



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO CIVIL

**“Análisis, evaluación y propuesta de estabilidad de taludes de la vía
Zumbi-Paquisha, desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km”**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: Merino González, Fanny Verónica

DIRECTOR: Zárate Torres, Belizario Amador, M.Sc.

CENTRO UNIVERSITARIO LOJA

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

M.Sc.

Belizario Amador Zárate Torres

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: “**Análisis, evaluación y propuesta de estabilidad de taludes de la vía Zumbi-Paquisha, desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km**” realizado por Merino González Fanny Verónica ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se presenta la presentación del mismo.

Loja, febrero de 2014

M.Sc Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Merino González Fanny Verónica declaro ser autor (a) del presente trabajo de fin de titulación: **“Análisis, evaluación y propuesta de estabilidad de taludes de la vía Zumbi-Paquisha, desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km”**, de la Titulación de Ingeniería Civil siendo Belizario Amador Zárate Torres director (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

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

Autor: Merino González Fanny Verónica
Cédula: 1900347996

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico especialmente a Dios, a mi hijo Boris Xavier Morales Merino, y a mi familia por el apoyo que me han brindado para poder llegar hasta la culminación de mi carrera, y a todas las personas que han estado a mi lado apoyándome.

Merino González Fanny Verónica
1900347996

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Particular de Loja por permitirme realizar mis estudios profesionales, en este Centro Educativo.

Al Gobierno Provincial de Zamora Chinchipe y de manera especial agradecer al M.Sc Belizario Zárate, por haber guiado y orientado acertadamente la práctica profesional.

Finalmente, deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que me han apoyado en la realización de mi trabajo, como son: mi familia, docentes de la titulación de Ingeniería Civil, amigos (as) y sobre todo a Dios que me ha dado la fuerza y paciencia necesaria para seguir adelante con el avance de mi carrera profesional.

Merino González Fanny Verónica

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN.....	- 1 -
CAPITULO 1	- 3 -
1 Introducción	- 4 -
1.1 Objetivos de la investigación.	- 4 -
1.1.1 Objetivo general.....	- 4 -
1.1.2 Objetivos específicos.....	- 4 -
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	- 4 -
1.3 DISEÑO METODOLÓGICO	- 4 -
CAPITULO 2	- 6 -
2. Marco teórico	- 7 -
2.1 Definiciones básicas	- 7 -
2.1.1 Talud.....	- 7 -
2.1.2 Partes de un talud	- 7 -
2.2 Movimientos de ladera	- 8 -
2.2.1 Tipos de movimientos de ladera.....	- 8 -
2.2.1.1 Flujos	- 8 -
2.2.1.2 Deslizamientos traslacionales.....	- 9 -
2.2.1.3 Deslizamientos rotacionales	- 9 -
2.3 Estabilización	- 10 -
2.3.1 Factores que favorecen la inestabilidad.....	- 11 -
2.3.2 Investigación geotécnica de los deslizamientos	- 11 -
2.3.3 Evaluación de la estabilidad.....	- 12 -
2.4 Modelación numérica de taludes	- 14 -
CAPITULO 3	- 16 -
3. Marco general de la zona de estudio.....	- 17 -
3.1 Localización de la zona de estudio.....	- 17 -
3.2 Topografía.....	- 17 -
3.3 Climatología y precipitación	- 18 -

