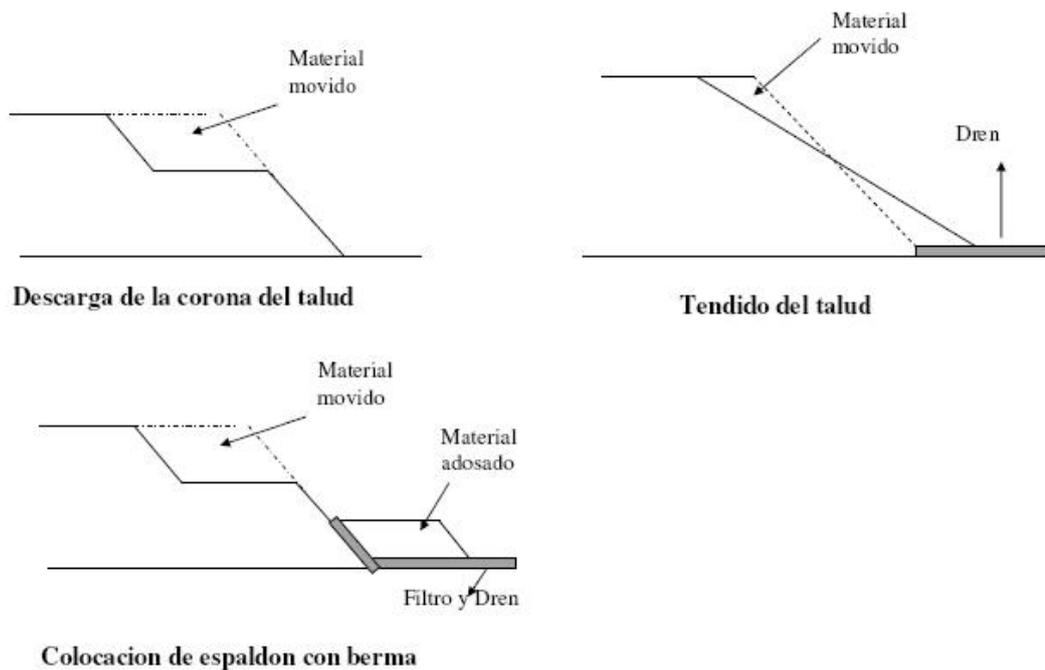


Figura 21 Medidas correctoras para mejorar la estabilidad

6.6.2. Sembrado en el talud:

Este sistema será complementario al anterior con la finalidad de prevenir la infiltración excesiva así como la erosión provocada por el agua el viento. Las plantas a ser sembradas son plantas pertenecientes a la zona y tiene un alto nivel de reproducción. Este sembrado es prioritario realizarlo hasta antes del inicio de la época invernal con la finalidad que la vegetación tenga una sustentable capacidad de crecimiento.

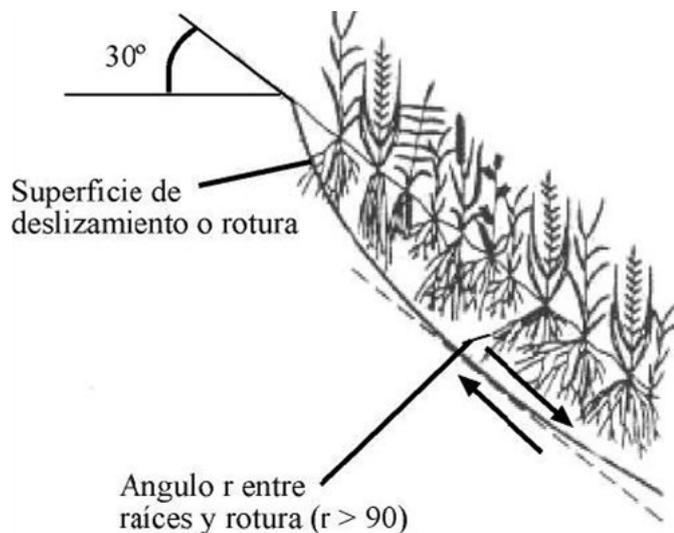
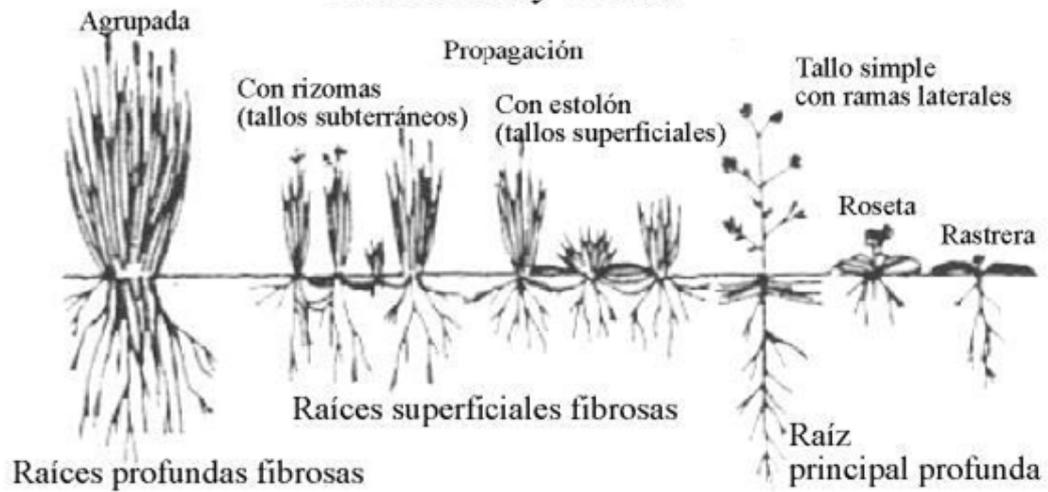


Figura 7. Función de las raíces de los pastos en la estabilidad

Herbaceas y Matas



Arboles y Arbustos

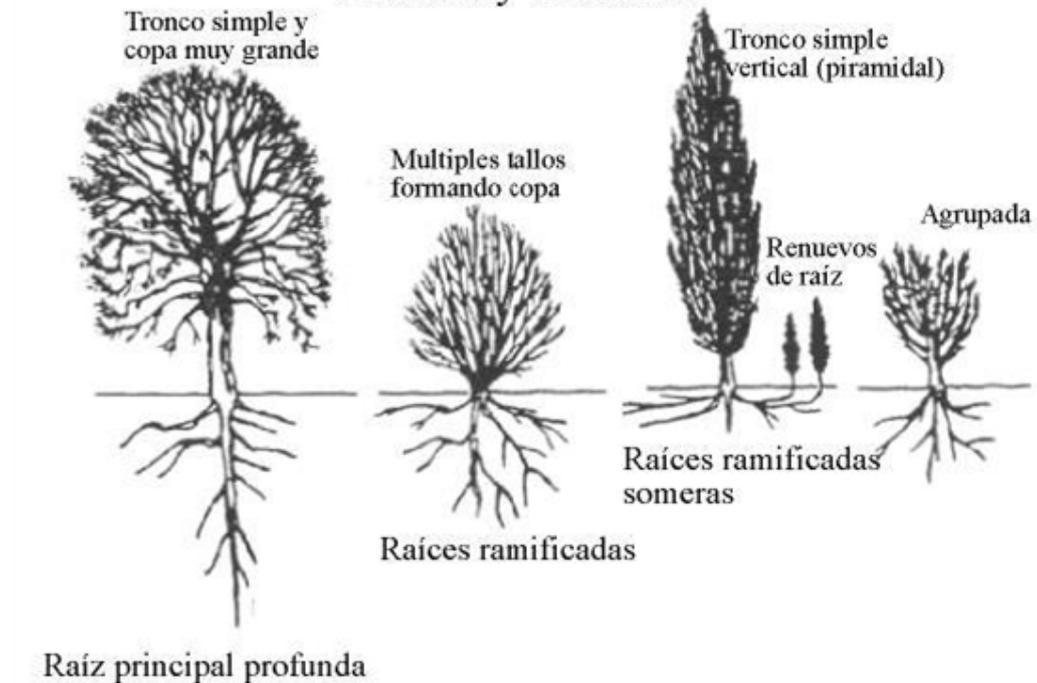


Ilustración 23. Función de las raíces en la estabilidad de los taludes

6.2.3. Drenaje para taludes:

6.2.3.1. Cunetas de coronación.

La construcción de cunetas de coronación ayudarán a que los excesos de agua lluvia provenientes de la parte superior de los taludes sean canalizados hacia zonas de alcantarillas con la finalidad de controlar la descarga del flujo.

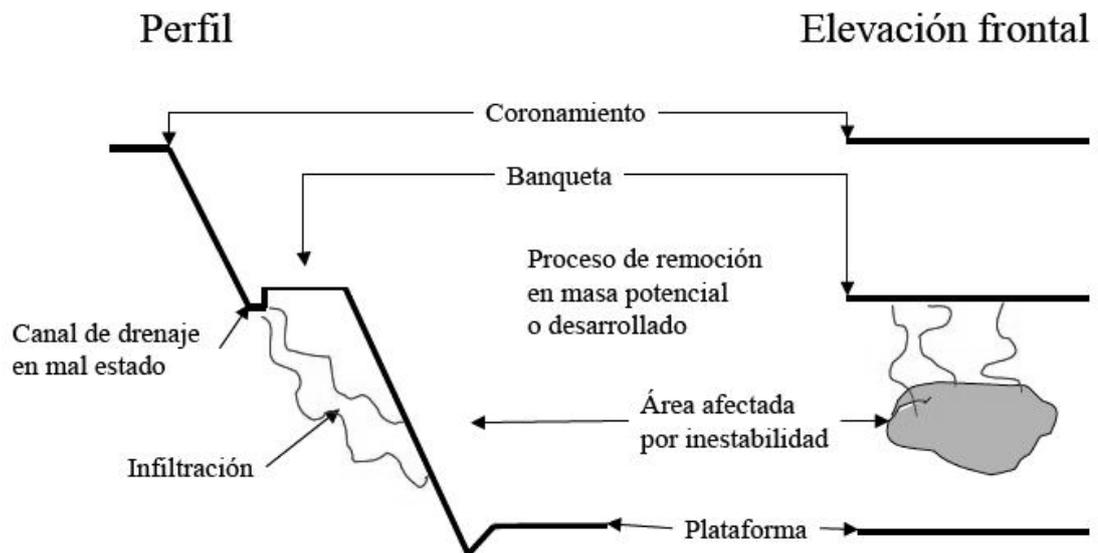


Figura 24 Cunetas de coronación

6.2.3.2. Zanjas de Talud:

Se usan cuando los deslizamientos están situados a poca profundidad. cuando se alternan estratos duros con estratos blandos e impermeables, todos ellos de pequeño espesor y dispuestos paralelamente al talud, e n el fondo de la zanja se dispone a veces de un tubo perforado o poroso

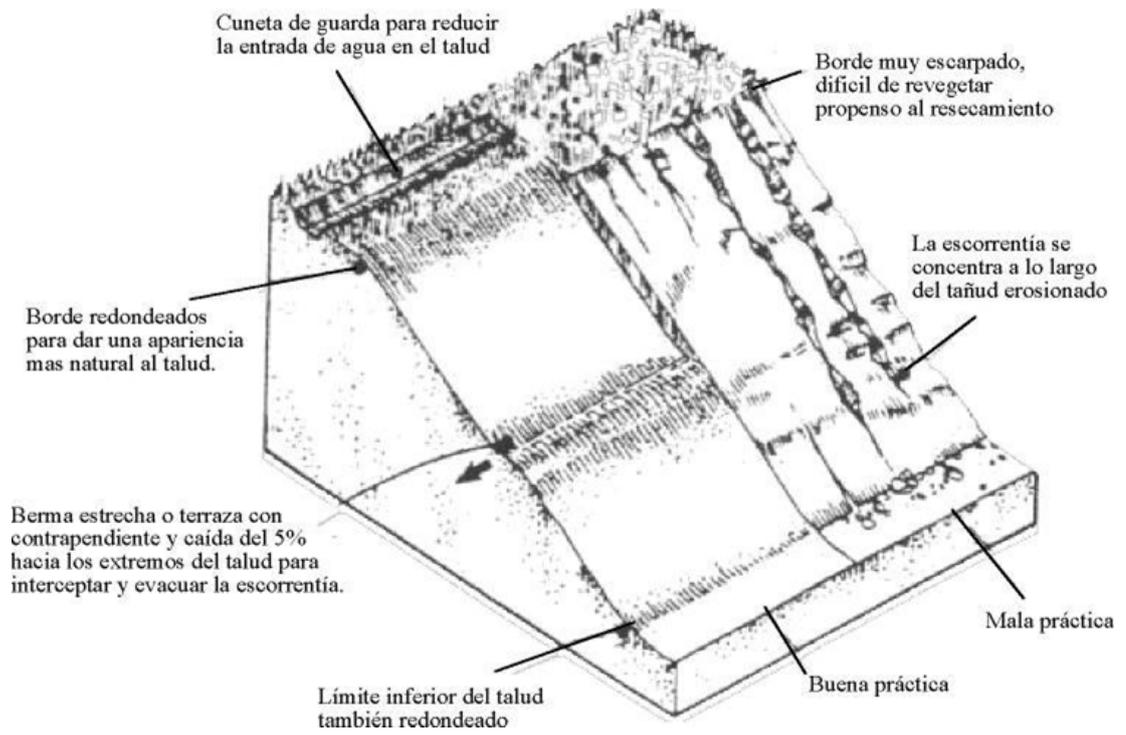


Figura 25 Esquema de talud estabilizado



Figura 26 Bajante de aguas superficiales en talud de suelos arenosos

6.7. Metodología. Modelo operativo

La estabilización en los taludes comenzará con el descapote de la cabeza del talud, para posteriormente ir formando terrazas de 10 metros de altura y banquetas de 5 metros en taludes mayores de 30 metros, bajo los 30 metros y hasta llegar a la parte inferior el talud se lo inclinara a 45°.

Posteriormente se realizará el sembrado de pasto de la especie *Brachiaria Briazantha* con la finalidad de disminuir el efecto erosivo del viento el agua y el sol que lo afecta dentro del contenido de agua entre los espacios intersticiales.

En el caso de los lugares donde exista sobre anchos, en estos sitios se efectuarán muros de pie de talud con la finalidad de recoger el material liberado en el caso de haberlo.

Unas vez que el pasto sembrado se encuentre establecido, se procederá a ejecutar el sembrado de arboles propios de la zona, para garantizar el sistema de estabilización hacia el futuro.

Es necesario la construcción de cunetas de coronación y un necesario mantenimiento de las mismas pues estas permitirán controlar la excesiva infiltración y sobre saturación de los taludes, dado que en la época invernal las precipitaciones son de un nivel intenso.

6.8. Administración

Tabla 9 Obras y presupuesto estimado

Tramo/Acción	Abscisa	Medida	Costo
Selva Alegre - Saguangal			
	9+480.00	Descapote en cabeza del talud	9,720.00
	a		
	9+780.26	Cambio de talud	174,960.00
		Construcción de muro de pie de talud	750 m3 x 64.03 \$/m ³ 48,022.50
		Sembrado de talud	8,250.00
		SUMAN ...	240,952.50
Tramo/Acción	Abscisa	Medida	Costo
Selva Alegre - Saguangal			
	11+400.00	Descapote en cabeza del talud	6,480.00
	a		
	11+500.00	Construcción de muro de pie de talud	250 m3 x 64.03 \$/m ³ 16,007.50
		Sembrado de talud	5,500.00
		SUMAN ...	27,987.50
Tramo/Acción	Abscisa	Medida	Costo
Selva Alegre - Saguangal			
	16+340.00	Descapote en cabeza del talud	32,400.00
	a		
	16+560.00	Variante horizontal y vertical, para crear sobre ancho lateral derecho	5,220.00
		Sembrado de talud	16,500.00
		Construcción de muro de pie	
		SUMAN ...	54,120.00

Tramo/Acción	Abscisa	Medida	Costo
Selva Alegre - Saguangal			
	17+140.00	Descapote en cabeza del talud	48,600.00
	a		
	17+482.70	Cambio de talud	388,800.00
		Sembrado de talud	22,000.00
		SUMAN ...	459,400.00

De la tabla anterior podemos contabilizar que la inversión para una adecuada estabilización de los taludes de la carretera asciende a la cantidad de 782,460.00 dólares.