3.3.1 Clima.....	- 18 -
3.3.2 Precipitación	- 18 -
3.4 Tipos de inestabilidad detectados en zona de estudio	- 19 -
3.5 Metodología de trabajo.....	- 21 -
3.5.1 Toma de muestra de suelo	- 21 -
3.5.2 Normativa utilizada y resultados de ensayos de laboratorio	- 22 -
3.6 Modelación numérica de los taludes identificados	- 23 -
3.7 Alternativas de estabilización de los taludes.....	- 28 -
CONCLUSIONES	- 43 -
RECOMENDACIONES	- 44 -
BIBLIOGRAFÍA	- 45 -
ANEXO I	- 47 -
ANEXO II	- 53 -
ANEXO III.....	- 57 -
ANEXO IV	- 88 -
ANEXO V	- 100 -
ANEXO VII	- 124 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factor de seguridad	- 13 -
Tabla 2: Métodos de análisis de estabilidad de taludes	- 15 -
Tabla 3: Localización geográfica de los taludes	- 17 -
Tabla 4: Resumen de la Clasificación de Suelos de los muestreos	- 22 -
Tabla 5: Resultados del Ensayo triaxial	- 23 -
Tabla 6: Factor de seguridad del talud 1	- 26 -
Tabla 7: Factor de seguridad del talud 2	- 27 -
Tabla 8: Factor de seguridad del talud 3	- 27 -
Tabla 9: Factor de seguridad – Talud 1 con cambio de geometría	- 28 -
Tabla 10: Factor de seguridad – Talud 2 con cambio de geometría	- 29 -
Tabla 11: Factor de seguridad – Talud 3 con cambio de geometría	- 29 -
Tabla 12: Aditivo estabilizador recomendado	- 30 -
Tabla 13: Aditivo estabilizador	- 31 -
Tabla 14: Fuerza neta de deslizamiento – Talud 1	- 32 -
Tabla 15: Fuerza neta de deslizamiento – Talud 2	- 33 -
Tabla 16: Fuerza neta de deslizamiento – Talud 3	- 33 -
Tabla 17 : Dimensiones de zanja de anclaje	- 35 -
Tabla 18: Ganchos a los ancho del panel	- 36 -
Tabla 19: Ganchos a lo largo del panel	- 37 -
Tabla 20: Precipitación máxima diaria (mm) durante treinta años	- 40 -
Tabla 21: Borde libre en función del caudal	- 40 -
Tabla 22: Resumen de diseño de cuneta de coronación	- 41 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes de un talud	- 7 -
Figura 2: Flujos en una ladera	- 8 -
Figura 3: Deslizamiento rotacional	- 9 -
Figura 4: Diferentes superficies circulares de rotura.....	- 10 -
Figura 5: Parámetros del suelo para factor de seguridad en falla traslacional.....	- 13 -
Figura 6: Parámetros del suelo para factor de seguridad en falla rotacional.....	- 14 -
Figura 7: Mapa de pendientes desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200Km.....	- 18 -
Figura 8: Grafica de precipitación media mensual desde el 2002 - 2008	- 19 -
Figura 9: Proceso erosivo en la cara expuesta del talud.....	- 20 -
Figura 10: Presencia de Flujos de lodo (Talud 1)	- 20 -
Figura 11: Deslizamiento rotacional y flujos (Talud 2).....	- 20 -
Figura 12: Deslizamiento rotacional (Talud 3).....	- 21 -
Figura 13: Calicata en Talud 1. Figura 14: Calicata en Talud 3.....	- 21 -
Figura 15: Calicatas en Talud 2	- 22 -
Figura 16: Interfaz de configuración del programa GeoSlope 2007	- 24 -
Figura 17: Contorno y características del suelo del perfil 1 del talud 1.....	- 24 -
Figura 18: Línea piezométrica (azul), radio de deslizamiento (verde y rojo) del perfil 1 del talud 1	- 25 -
Figura 19: Malla de superficie de deslizamiento del perfil 1 del talud1	- 25 -
Figura 20: Verificación de errores del perfil del talud	- 26 -
Figura 21: Velocidades recomendadas utilizando concreto	- 32 -
Figura 22: Instalación de geocelda	- 33 -
Figura 23: Instalación de geocelda en la zanja de anclaje	- 35 -
Figura 24: Disposición de geosintéticos.....	- 35 -
Figura 25: Dimensiones de geocelda EGA 40	- 36 -
Figura 26: Dimensiones de PP geomalla biaxial GG5050	- 38 -
Figura 27: Zanja de anclaje en la corona del talud	- 38 -
Figura 28: Conecciones del subsuelo con la geocelda.....	- 38 -
Figura 29: Esquema de dimensiones de cuneta de coronación y localización topográfica – Talud 1	- 41 -
Figura 30: Esquema de dimensiones de cuneta de coronación y localización topográfica – Talud 3	- 41 -
Figura 31: Limpieza del talud para colocar geosintético.....	- 42 -
Figura 32: Mapa de la vía Zumbi-Paquisha abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km	- 48 -
Figura 33: Mapa de curvas de nivel de los taludes identificados.....	- 49 -
Figura 34: Perfil 1- Talud 1. Método Bishop – sin escorrentía superficial	- 101 -
Figura 35: Perfil 1 – Talud 1. Método Bishop – con escorrentía superficial.....	- 101 -
Figura 36: Talud 1. Método Bishop – cambio de geometría.....	- 101 -
Figura 37: Perfil 1 – Talud 1. Método Janbu – sin escorrentía superficial	- 102 -
Figura 38: Perfil 1 – Talud 1. Método Janbu – con escorrentía superficial.....	- 102 -
Figura 39: Perfil 1 – Talud 1. Método Janbu – cambio de geometría.....	- 102 -
Figura 40: Perfil 1 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial	- 103 -
Figura 41: Perfil 1 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial.....	- 103 -