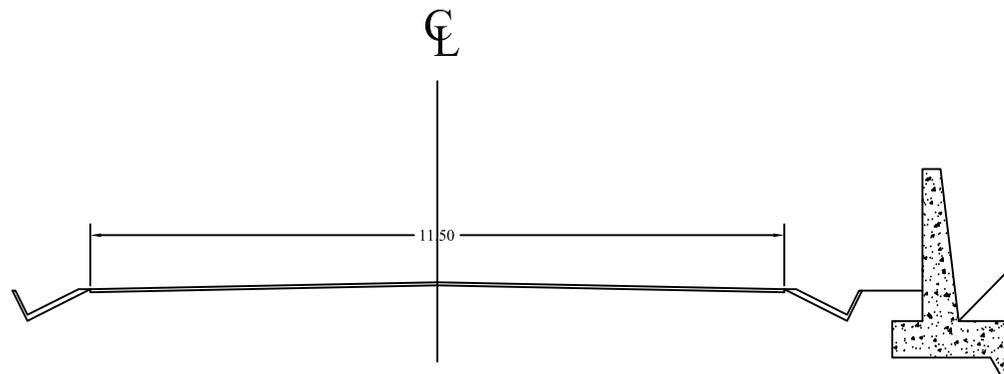
6.9. Previsión de la evaluación

El propósito del presente trabajo de investigación lleva como objetivo principal el disminuir los costos de mantenimiento, a lo largo de la vida útil de la carretera Selva Alegre – Saguangal, tomando en consideración que hasta Diciembre del 2008, en esta carretera se han producido derrumbes, por una cantidad total de 739,276.25 m³, con un costo de 813,203.88 dólares, podemos fácilmente deducir, que de haberse establecido los correctivos necesarios en el debido tiempo dicho valor podría haber cubierto las obras de remediación propuestas, y no hubiese realizar otra erogación adicional como en la actualidad se esta realizando, una vez que se han presentado los problemas de inestabilidad en los taludes.

La propuesta de construcción de muros de protección tiene en objetivo de crear una zona de retención por posibles desprendimientos mientras se produce la etapa de crecimiento, con lo cual también se garantiza la rápida y efectiva limpieza del material deslizado y una permanente limpieza en la calzada con un tránsito continuo.

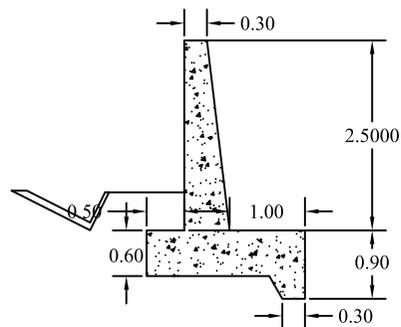
El sembrado de pasto se prevé que en una etapa de 150 días, con un régimen continuo de precipitaciones, se podrá encontrar establecido y permanente.

MURO DE CAPTACION PARA PROTECCION DE CALZADA



Esc: 1 : 125

DETALLE DE MURO DE CAPTACION



Volumen: 2.50 m³ / m

Esc: 1 : 100

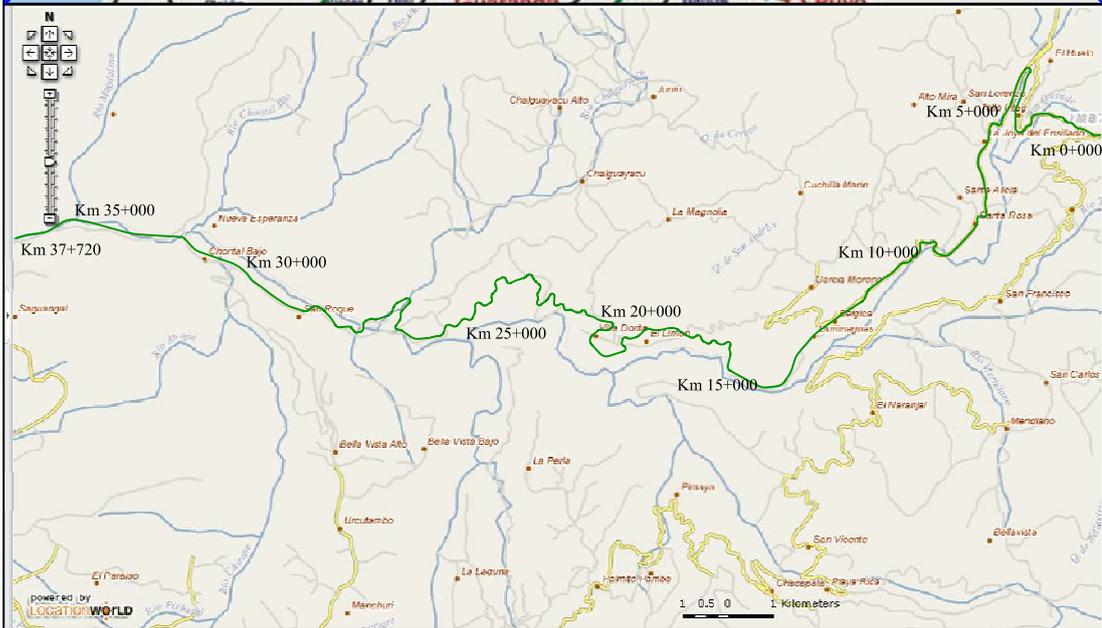
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES
MURO DE CAPTACION
CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
Maestrante: Ing. Mario Hurtado Lascano

BIBLIOGRAFIA

1. ARREDONDO, Francisco. (1997). Compactación de terrenos terraplenes y pedraplenes. Editores técnicos asociados S.A. Madrid, 466 p.
2. AYALA, Francisco. (1991). Manual de ingeniería de taludes. Instituto Tecnológico Geo minero de España, Madrid. 456 p.
3. BRAJA, Das. (2001). Fundamentos de ingeniería geotécnica, Cengage Learning Editores, México. 594 p.
4. CARDENAS, James. (1993) Diseño geométrico de Vías. Editorial Lito Camargo Ltda. Universidad del Valle. Cauca, 357 p
5. CRESPO, Carlos. (2005). Mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Limusa, México. 650 p.
6. IZQUIERDO, Francisco. (2001). Cuestiones de geotecnia y cimientos. Editorial. Univ. Politécnica de Valencia, Valencia. 227 p.
7. JUAREZ, Eulalio. (1974). Mecánica de suelos, Editorial Limusa, México. 1758 p.
8. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES. (1999). Estudio de estabilidad de taludes. Departamento de Geotecnia. Quito, 180 p.
9. MORGAN, R. (1997). Erosión y conservación del suelo. Editorial Mundi-Prensa Libros, Madrid, 343 p.
10. RICO, Alfonso. (2006). La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Volumen 1, Editorial Limusa, México. 460 p.

11. RICO, Alfonso. (1999). La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Volumen 2, Editorial Limusa, México. 490 p.

ANEXOS

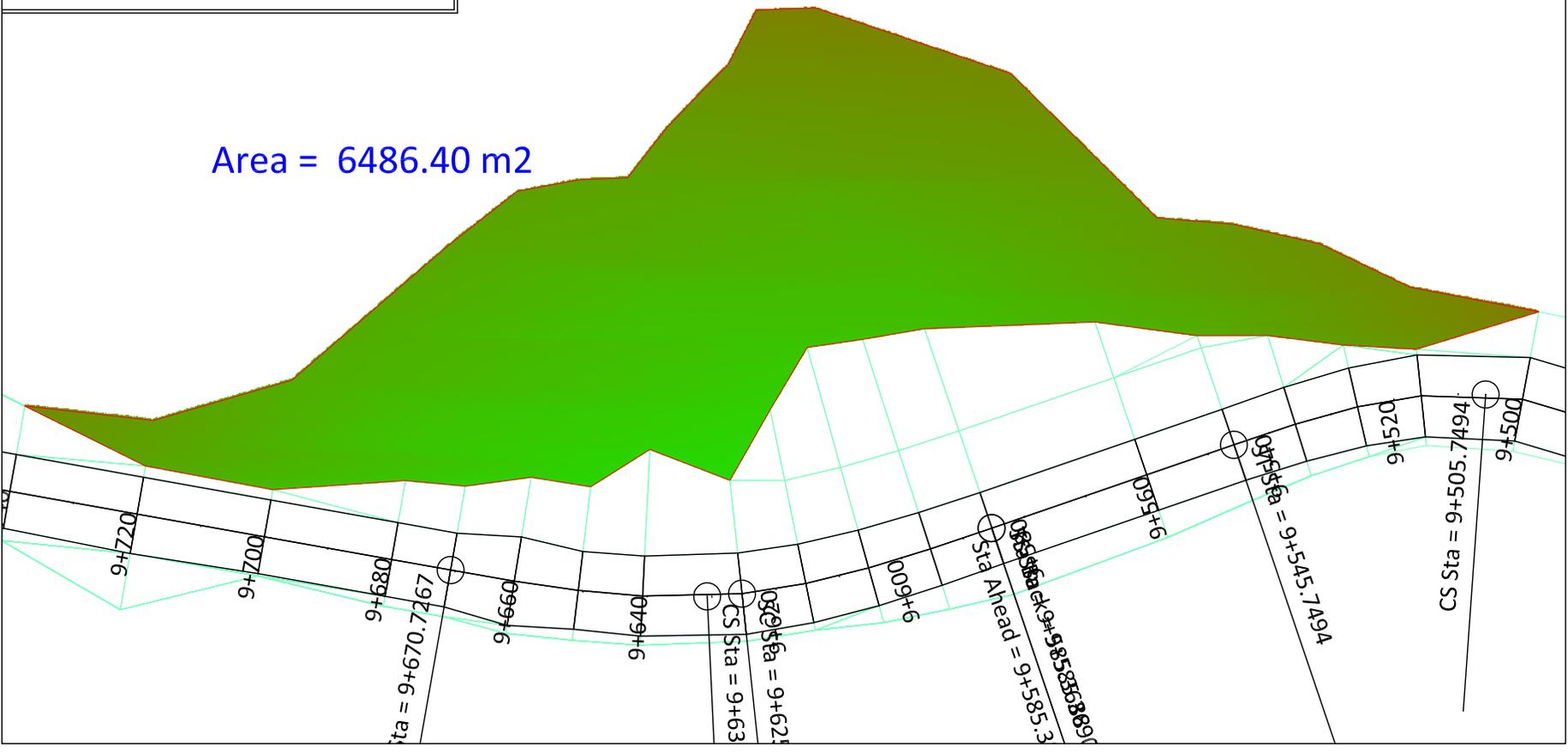


UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES
UBICACION
CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
Maestrante: Ing. Mario Hurtado Lascano

ZONAS DE RIESGO

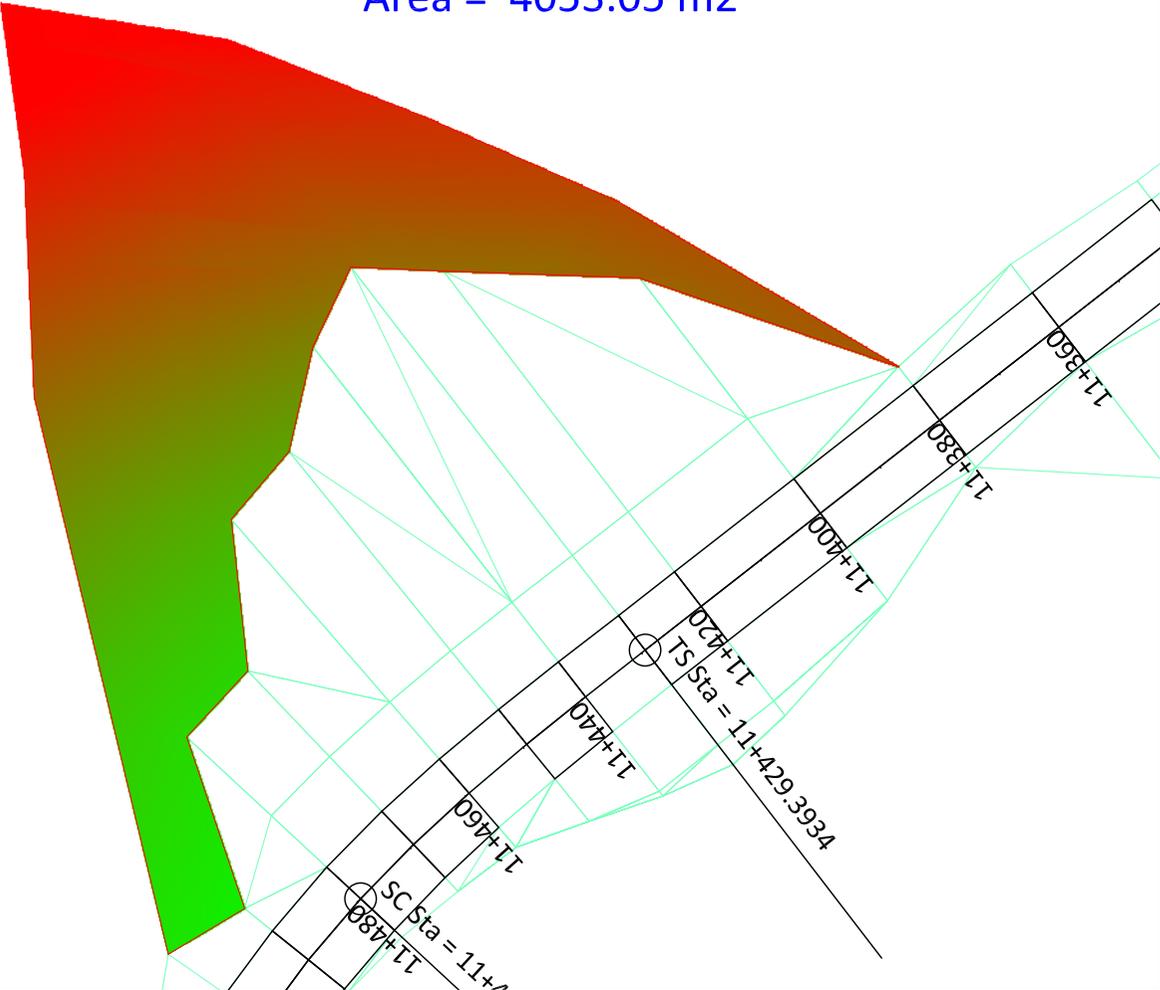
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES
EVALUACION DE RIEGO
CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
Maestrante: Ing. Mario Hurtado Lascano

Area = 6486.40 m²



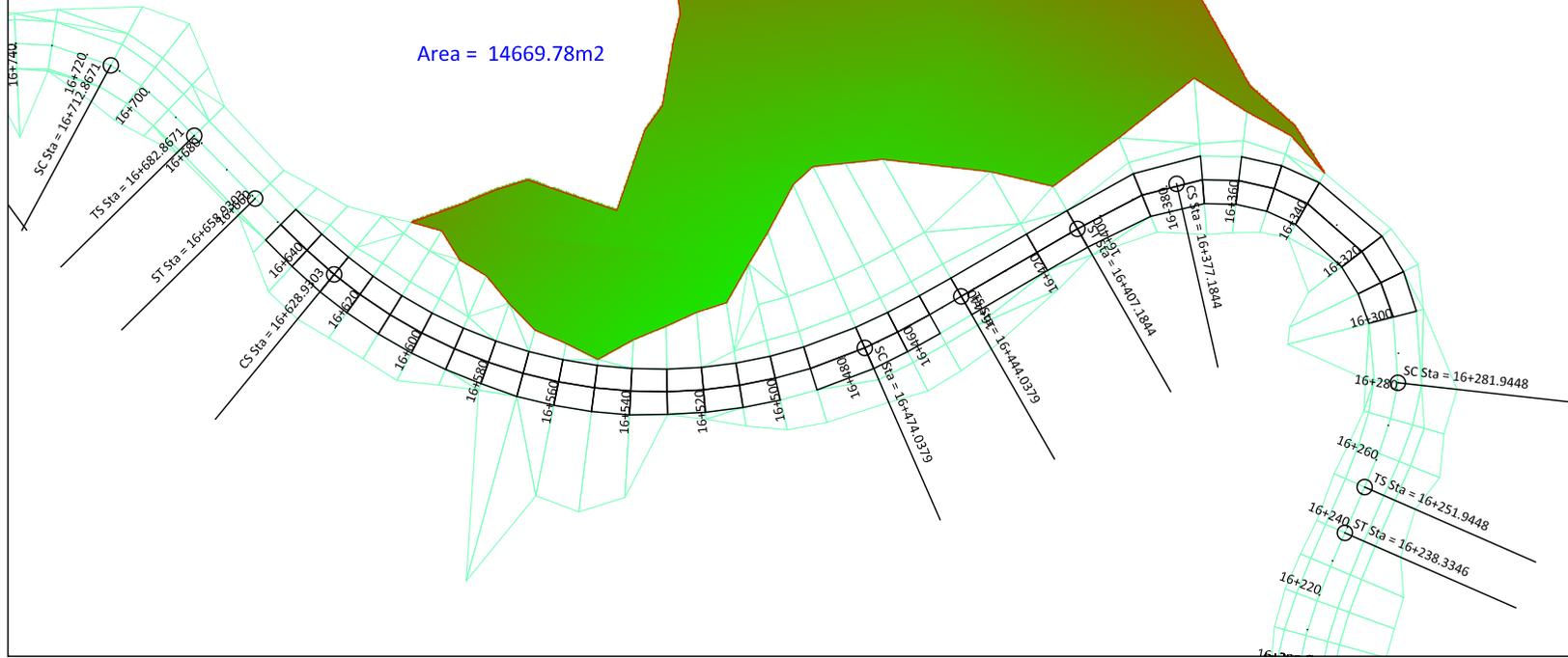
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES
EVALUACION DE RIEGO
CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
Maestrante: Ing. Mario Hurtado Lascano

Area = 4053.05 m²



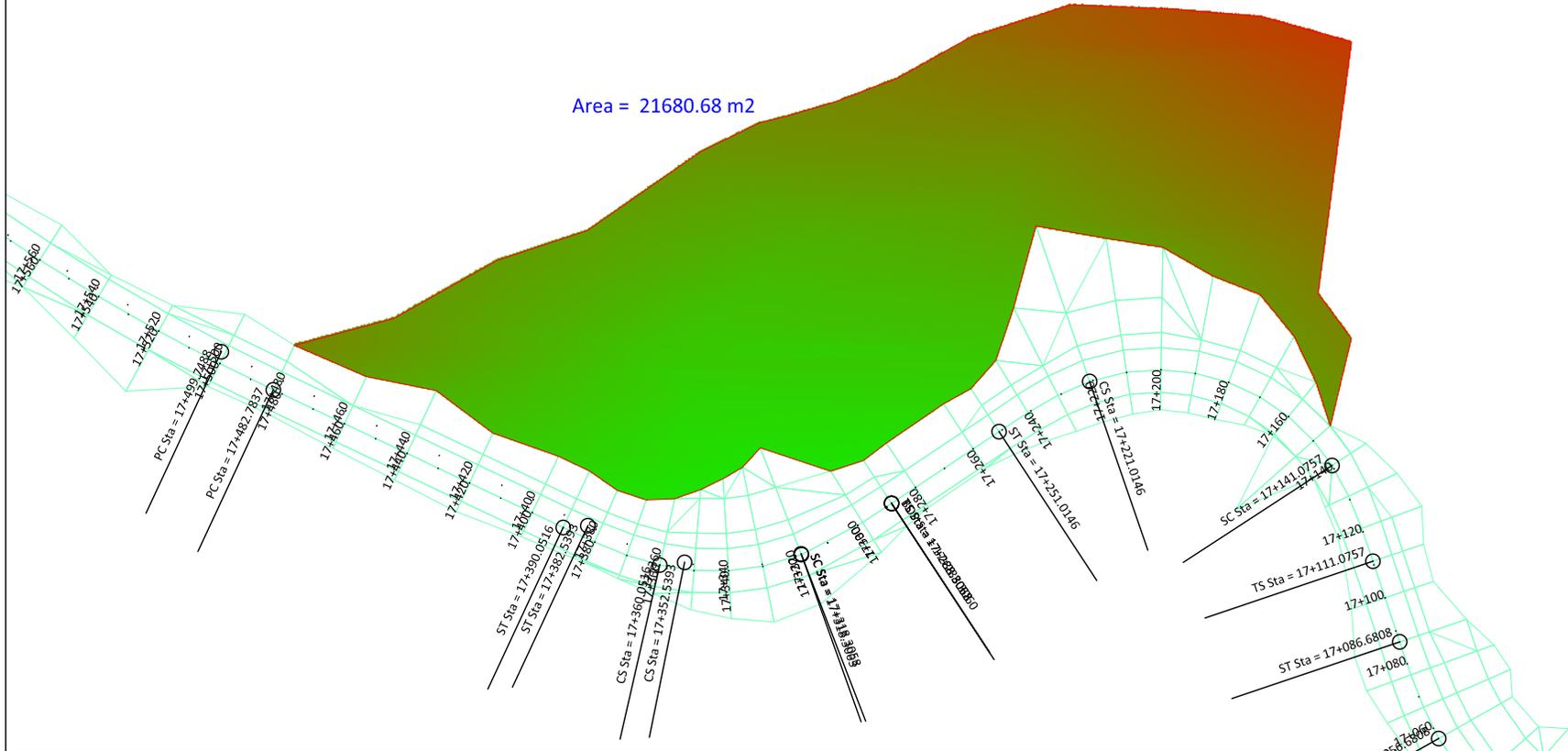
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
 MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES
 EVALUACION DE RIEGO
 CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
 Maestrante: Ing. Mario Hurtado Lascano

Area = 14669.78m²



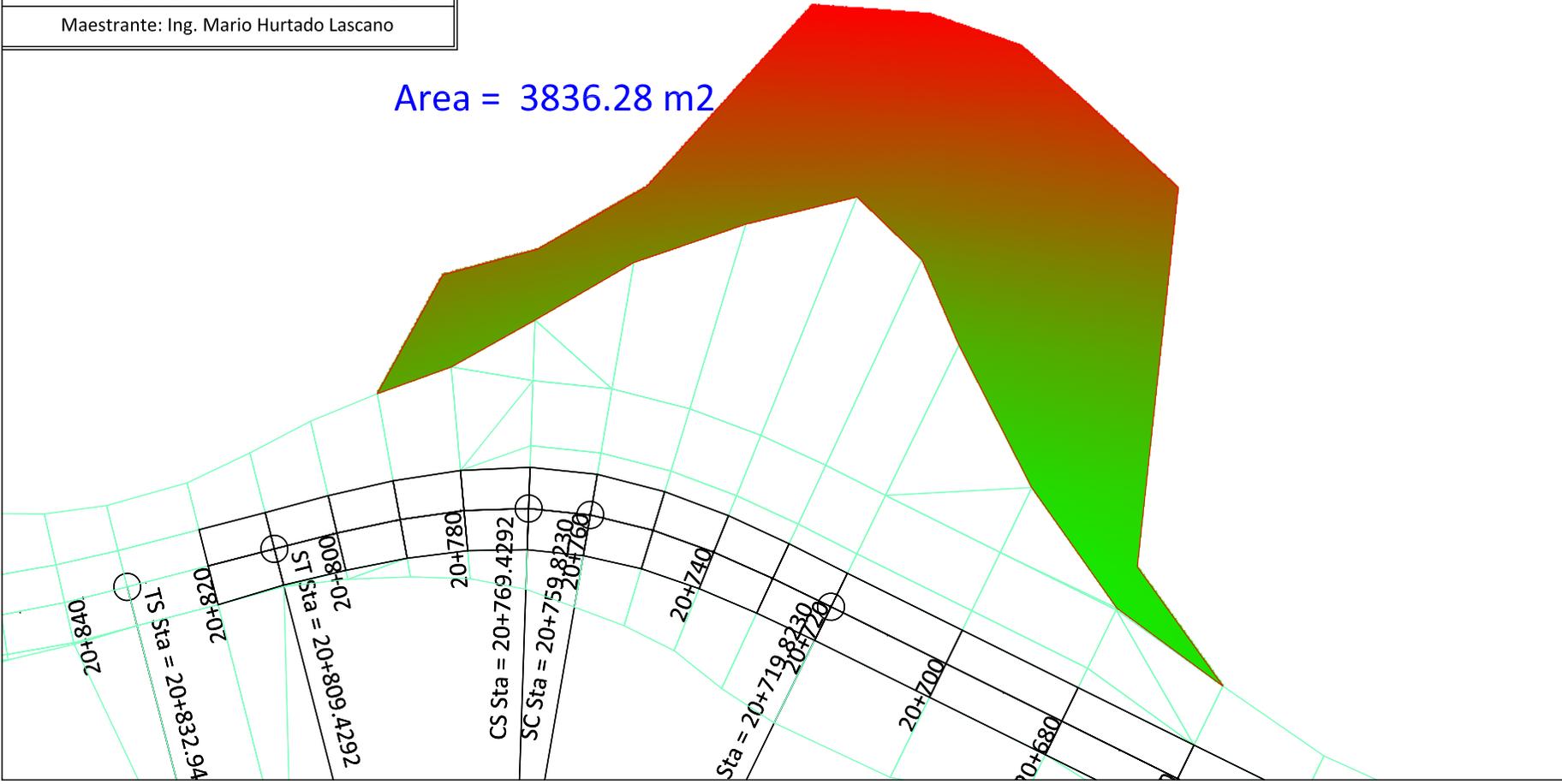
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES
EVALUACION DE RIEGO
CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
Maestrante: Ing. Mario Hurtado Lascano

Area = 21680.68 m2



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN VIAS TERRESTRES
EVALUACION DE RIEGO
CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
Maestrante: Ing. Mario Hurtado Lascano

Area = 3836.28 m²



INFORME N° 37 - 2008 - LMS

INFORME DE RESULTADOS

MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: CARRETERA SELVA ALEGRE -
SAGUANGAL

OBRA: ESTABILIDAD DE TALUDES

UBICACIÓN: CANTÓN COTACACHI,
PROVINCIA DE IMBABURA

ATENCIÓN: ING. MARIO HURTADO

FECHA: SEPTIEMBRE - 2008

CONTIENE:

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA
ENSAYOS DE HUMEDAD
ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDOS


Ing. Carlos Ortega

**DIRECTOR DEL LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 2238-744
Quito - Ecuador
labsuelos_ing_uce@yahoo.com

CORTE DIRECTO



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos

Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_uce@yahoo.com

PROYECTO

OBRA

LOCALIZACION

PERFORACION No

MUESTRA

CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

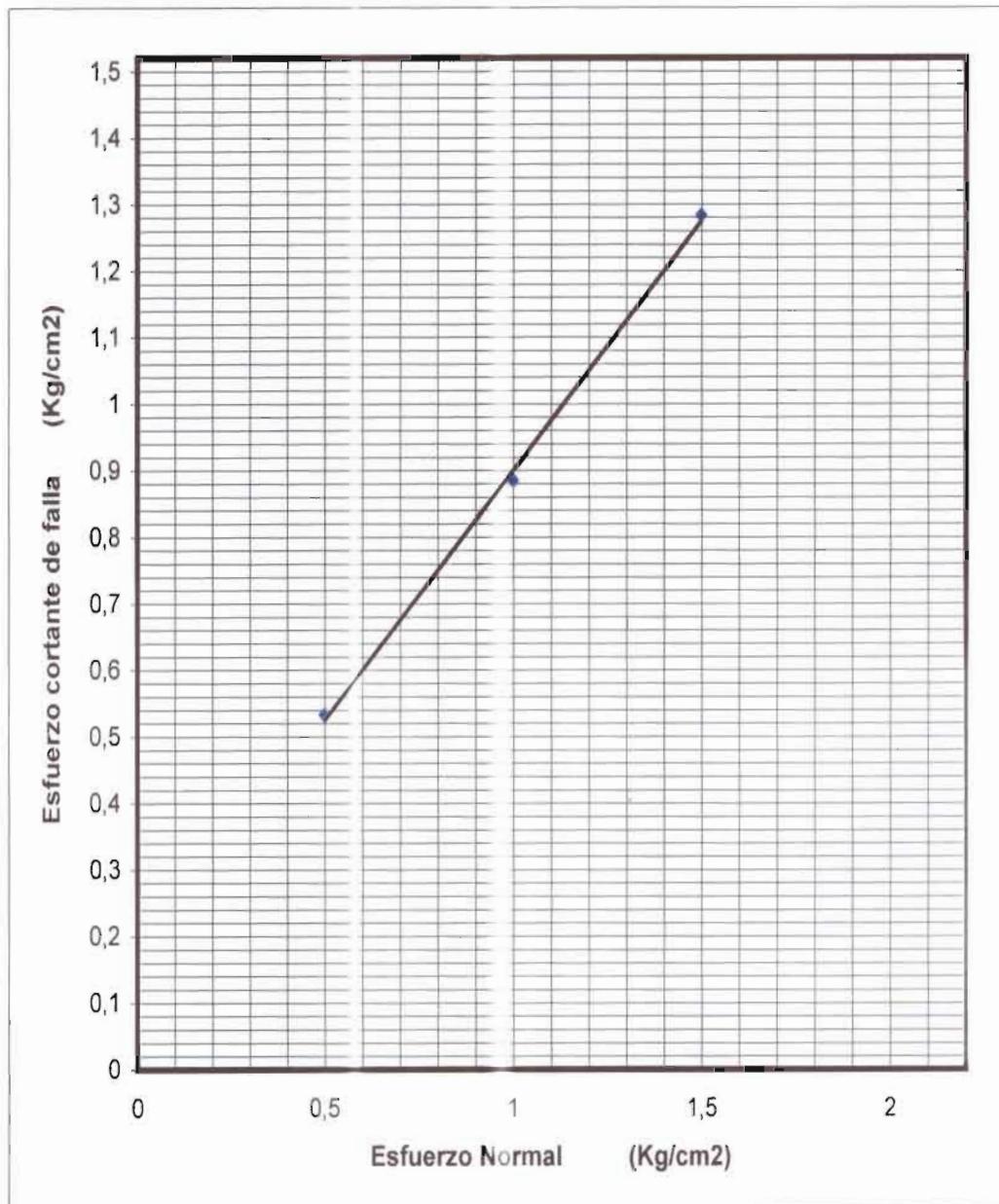
ESTABILIDAD DE TALUDES

COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

PROF.