Figura 42: Perfil 1 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – cambio de geometría del talud	103 -
Figura 43: Perfil 2 – Talud 1. Método Bishop – sin escorrentía superficial.....	104 -
Figura 44: Perfil 2 – Talud 1. Método Bishop – con escorrentía superficial.....	104 -
Figura 45: Perfil 2 – Talud 1. Método Bishop – con escorrentía superficial.....	104 -
Figura 46: Perfil 2 – Talud 1. Método Janbu – sin escorrentía superficial	105 -
Figura 47: Perfil 2 – Talud 1. Método Janbu – con escorrentía superficial	105 -
Figura 48: Perfil 2 – Talud 1. Método Janbu – cambio de geometría.....	105 -
Figura 49: Perfil 2 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial	106 -
Figura 50: Perfil 2 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial	106 -
Figura 51: Perfil 2 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – cambio de geometría.....	106 -
Figura 52: Perfil 3 – Talud 1. Método Bishop – sin escorrentía superficial.....	107 -
Figura 53: Perfil 3 – Talud 1. Método Bishop – con escorrentía superficial.....	107 -
Figura 54: Perfil 3 – Talud 1. Método Bishop – cambio de geometría	107 -
Figura 55: Perfil 3 – Talud 1. Método Janbu – sin escorrentía superficial	108 -
Figura 56: Perfil 3 – Talud 1. Método Janbu – con escorrentía superficial	108 -
Figura 57: Perfil 3 – Talud 1. Método Janbu – cambio de escorrentía	108 -
Figura 58: Perfil 3 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial	109 -
Figura 59: Perfil 3 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial	109 -
Figura 60: Perfil 3 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – cambio de geometría.....	109 -
Figura 61: Perfil 1 – Talud 2. Método Bishop – sin correntía superficial	110 -
Figura 62: Perfil 1 – Talud 2. Método Bishop – con escorrentía superficial.....	110 -
Figura 63: Perfil 1 – Talud 2. Método Bishop – cambio de geometría	110 -
Figura 64: Perfil 1 – Talud 2. Método Janbu – sin escorrentía superficial.	111 -
Figura 65: Perfil 1 – Talud 2. Método Janbu – con escorrentía superficial	111 -
Figura 66: Perfil 1 – Talud 2. Método Janbu – cambio de geometría.....	111 -
Figura 67: Perfil 1 – Talud 2. Método Morgenstern-Price –sin escorrentía superficial	112 -
Figura 68: Perfil 1 – Talud 2. Método Morgenstern-Price –con escorrentía superficial.....	112 -
Figura 69: Perfil 1 – Talud 2. Método Morgenstern-Price –cambio de geometría.....	112 -
Figura 70: Perfil 2 – Talud 2. Método Bishop – sin escorrentía superficial.....	113 -
Figura 71: Perfil 2 – Talud 2. Método Bishop – con escorrentía superficial.....	113 -
Figura 72: Perfil 2 – Talud 2. Método Bishop – cambio de geometría	113 -
Figura 73: Perfil 2 – Talud 2. Método Janbu – sin escorrentía superficial	114 -
Figura 74: Perfil 2 – Talud 2. Método Janbu – con escorrentía superficial	114 -
Figura 75: Perfil 2 – Talud 2. Método Janbu – cambio de geometría.....	114 -
Figura 76: Perfil 2 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial	115 -
Figura 77: Perfil 2 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial	115 -
Figura 78: Perfil 2 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial	115 -
Figura 79: Perfil 3 – Talud 2. Método Bishop – sin escorrentía superficial.....	116 -
Figura 80: Perfil 3 – Talud 2. Método Bishop – con escorrentía superficial.....	116 -
Figura 81: Perfil 3 – Talud 2. Método Bishop – cambio de geometría	116 -
Figura 82: Perfil 3 – Talud 2. Método Janbu – sin escorrentía superficial	117 -
Figura 83: Perfil 3 – Talud 2. Método Janbu – con escorrentía superficial	117 -
Figura 84: Perfil 3 – Talud 2. Método Janbu – cambio de geometría.....	117 -