FECHA :

23-sep-08



PROBETA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
No.	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	0,5	0,53
2	1	0,88
3	1,5	1,28

RESULTADOS		
RANGO	COHESION	ANGULO DE FRICCION
Kg/cm ²	Kg/cm ²	(°)
	0,2	24



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos

Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_uce@yahoo.com

PROYECTO

OBRA

LOCALIZACION

PERFORACION No

MUESTRA

CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

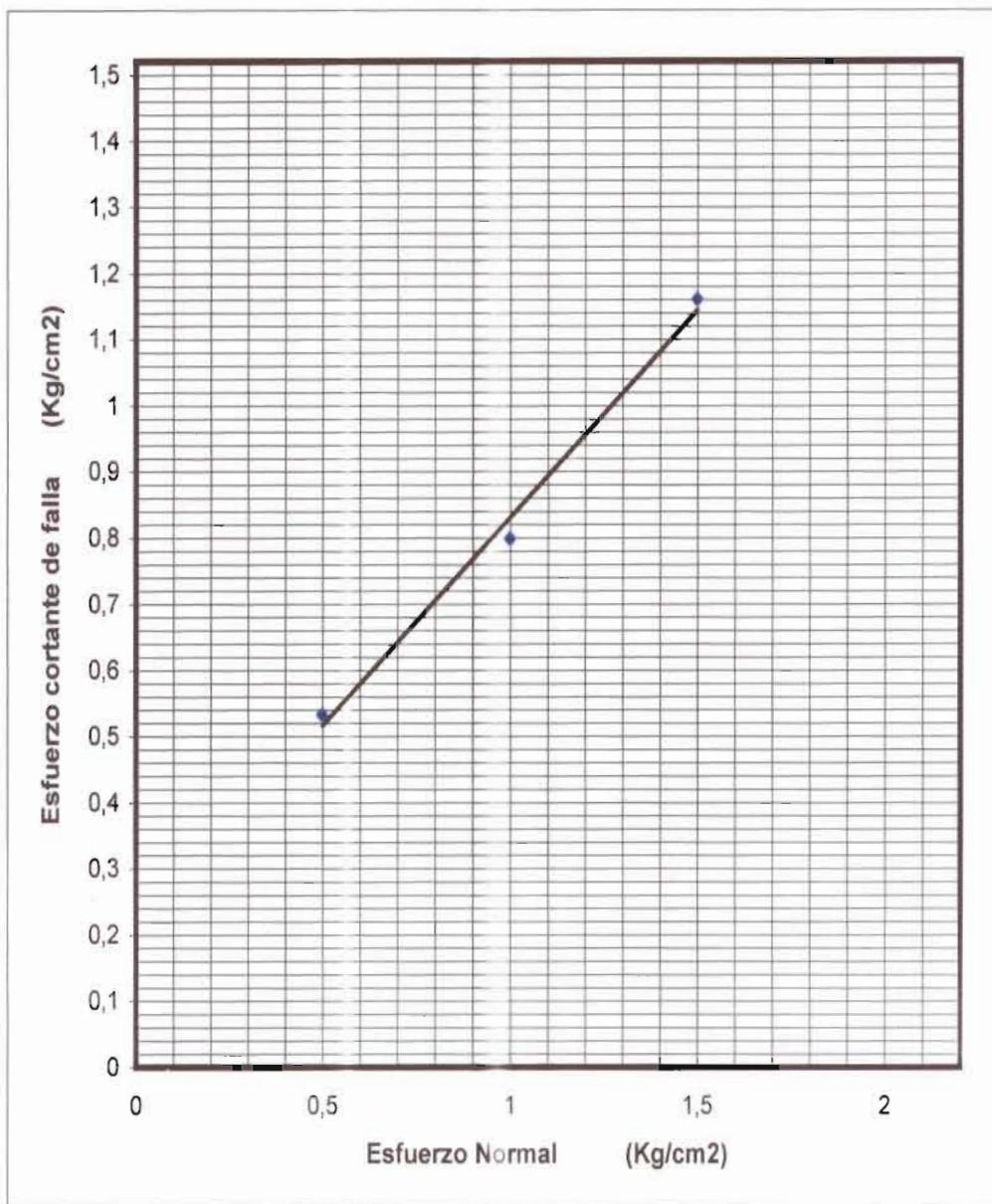
ESTABILIDAD DE TALUDES

COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

PROF.

FECHA :

23-sep-08



PROBETA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
No.	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	0,5	0,53
2	1	0,80
3	1,5	1,16

RESULTADOS		
RANGO	COHESION	ANGULO DE FRICCION
Kg/cm ²	Kg/cm ²	(°)
	0,2	24



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos

Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_uce@yahoo.com

PROYECTO

OBRA

LOCALIZACION

PERFORACION No

MUESTRA

CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

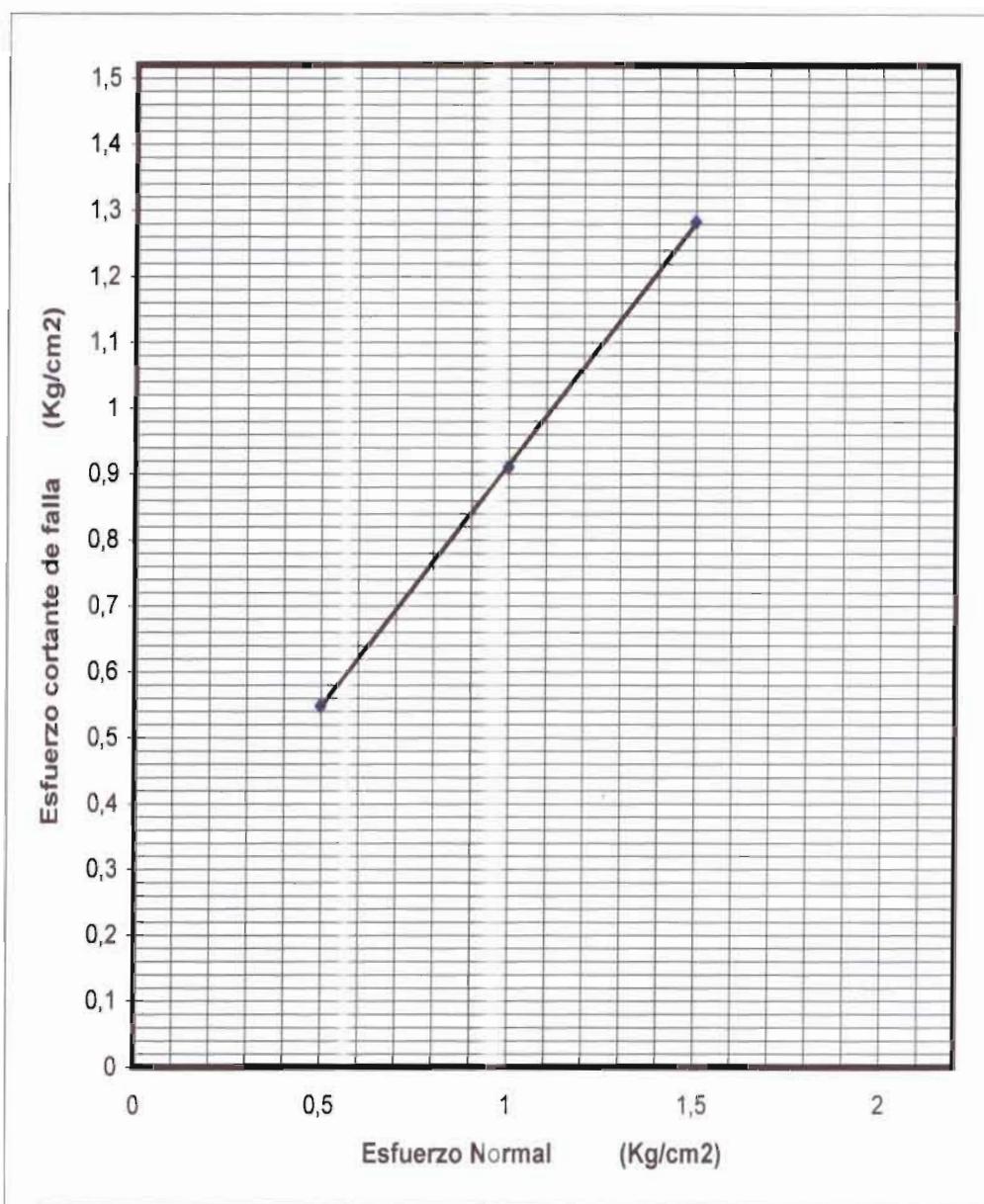
ESTABILIDAD DE TALUDES

COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

PROF.

FECHA :

23-sep-08



PROBETA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
No.	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	0,5	0,55
2	1	0,91
3	1,5	1,28

RESULTADOS		
RANGO	COHESION	ANGULO DE FRICCION
Kg/cm ²	Kg/cm ²	(°)
	0,2	24



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos

Teléfono 2238 - 744
labsuelos_ing_uce@yahoo.com

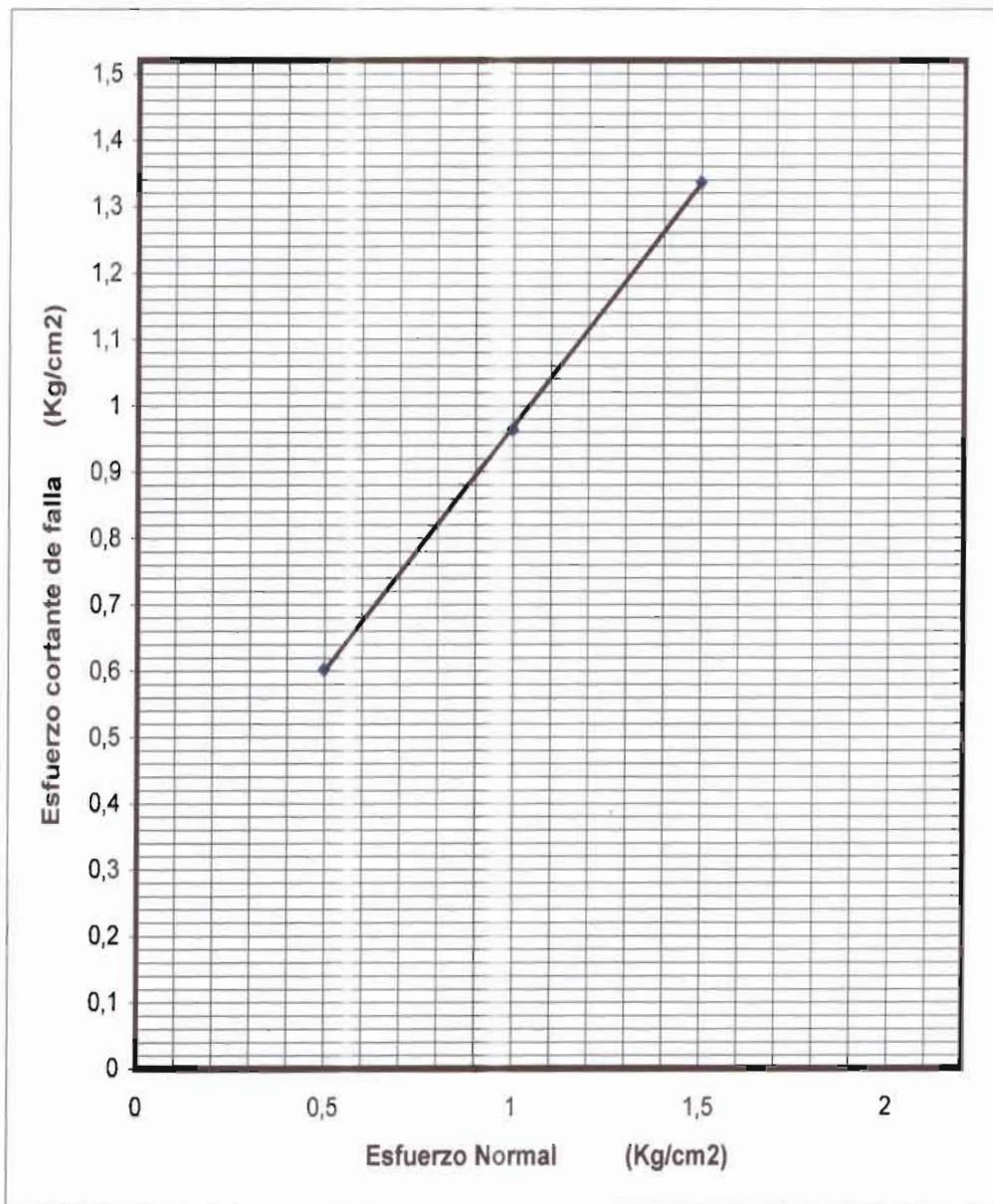
PROYECTO
OBRA
LOCALIZACION
PERFORACION No
MUESTRA

CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
ESTABILIDAD DE TALUDES
COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

PROF.

FECHA :

23-sep-08



PROBETA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
No.	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	0,5	0,60
2	1	0,96
3	1,5	1,34

RESULTADOS		
RANGO	COHESION	ANGULO DE FRICCION
Kg/cm ²	Kg/cm ²	(°)
	0,2	24



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos

Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_uca@yahoo.com

PROYECTO

OBRA

LOCALIZACION

PERFORACION No

MUESTRA

CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

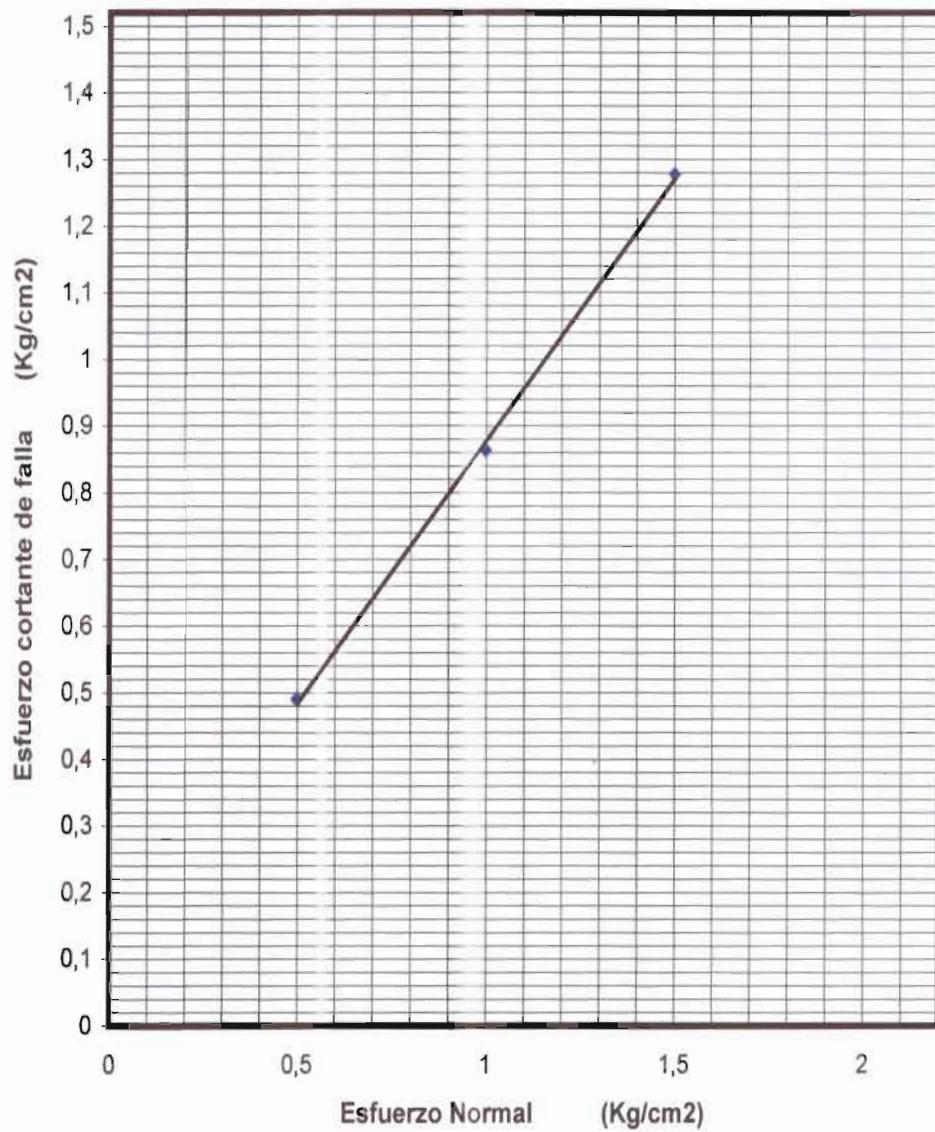
ESTABILIDAD DE TALUDES

COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

PROF.