Figura 85: Perfil 3 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial	118 -
Figura 86: Perfil 3 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial	118 -
Figura 87: Perfil 3 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – cambio de geometría.....	118 -
Figura 88: Perfil 3 – Talud 3. Método Bishop – sin escorrentía superficial.....	119 -
Figura 89: Perfil 3 – Talud 3. Método Bishop – con escorrentía superficial.....	119 -
Figura 90: Perfil 3 – Talud 3. Método Bishop – cambio de geometría	119 -
Figura 91: Perfil 3 – Talud 3. Método Janbu – sin escorrentía superficial	120 -
Figura 92: Perfil 3 – Talud 3. Método Janbu – con escorrentía superficial	120 -
Figura 93: Perfil 3 – Talud 3. Método Janbu – cambio de geometría.....	120 -
Figura 94: Perfil 3 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial	121 -
Figura 95: Perfil 3 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial.....	121 -
Figura 96: Perfil 3 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial.....	121 -
Figura 97: Perfil 1 – Talud 3. Método Bishop – sin escorrentía superficial.....	122 -
Figura 98: Perfil 1 – Talud 3. Método Bishop – con escorrentía superficial.....	122 -
Figura 99: Perfil 1 – Talud 3. Método Janbu – sin escorrentía superficial	122 -
Figura 100: Perfil 1 – Talud 3. Método Janbu – con escorrentía superficial	123 -
Figura 101: Perfil 1 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial	123 -
Figura 102: Perfil 1 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial	123 -
Figura 103: Características topográficas del perfil 1 – Talud 1.....	125 -
Figura 104: Características topográficas del perfil 2 – Talud 1.....	125 -
Figura 105: Características topográficas del perfil 3 – Talud 1.....	125 -
Figura 106: Características topográficas del perfil 1 – Talud 2.....	126 -
Figura 107: Características topográficas del perfil 2 – Talud 2.....	126 -
Figura 108: Características topográficas del perfil 3 – Talud 2.....	126 -
Figura 109: Características topográficas del perfil 1 – Talud 3.....	127 -
Figura 110: Características topográficas del perfil 2 – Talud 3.....	127 -
Figura 111: Características topográficas del perfil 3 – Talud 3.....	127 -

RESUMEN

Los movimientos de laderas en la provincia de Zamora Chinchipe y en todo el país, son fenómenos que afectan a zonas pobladas o vías que conectan a varias poblaciones causando daños ambientales, económicos e incluso pérdidas de vidas humanas. Algunos de los taludes que se encuentran presentes en el tramo de estudio de la vía Zumbi – Paquisha desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km se encontraban en estado pasivo, pero al actuar los factores desencadenantes como la precipitación estos fueron activados y su movimiento causó la obstrucción en la carretera. Ante ello se planteó una solución que permita mejorar la inestabilidad de estas laderas o taludes artificiales mediante el análisis de los perfiles, ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, análisis pluviométricos y la aplicación de un software para el modelamiento matemático. La estabilización se la realizó mediante la modificación de la geometría de algunos taludes, colocación de geosintético y el diseño de cunetas en la corona, ya que el tipo de deslizamiento es rotacional y traslacional acompañados de flujos de lodo.

PALABRAS CLAVES: movimiento de ladera, precipitación, estabilización.

ABSTRACT

The movements slopes in the Zamora Chinchipe district and in the country are phenomena that affect to population zone are freak that affect all the populated regions or road that connect populated several producing environment damages economics and lost the humans lives, some of the latitudes that are present in the study stretch of the way Zumbi – Paquisha from abscissa 5+500 km to 8+200 km where they were in passive, but to the act trigger agent as precipitation. This were activated its movements caused obstructions on the roads, to this proposed a solution that permit upgrade the instability of this slopes or artificial slopes, through the analysis of the outline laboratory mechanic soil test, rainfall analysis and application of a software mathematic modeling the geosynthetic, some latitudes setting geometry and gutter desing on the crown, since shape of glide is rotational and translational, accompanied by mudflow.