FECHA :

23-sep-08



PROBETA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
No.	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	0,5	0,49
2	1	0,86
3	1,5	1,28

RESULTADOS		
RANGO	COHESION	ANGULO DE FRICCION
	Kg/cm ²	(°)
	0,2	24



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos

Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_uca@yahoo.com

PROYECTO

OBRA

LOCALIZACION

PERFORACION No

MUESTRA

CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

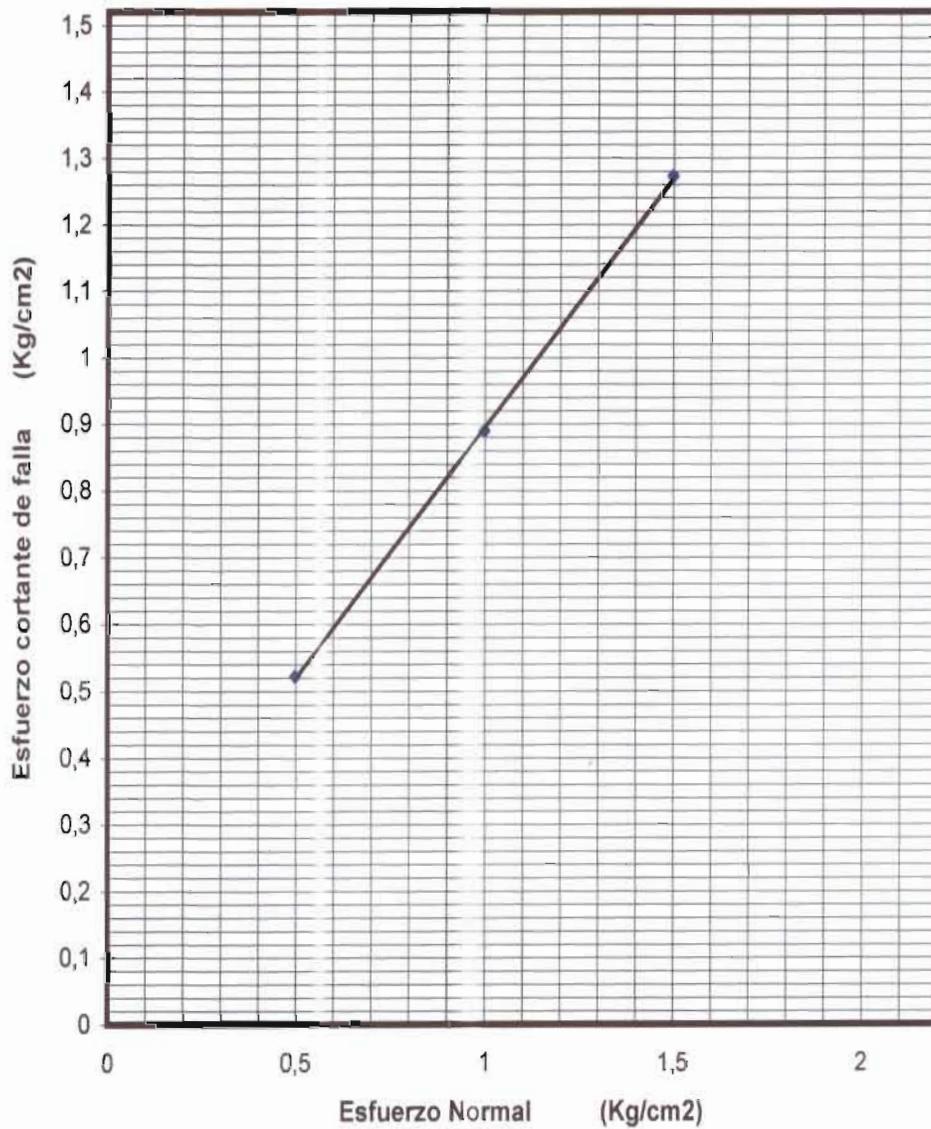
ESTABILIDAD DE TALUDES

COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

PROF.

FECHA :

23-sep-08



PROBETA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
No.	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1.	0,5	0,52
2	1	0,89
3	1,5	1,27

RESULTADOS		
RANGO	COHESION	ANGULO DE FRICCION
Kg/cm ²	Kg/cm ²	(°)
	0,2	24



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos

Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_ucca@yahoo.com

PROYECTO

OBRA

LOCALIZACION

PERFORACION No

MUESTRA

CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

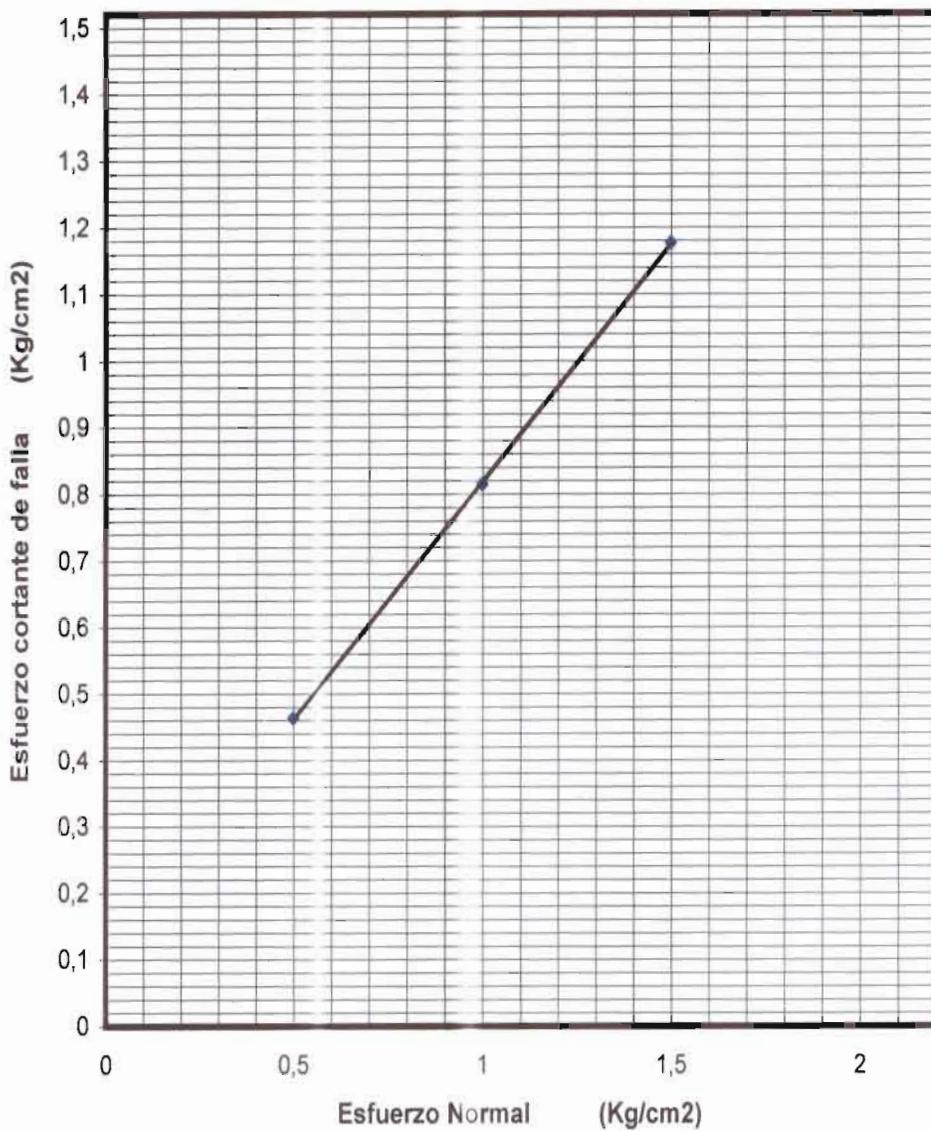
ESTABILIDAD DE TALUDES

COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

PROF.

FECHA :

23-sep-08



PROBETA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
No.	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	0,5	0,46
2	1	0,81
3	1,5	1,18

RESULTADOS		
RANGO	COHESION	ANGULO DE FRICCION
Kg/cm ²	Kg/cm ²	(°)
	0,2	24



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO

CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos

OBRA

ESTABILIDAD DE TALUDES

LOCALIZACION

COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

PERFORACION No

PROF.

MUESTRA

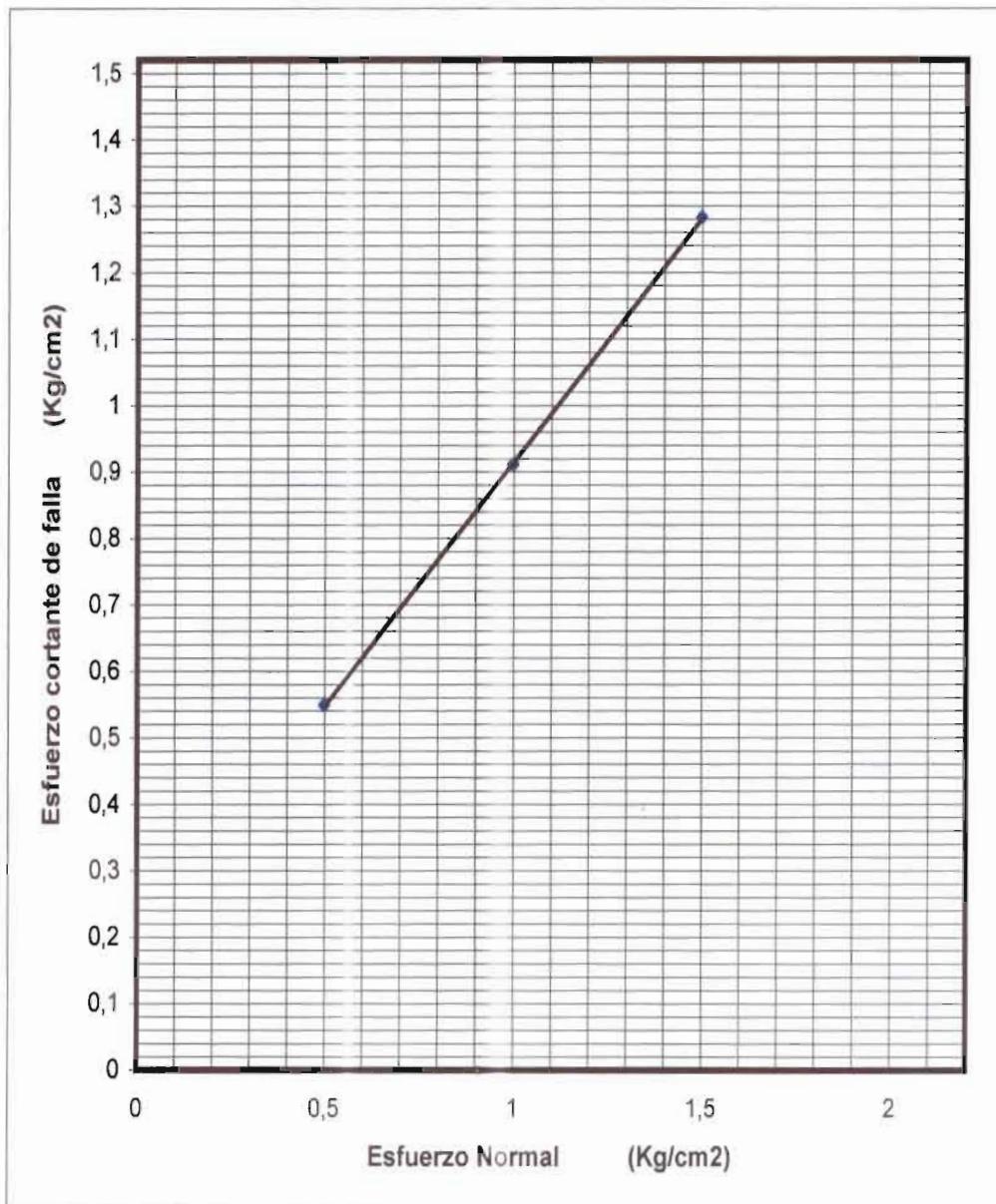
17+260

FECHA :

23-sep-08

Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_uce@yahoo.com



PROBETA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
No.	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	0,5	0,55
2	1	0,91
3	1,5	1,28

RESULTADOS		
RANGO	COHESION	ANGULO DE FRICCION
Kg/cm ²	Kg/cm ²	(°)
	0,2	24



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 2238-744
Quito – Ecuador
labsuelos_ing_uce@yahoo.com

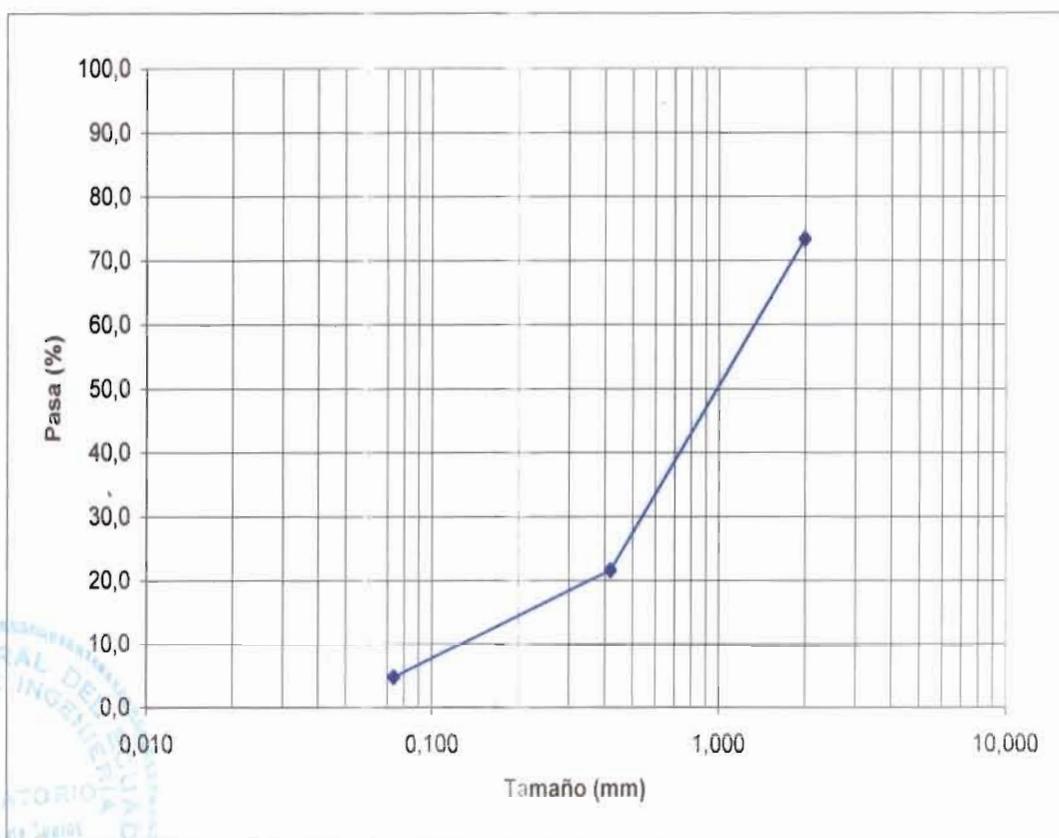
GRANULOMETRÍA



UNIVERSIDAD CENTRAL PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
 FACULTAD DE INGENIERIA OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES
 LOCALIZ. : 11+440
 Laboratorio de Mecánica PERF. N° :
 de Suelos y Pavimentos MUESTRA : 1 PROFUND:
 Teléfono 2238 - 744 FECHA : 23-Sep-08 OPERADOR : M.M
 labsuelos_ing_uce@yahoo.com

TAMIZ		Masa	PORCENTAJES			CONTENIDO DE AGUA				
N°	TAMAÑO	Retenido	Retenido	Retenido	Pasa	RECIPIENTE		Recip. +	Recip. +	Contenido
	mm	Parcial	Parcial	Acumul.		N°	Masa	s. húmedo	s. seco	
		g	%	%	%		g	g	g	g
10	2,000	99,22	26,65	26,65	73,3	50	7,49	89,37	88,36	1,25
40	0,420	192,80	51,79	78,45	21,6	51	7,96	89,42	88,38	1,29
200	0,074	62,64	16,83	95,27	4,7	Contenido de agua promedio				1,27 %
CANTIDAD INICIAL										
Recipiente N° 15										
Masa del recipiente 28,8 g										
Masa del recip.+suelo húmedo 405,8 g										
Masa suelo húmedo W 377,0 g										
Masa de suelo seco W _s 372,3 g										
BANDEJA		17,60								