KEYWORDS: slope movement, precipitation, stabilization,

CAPITULO 1

**INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN, JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO,
DISEÑO METODOLOGICO**

1 Introducción

Los movimientos de ladera son fenómenos que alteran la configuración del terreno y que a su vez, producen pérdidas económicas y de vidas humanas, esto ocurre cuando inciden factores desencadenantes como son las precipitaciones, sismos, factores antrópicos, entre otros.

El presente estudio pretende analizar, evaluar y proponer la estabilización de tres taludes que se encuentran en la vía Zumbi-Paquisha en los tramos comprendidos entre la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km, y para ello se plantea la estabilización de los taludes mediante el uso de: aditivos estabilizadores, geosintético para la estabilización y control de la erosión, y adicionalmente se diseñó un canal de máxima eficiencia hidráulica en la corona de los taludes.

1.1 Objetivos de la investigación.

1.1.1 Objetivo general

Analizar, evaluar y presentar una propuesta para la estabilidad de los taludes existentes en la vía Zumbi – Paquisha, desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar las fallas más comunes de inestabilidad y deslizamientos.
- Determinar las propiedades geotécnicas del suelo y geo-mecánicas del subsuelo, mediante la realización de diferentes ensayos in situ.
- Realizar la modelación numérica de los taludes identificados.
- Establecer y proponer una solución para la estabilización de los taludes

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El estudio de la estabilidad de taludes en la vía Zumbi-Paquisha desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km, pretende identificar los principales factores climáticos y topográficos que afectan la estabilidad de los mismos, mediante la técnica de estabilización se procurará reducir el impacto erosivo y sobresaturación del suelo provocado por las frecuentes lluvias y de esta forma incrementar la resistencia del suelo al disminuir su nivel de saturación, incremento de cohesión.

1.3 DISEÑO METODOLÓGICO

Para la realización del presente proyecto de tesis, se lo dividió en las siguientes etapas de intervención en la zona de estudio, y análisis de las mismas:

1. Recopilación de información bibliográfica.

2. Identificación de los taludes más inestables para su análisis en el tramo de estudio.
3. Toma de muestras de suelo in situ y ejecución de ensayos de laboratorio (clasificación de suelos y ensayo de compresión triaxial).
4. Levantamiento topográfico de las zonas de estudio.
5. Obtención de mapa de pendientes.
6. Obtención de perfiles para la modelación numérica de los taludes.
7. Análisis y Evaluación de resultados de las modelaciones.
8. Propuesta de Estabilidad de los taludes de estudio.

CAPITULO 2
MARCO TEÓRICO

2. Marco teórico

2.1 Definiciones básicas

2.1.1 Talud

Es una masa de tierra con inclinación con respecto a un plano horizontal, el cual puede ser un terraplén, corte de una ladera natural y un muro de contención.

2.1.2 Partes de un talud

Las partes de un talud se las encuentran identificadas en la Figura 1 los cuales se definen a continuación:

- **Cabeza, cresta, cima o escarpe.-** Es la parte alta convexa del talud, en donde se presenta el proceso de erosión y se observa un cambio de la pendiente del talud, esta puede coincidir con coronas de deslizamientos.
- **Pendiente.-** Es la inclinación que presenta la parte media del talud en análisis, se la puede medir en grados, porcentaje o en relación m: 1, donde m es la distancia horizontal.
- **Altura.-** Es la distancia vertical entre la cabeza y pie del talud.
- **Altura de nivel freático.-** Es la distancia vertical medida desde el pie del talud hasta el nivel de agua, este nivel de agua se encuentra entre la cabeza y el pie del talud.
- **Pie, pata o base.-** Es la parte baja cóncava del talud, donde se visualiza un cambio brusco de la pendiente del talud con la base del mismo.



Figura 1: Partes de un talud
Fuente: El autor

2.2 Movimientos de ladera

El movimiento de ladera, es la ruptura y desplazamiento vertical hacia debajo de una masa de suelo el cual es el resultado de un deslizamiento de corte a lo largo de una superficie.