CURVA GRANULOMÉTRICA

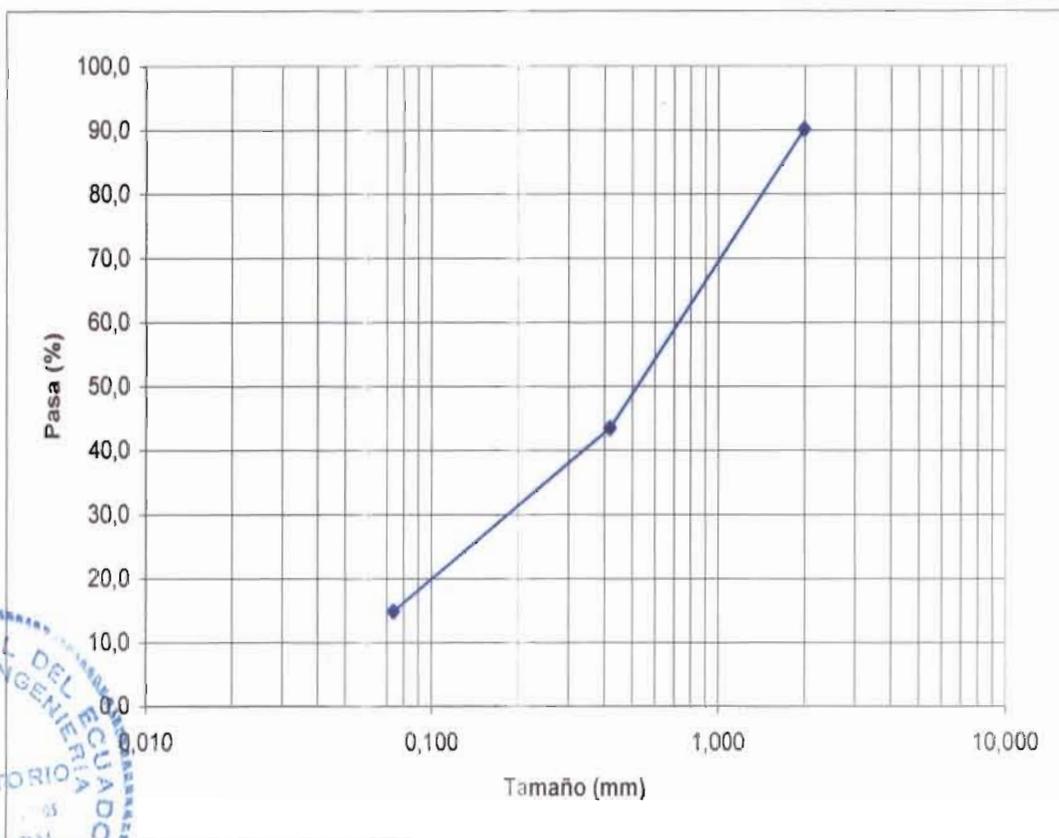


RESULTADOS	D10 =	0,130	D30 =	0,560	D60 =	1,500	Cc =	1,608
	Cu =	11,538	Grava =	0,00	Arena =	95	Finos =	5

UNIVERSIDAD CENTRAL PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
 FACULTAD DE INGENIERIA OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES
 LOCALIZ. : 9+690
 Laboratorio de Mecánica PERF. N° :
 de Suelos y Pavimentos MUESTRA : 2 PROFUND:
 Teléfono 2238 - 744 FECHA : 23-Sep-08 OPERADOR : M.M
 labsuelos_ing_uce@yahoo.com

INEN GRANULOMETRIA ASTM D 422										
TAMIZ		Masa	PORCENTAJES			CONTENIDO DE AGUA				
N°	TAMAÑO	Retenido	Retenido	Retenido	Pasa	RECIPIENTE		Recip. +	Recip. +	Contenido
	mm	Parcial	Parcial	Acumul.	%	N°	Masa	s. húmedo	s. seco	
		g	%	%	%		g	g	g	g
10	2,000	32,23	9,90	9,90	90,1	19	7,6	81,18	78,26	4,13
40	0,420	152,06	46,69	56,59	43,4	32	7,73	81,21	78,29	4,14
200	0,074	93,05	28,57	85,16	14,8	Contenido de agua promedio				4,14 %
CANTIDAD INICIAL										
Recipiente N° 22										
Masa del recipiente 29,7 g										
Masa del recip.+suelo húmedo 368,8 g										
Masa suelo húmedo W 339,1 g										
Masa de suelo seco W _s 325,7 g										
BANDEJA		48,33								

CURVA GRANULOMETRICA



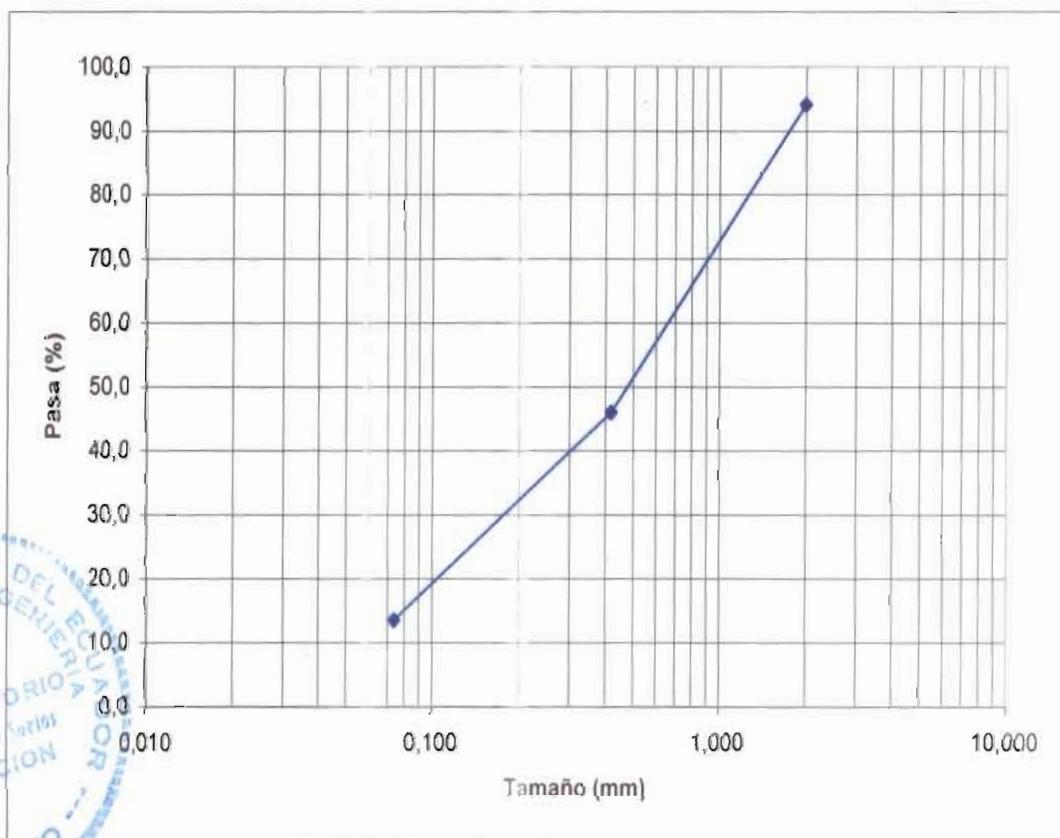
RESULTADOS	D10=	D30=	D60=	Cc=
		0,190	0,740	
	Cu =	Grava=	0,00	Arena= 85
				Finos= 15



UNIVERSIDAD CENTRAL PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
 FACULTAD DE INGENIERIA OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES
 LOCALIZ. : 17+260
 Laboratorio de Mecánica PERF. N° :
 de Suelos y Pavimentos MUESTRA : 3 PROFUND:
 Teléfono 2238 - 744 FECHA : 23-Sep-08 OPERADOR : M.M
 labsuelos_ing_uce@yahoo.com

TAMIZ		Masa	PORCENTAJES			CONTENIDO DE AGUA				
N°	TAMAÑO	Retenido	Retenido	Retenido	Pasa	RECIPIENTE	Recip. +	Recip. +	Contenido	
	mm	Parcial	Parcial	Acumul.	%	N°	Masa	s. húmedo	s. seco	de agua
		g	%	%	%		g	g	g	g
10	2,000	20,85	5,95	5,95	94,1	7	7,57	84,84	82,78	2,74
40	0,420	168,53	48,08	54,03	46,0	12	7,79	84,67	82,6	2,77
200	0,074	113,86	32,48	86,51	13,5					
Contenido de agua promedio										2,75 %
CANTIDAD INICIAL										
Recipiente N°										7
Masa del recipiente										28,4 g
Masa del recip.+suelo húmedo										388,6 g
Masa suelo húmedo W										360,2 g
Masa de suelo seco W _s										350,5 g
BANDEJA		47,30								

CURVA GRANULOMETRICA



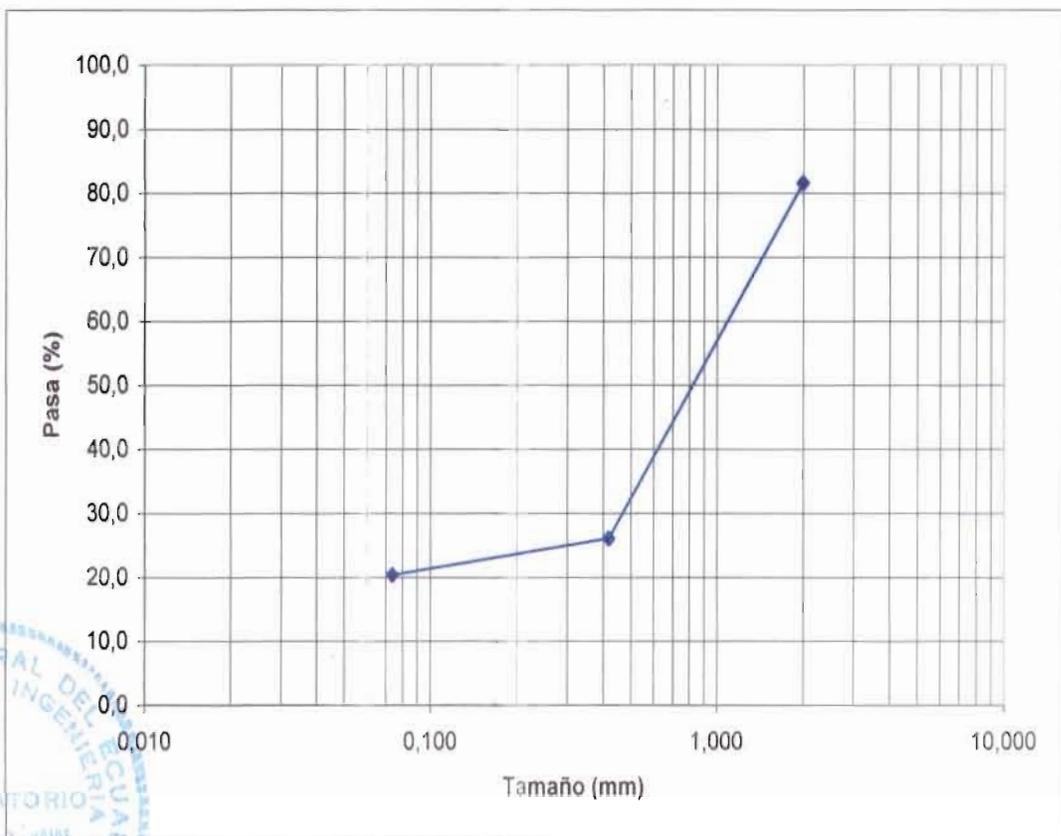
RESULTADOS		D10 =	D30=	0,180	D60=	0,680	Cc=
	Cu =	Grava=	0,00	Arena=	87	Finos=	13

UNIVERSIDAD CENTRAL PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
 FACULTAD DE INGENIERIA OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES
 LOCALIZ. : 16+500
 Laboratorio de Mecánica PERF. N° :
 de Suelos y Pavimentos MUESTRA : 4 PROFUND:
 Teléfono 2238 - 744 FECHA : 23-Sep-08 OPERADOR : M.M
 labsuelos_ing_uce@yahoo.com

INEN **GRANULOMETRIA** ASTM D 422

TAMIZ		Masa	PORCENTAJES			CONTENIDO DE AGUA				
N°	TAMAÑO	Retenido	Retenido	Retenido	Pasa	RECIPIENTE		Recip. + s. húmedo	Recip. + s. seco	Contenido de agua
	mm	Parcial	Parcial	Acumul.		N°	Masa			
10	2,000	67,15	18,39	18,39	81,6	88	7,25	88,94	87,41	1,91
40	0,420	203,01	55,60	73,98	26,0	90	7,69	88,9	87,39	1,89
200	0,074	20,70	5,67	79,65	20,3	Contenido de agua promedio				1,90 %
CANTIDAD INICIAL										
Recipiente N° 24										
Masa del recipiente 30,3 g										
Masa del recip.+suelo húmedo 402,4 g										
Masa suelo húmedo W 372,1 g										
Masa de suelo seco W _s 365,2 g										
BANDEJA		74,30								

CURVA GRANULOMETRICA



RESULTADOS	D10 =	D30=	0,480	D60=	1,200	Cc=
	Cu =	Grava=	0,00	Arena=	80	Finos= 20



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 2238-744
Quito - Ecuador
labsuelos_ing_uce@yahoo.com

HUMEDAD



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA

LABORATORIO DE MECANICA
DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Teléfono 2238-744
Quito – Ecuador
labsuelos_ing_uce@yahoo.com

PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDOS



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos
Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_uce@yahoo.com

PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES

LOCALIZ. : 9+660

PERF. N° :

MUESTRA : 1

FECHA : 23-Sep-08

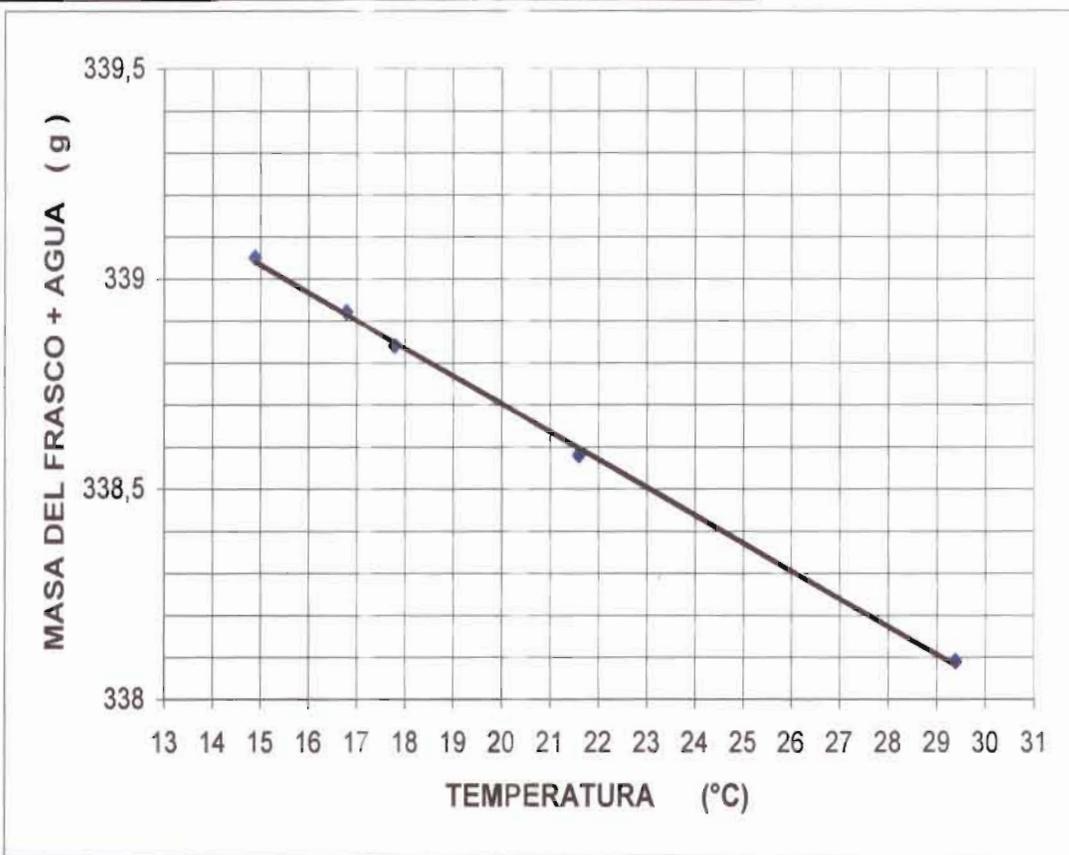
PROFUND:

OPERADOR : P.C

INEN **PESO UNITARIO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS** ASTM D 71

CALIBRACION DEL PICNOMETRO

No.		1	2	3	4	5	6	CORRECCION POR BALANZA
1	M.del frasco+ag.	338,92	338,84	338,58	338,09	339,05		1 Masa del plato : 253,42 g
	Temperatura °C	16,8	17,8	21,6	29,4	14,9		2 Masa del portafrasco : 46,98 g
2	M.del frasco+ag.							3 Corrección [3 = 1 - 2) : 206,44 g
	Temperatura °C							



ENSAYO	FRASCO	METODO DE EXTRACCION DEL AIRE	MASA DEL FRASCO + SUELO + AGUA SIN CORRECCION	MASA DEL FRASCO+SUELO+AGUA CORREGIDO	TEMPERATURA	MASA DEL FRASCO + AGUA	RECIPIENTE PARA EVAPORACION	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	MASA DEL RECIPIENTE	MASA DE LA MUESTRA SECA	WA + WS - WB	PESO UNITARIO DE LOS SOLIDOS
No.	No.		g.	g.	°C	g.	No.	g.	g.	g.	g.	g/cm ³
1	1	Vacio	181,92	388,36	21,00	338,58	101	156,54	79,42	77,12	27,340	2,82
2												
PROMEDIO											2,82	

OBSERVACIONES.



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos
Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_uca@yahoo.com

PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES

LOCALIZ. : 9+690

PERF. N° :

MUESTRA : 2

FECHA : 23-Sep-08

PROFUND:

OPERADOR : P.C

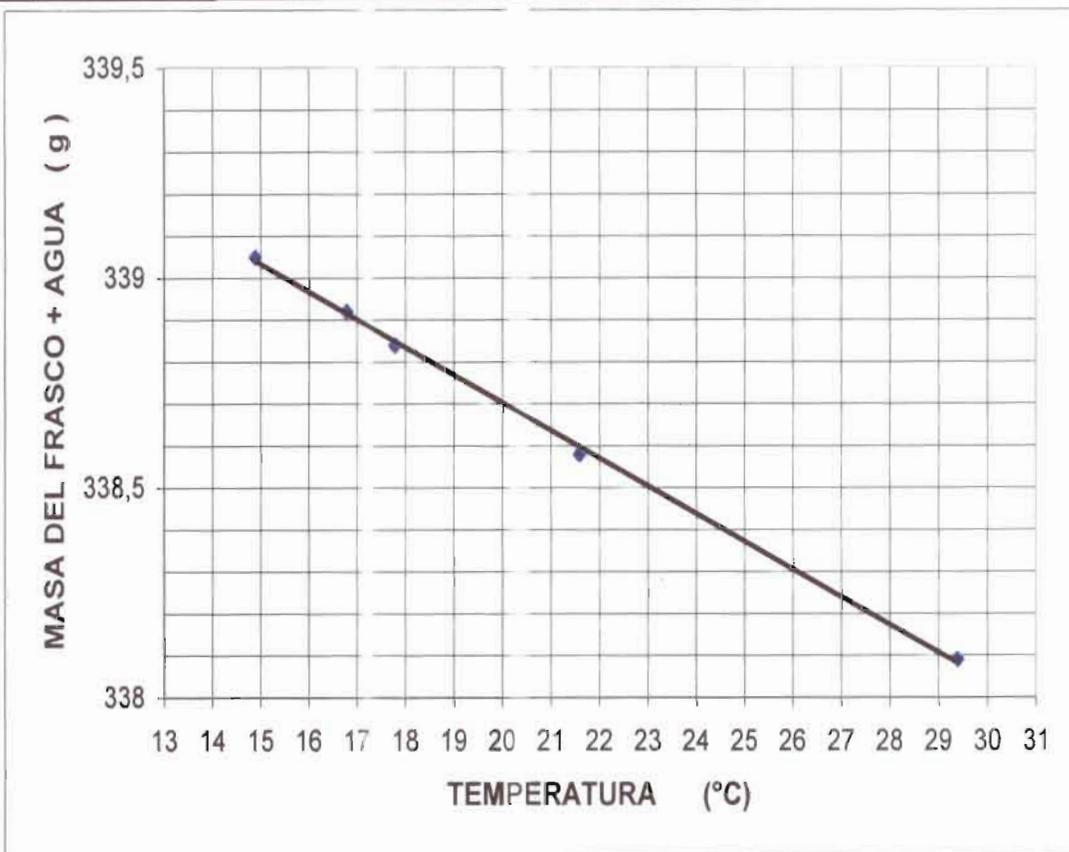
INEN

PESO UNITARIO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS

ASTM D 71

CALIBRACION DEL PICNOMETRO

No.		1	2	3	4	5	6	CORRECCION POR BALANZA
1	M.del frasco+ag.	338,92	338,84	338,58	338,09	339,05		1 Masa del plato : 253,42 g
	Temperatura °C	16,8	17,8	21,6	29,4	14,9		2 Masa del portafrasco : 46,98 g
2	M.del frasco+ag.							3 Corrección [3 = 1 - 2) : 206,44 g
	Temperatura °C							



ENSAYO	FRASCO	METODO DE EXTRACCION DEL AIRE	MASA DEL FRASCO + SUELO + AGUA SIN CORRECCION	MASA DEL FRASCO+SUELO+AGU A CORREGIDO	TEMPERATURA	MASA DEL FRASCO + AGUA	RECIPIENTE PARA EVAPORACION	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	MASA DEL RECIPIENTE	MASA DE LA MUESTRA SECA	WA + WS - WB	PESO UNITARIO DE LOS SOLIDOS
No.	No.		g.	g.	°C	g.	No.	g.	g.	g.	g.	g/cm³
1	1	Vacio	183,40	389,84	20,00	338,58	102	158,25	78,77	79,48	28,220	2,82
2												
PROMEDIO											2,82	

OBSERVACIONES.



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos
Teléfono 2238 - 744
labsuelos_ing_uce@yahoo.com

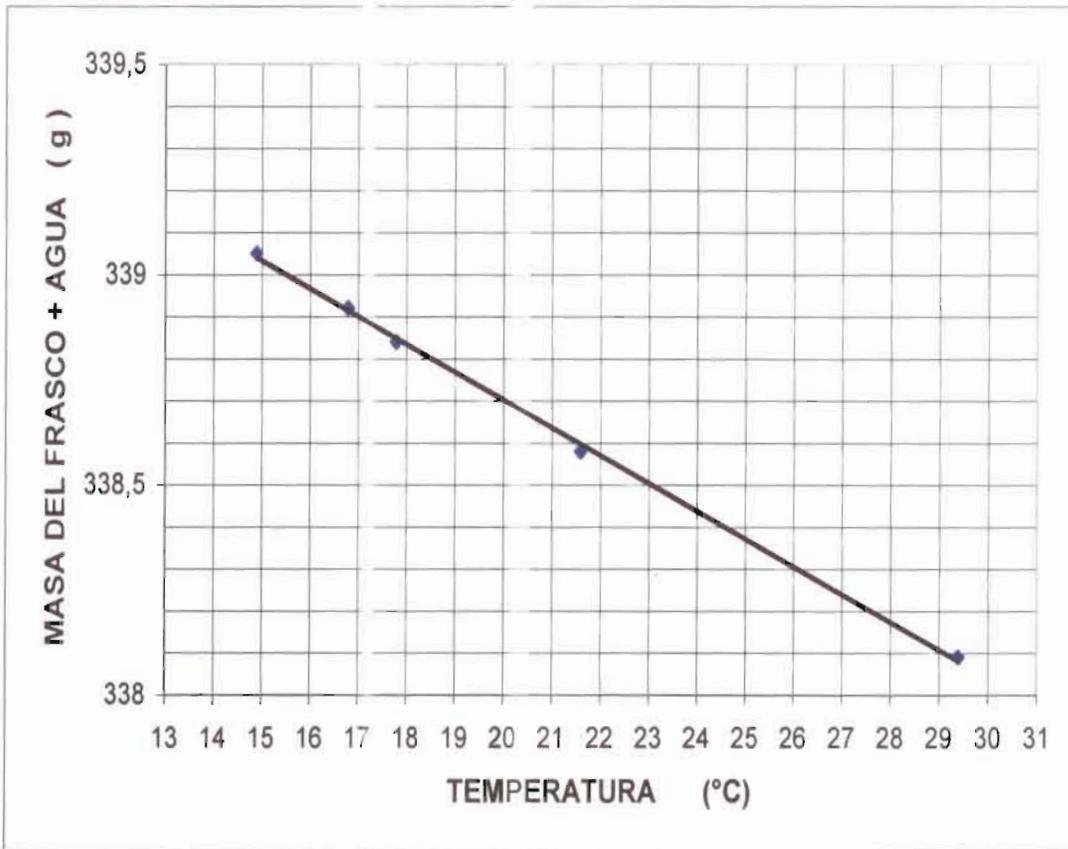
PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL
OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES
LOCALIZ. : 11+440
PERF. N° :
MUESTRA : 3
FECHA : 23-Sep-08

PROFUND:
OPERADOR : P.C

INEN **PESO UNITARIO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS** ASTM D 71

CALIBRACION DEL PICNOMETRO

No.		1	2	3	4	5	6	CORRECCION POR BALANZA
1	M.del frasco+ag.	338,92	338,84	338,58	338,09	339,05		1 Masa del plato : 253,42 g
	Temperatura °C	16,8	17,8	21,6	29,4	14,9		2 Masa del portafrasco : 46,98 g
2	M.del frasco+ag.							3 Corrección [3 = 1 - 2) : 206,44 g
	Temperatura °C							



ENSAYO	FRASCO	METODO DE EXTRACCION DEL AIRE	MASA DEL FRASCO + SUELO + AGUA SIN CORFECCION	MASA DEL FRASCO+SUELO+AGU A CORREGIDO	TEMPERATURA	MASA DEL FRASCO + AGUA	RECIPIENTE PARA EVAPORACION	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	MASA DEL RECIPIENTE	MASA DE LA MUESTRA SECA	WA + WS - WB	PESO UNITARIO DE LOS SOLIDOS
No.	No.		g.	g.	°C	g.	No.	g.	g.	g.	g.	g/cm ³
1	1	Vacio	183,16	389,60	19,00	338,58	103	153,32	74,44	78,88	27,860	2,83
2												
PROMEDIO												2,83
OBSERVACIONES.												



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos
Teléfono 2238 - 744
labsuelos_ing_uce@yahoo.com

PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES

LOCALIZ. : 11+470

PERF. N° :

MUESTRA : 4

FECHA : 23-Sep-08

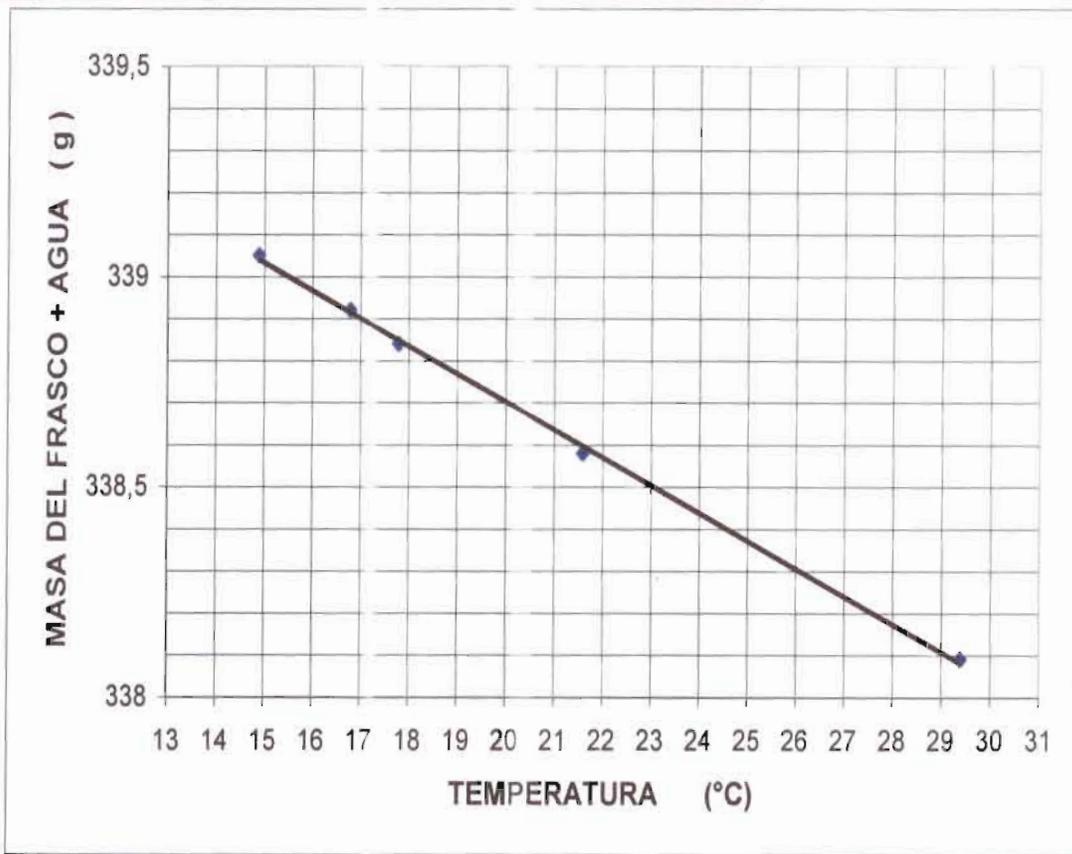
PROFUND:

OPERADOR : P.C

INEN **PESO UNITARIO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS** ASTM D 71

CALIBRACION DEL PICNOMETRO

No.		1	2	3	4	5	6	CORRECCION POR BALANZA
1	M.del frasco+ag.	338,92	338,84	338,58	338,09	339,05		1 Masa del plato : 253,42 g
	Temperatura °C	16,8	17,8	21,6	29,4	14,9		2 Masa del portafrasco : 46,98 g
2	M.del frasco+ag.							3 Corrección [3 = 1 - 2) : 206,44 g
	Temperatura °C							



ENSAYO No.	FRASCO No.	METODO DE EXTRACCION DEL AIRE	MASA DEL FRASCO + SUELO + AGUA SIN CORRECCION	MASA DEL FRASCO+SUELO+AGUA CORREGIDO	TEMPERATURA	MASA DEL FRASCO + AGUA	RECIPiente PARA EVAPORACION	MASA DEL RECIPiente + MUESTRA SECA	MASA DEL RECIPiente	MASA DE LA MUESTRA SECA	WA + WS - WB	PESO UNITARIO DE LOS SOLIDOS
			g.	g.	°C	g.	No.	g.	g.	g.	g.	g/cm ³
1	1	Vacio	183,43	389,87	19,00	338,58	105	162,77	83,41	79,36	28,070	2,83
2												
PROMEDIO											2,83	
OBSERVACIONES.												



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos
Teléfono 2238 - 744
labsuelos_ing_uca@yahoo.com

PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES

LOCALIZ. : 16+500

PERF. N° :

MUESTRA : 5

FECHA : 23-Sep-08

PROFUND:

OPERADOR : P.C

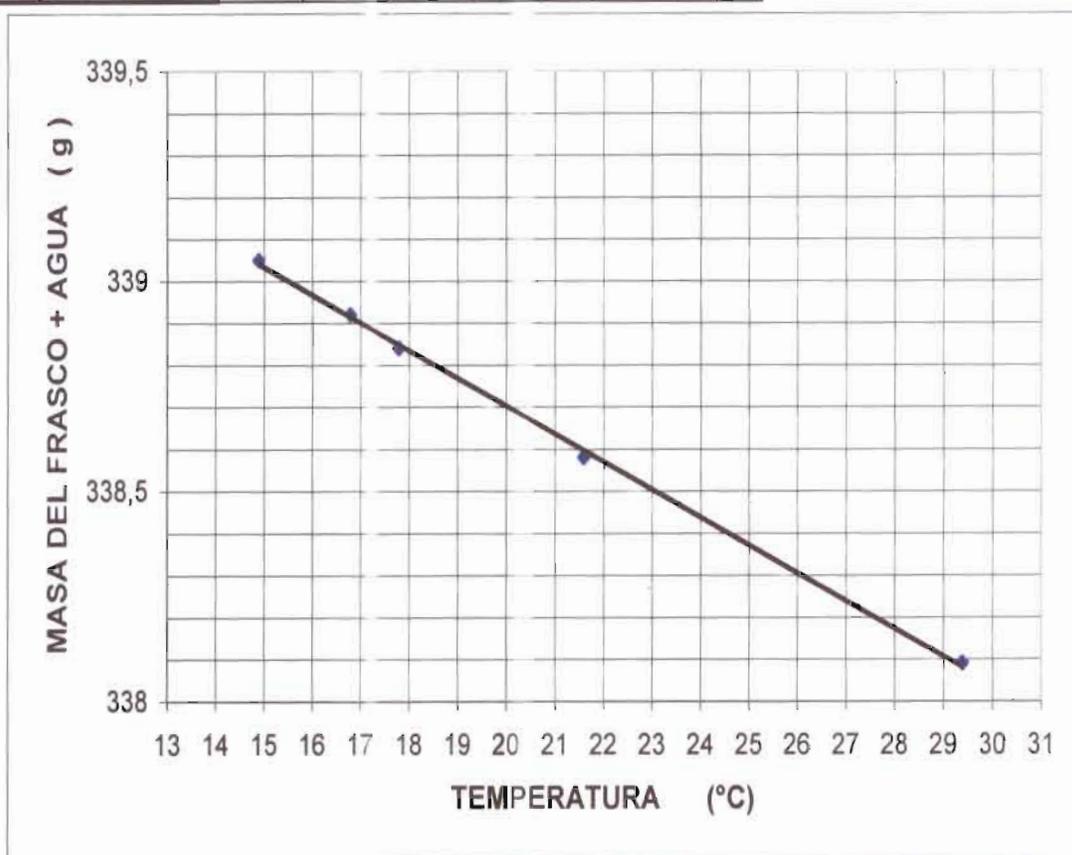
INEN

PESO UNITARIO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS

ASTM D 71

CALIBRACION DEL PICNOMETRO

No.		1	2	3	4	5	6	CORRECCION POR BALANZA
1	M.del frasco+ag.	338,92	338,84	338,58	338,09	339,05		1 Masa del plato : 253,42 g
	Temperatura °C	16,8	17,8	21,6	29,4	14,9		2 Masa del portafrasco : 46,98 g
2	M.del frasco+ag.							3 Corrección [3 = 1 - 2) : 206,44 g
	Temperatura °C							



ENSAYO	FRASCO	METODO DE EXTRACCION DEL AIRE	MASA DEL FRASCO + SUELO + AGUA SIN CORRECCION	MASA DEL FRASCO+SUELO+AGUA CORREGIDO	TEMPERATURA	MASA DEL FRASCO + AGUA	RECIPIENTE PARA EVAPORACION	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	MASA DEL RECIPIENTE	MASA DE LA MUESTRA SECA	WA + WS - WB	PESO UNITARIO DE LOS SOLIDOS
No.	No.		g.	WB	T	WA	No.	g.	g.	Ws.	g.	g/cm ³
1	1	Vacio	183,47	389,91	19,00	338,58	106	159,77	79,70	80,07	28,740	2,79
2												
PROMEDIO											2,79	

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos
Teléfono 2238 - 744
labsuelos_ing_uce@yahoo.com

PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES

LOCALIZ. : 16+560

PERF. N° :

MUESTRA : 6

FECHA : 23-Sep-08

PROFUND:

OPERADOR : P.C

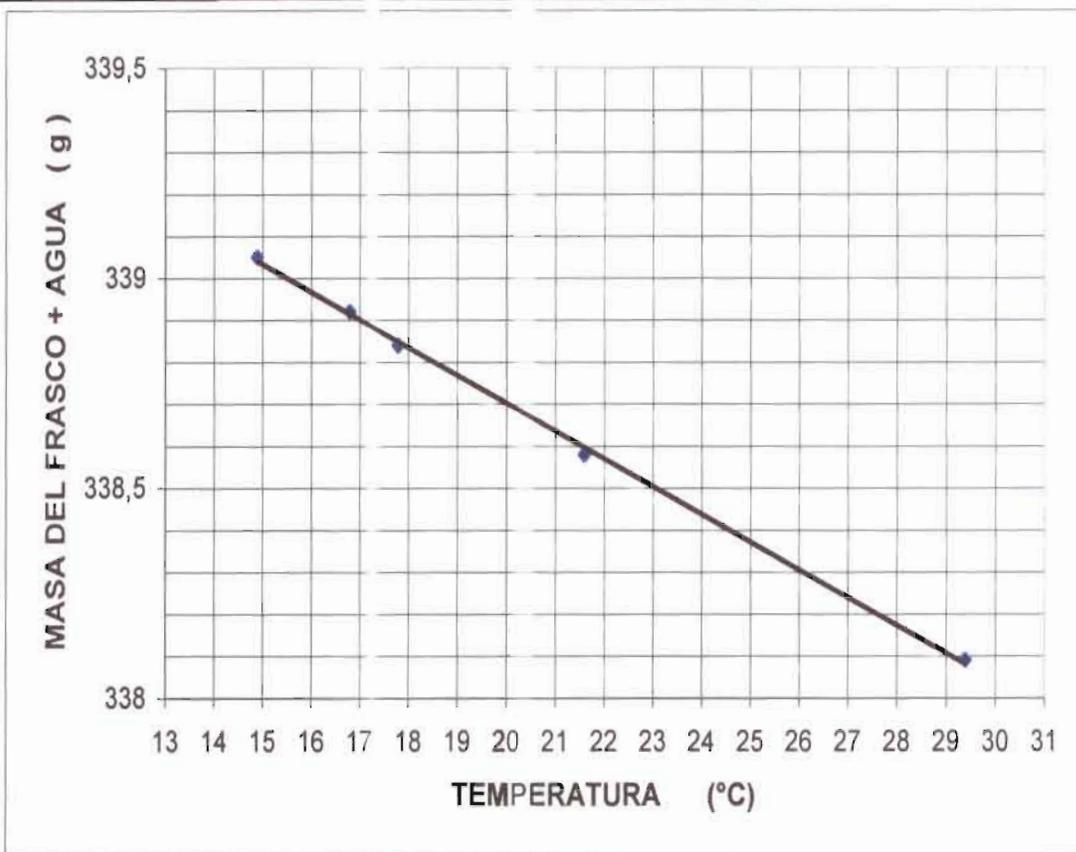
INEN

PESO UNITARIO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS

ASTM D 71

CALIBRACION DEL PICNOMETRO

No.		1	2	3	4	5	6	CORRECCION POR BALANZA
1	M.del frasco+ag.	338,92	338,84	338,58	338,09	339,05		1 Masa del plato : 253,42 g
	Temperatura °C	16,8	17,8	21,6	29,4	14,9		2 Masa del portafrasco : 46,98 g
2	M.del frasco+ag.							3 Corrección [3 = 1 - 2) : 206,44 g
	Temperatura °C							



ENSAYO	FRASCO	METODO DE EXTRACCION DEL AIRE	MASA DEL FRASCO + SUELO + AGUA SIN CORRECCION	MASA DEL FRASCO+SUELO+AGUA CORREGIDO	TEMPERATURA	MASA DEL FRASCO + AGUA	RECIPIENTE PARA EVAPORACION	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	MASA DEL RECIPIENTE	MASA DE LA MUESTRA SECA	WA + WS - WB	PESO UNITARIO DE LOS SOLIDOS
No.	No.		g.	g.	°C	g.	No.	g.	g.	g.	g.	g/cm ³
1	1	Vacio	181,60	388,04	19,00	338,58	107	150,11	72,82	77,29	27,830	2,78
2												
PROMEDIO											2,78	
OBSERVACIONES.												



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos
Teléfono 2238 - 744

labsuelos_ing_uce@yahoo.com

PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES

LOCALIZ. : 17+260

PERF. N° :

MUESTRA : 7

FECHA : 23-Sep-08

PROFUND:

OPERADOR : P.C

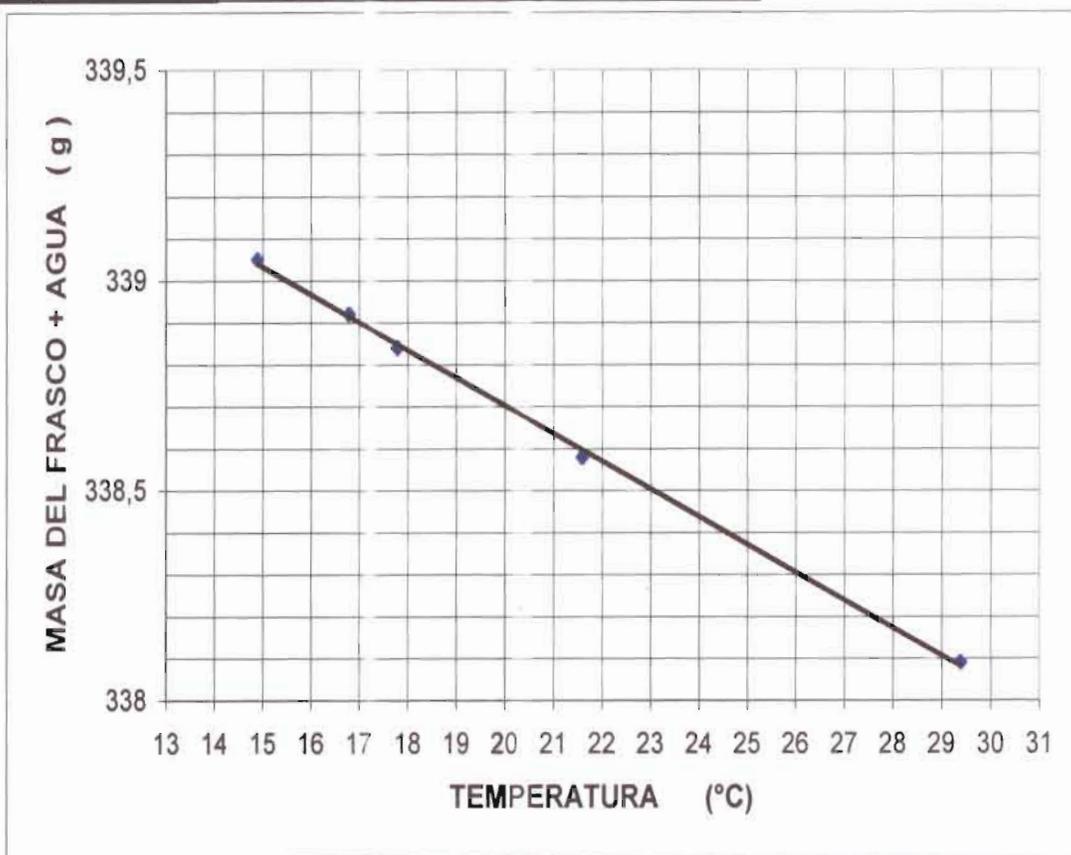
INEN

PESO UNITARIO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS

ASTM D 71

CALIBRACION DEL PICNOMETRO

No.		1	2	3	4	5	6	CORRECCION POR BALANZA
1	M.del frasco+ag.	338,92	338,84	338,58	338,09	339,05		1 Masa del plato : 253,42 g
	Temperatura °C	16,8	17,8	21,6	29,4	14,9		2 Masa del portafrasco : 46,98 g
2	M.del frasco+ag.							3 Corrección [3 = 1 - 2) : 206,44 g
	Temperatura °C							



ENSAYO	FRASCO	METODO DE EXTRACCION DEL AIRE	MASA DEL FRASCO + SUELO + AGUA SIN CORRECCION	MASA DEL FRASCO+SUELO+AGUA CORREGIDO	TEMPERATURA	MASA DEL FRASCO + AGUA	RECIPIENTE PARA EVAPORACION	MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	MASA DEL RECIPIENTE	MASA DE LA MUESTRA SECA	WA + WS - WB	PESO UNITARIO DE LOS SOLIDOS
No.	No.		g.	g.	°C	Wa	No.	g.	g.	g.	g.	g/cm ³
1	1	Vacio	183,65	390,09	18,50	338,58	108	163,85	83,63	80,22	28,710	2,79
2												
PROMEDIO											2,79	

OBSERVACIONES



UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Mecánica
de Suelos y Pavimentos
Teléfono 2238 - 744
labsuelos_ing_uce@yahoo.com

PROYECTO : CARRETERA SELVA ALEGRE - SAGUANGAL

OBRA : ESTABILIDAD DE TALUDES

LOCALIZ. : 17+180

PERF. N° :

MUESTRA : 8

FECHA : 23-Sep-08

PROFUND:

OPERADOR : P.C

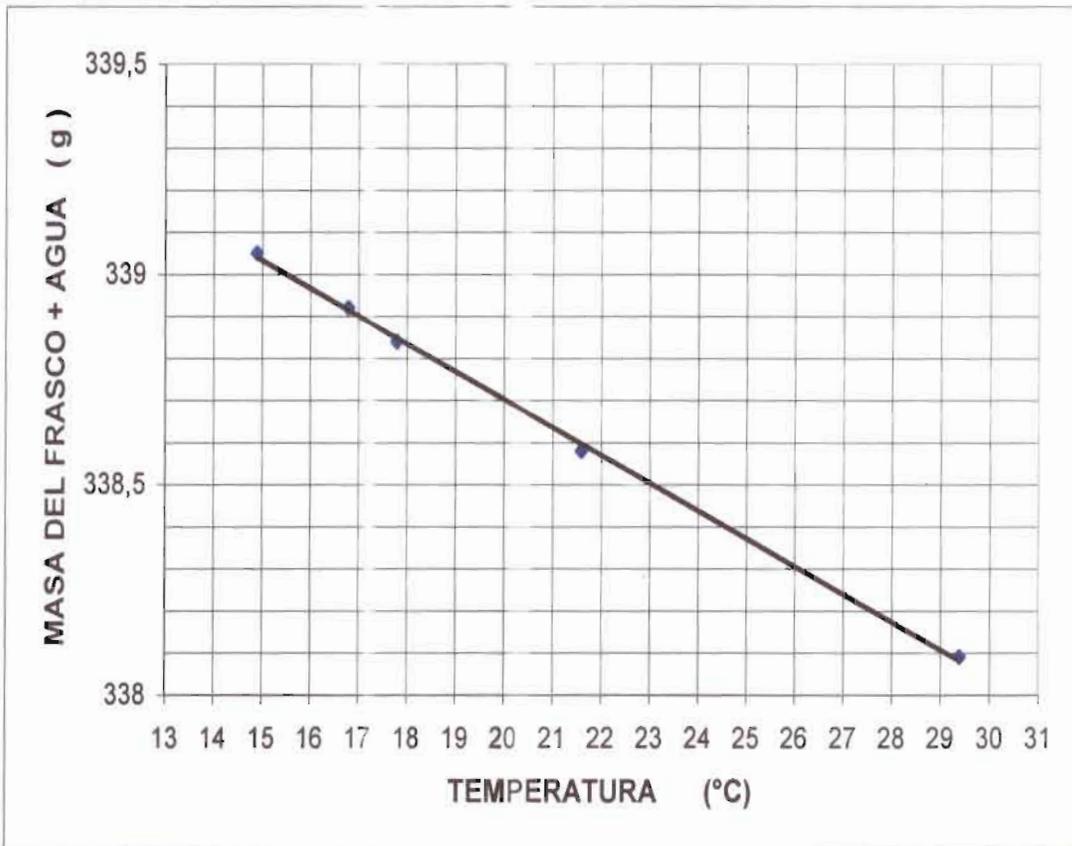
INEN

PESO UNITARIO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS

ASTM D 71

CALIBRACION DEL PICNOMETRO

No.		1	2	3	4	5	6	CORRECCION POR BALANZA
1	M.del frasco+ag.	338,92	338,84	338,58	338,09	339,05		1 Masa del plato : 253,42 g
	Temperatura °C	16,8	17,8	21,6	29,4	14,9		2 Masa del portafrasco : 46,98 g
2	M.del frasco+ag.							3 Corrección [3 = 1 - 2) : 206,44 g
	Temperatura °C							



ENSAYO	FRASCO	METODO DE EXTRACCION DEL AIRE	MASA DEL FRASCO + SUELO + AGUA SIN CORRECCION	MASA DEL FRASCO+SUELO+AGUA CORREGIDO	TEMPERATURA	MASA DEL FRASCO + AGUA	RECIPiente PARA EVAPORACION	MASA DEL RECIPiente + MUESTRA SECA	MASA DEL RECIPiente	MASA DE LA MUESTRA SECA	WA + WS - WB	PESO UNITARIO DE LOS SOLIDOS
No.	No.		g.	g.	°C	g.	No.	g.	g.	g.	g.	g/cm ³
1	1	Vacio	183,83	390,27	20,00	338,58	109	165,33	85,08	80,25	28,560	2,81
2												
PROMEDIO												2,81
OBSERVACIONES.												