Se presenta en materiales con comportamiento elástico o semi-eslástico, y se debe principalmente a procesos naturales o a la desestabilización del terreno como consecuencia de los cortes, rellenos, deforestaciones, lluvias intensas; estos empiezan con la aparición de grietas tensionales o fracturas en la parte alta de la pendiente, sobre las cuales actúa el agua que incrementa el peso del suelo, originando la pérdida de cohesión y produciendo su desplazamiento.

2.2.1 Tipos de movimientos de ladera

Existen diferentes movimientos de ladera que ocurren en el cuerpo del talud y entre los más comunes se encuentran: flujos, deslizamientos traslacional, deslizamientos rotacionales o una combinación de ellos.

2.2.1.1 Flujos

Es un movimiento continuo en la superficie, donde la distribución de la velocidad en la masa desplazada se asemeja a un líquido viscoso como se observa en la Figura 2, y que se encuentra relacionado con la saturación del suelo.

La ocurrencia de los flujos puede estar relacionada con las lluvias, debido a que los suelos absorben agua fácilmente cuando son alterados o agrietados por un deslizamiento inicial.

De acuerdo al material deslizado se lo clasifica en los siguientes tipos: flujos de residuos, flujos de suelo y flujos de lodo.

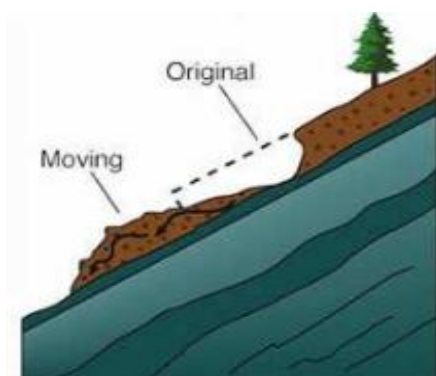


Figura 2: Flujos en una ladera

Fuente: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/taludes_15_05_09.pdf

- Flujo de suelo o tierra.- materiales no muy húmedos, estos se desarrollan generalmente al pie del deslizamiento de tipo rotacional en el cuerpo del talud.
- Flujos de lodo.- tienen elevado contenido de agua, suele presentarse en laderas que carecen de cobertura vegetal.

2.2.1.2 Deslizamientos traslacionales

Son movimientos débiles en forma planar o un poco ondulada los cuales se presentan en suelos friccionantes, es decir, suelos arcillosos blandos bajo estratos arenosos. Si existe presencia de lluvias continuas este movimiento puede convertirse en flujo, especialmente en zonas de pendiente fuerte.

2.2.1.3 Deslizamientos rotacionales

Son movimientos rápidos que ocurren en los taludes con deslizamientos a lo largo de una superficie de falla curva (ruptura circular y cóncava) que se desarrolla en el interior del cuerpo del talud. La forma típica de este deslizamiento se muestra en la Figura 3.

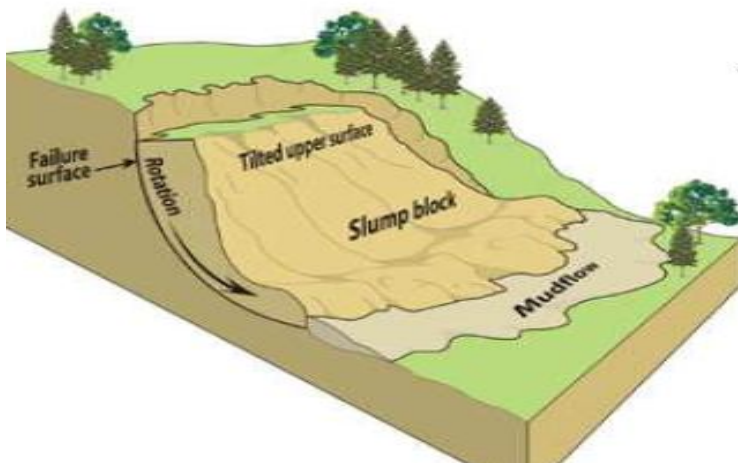


Figura 3: Deslizamiento rotacional

Fuente: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/taludes_15_05_09.pdf

Este tipo de fallas ocurren por lo general en materiales arcillosos homogéneos o en suelos cuyo comportamiento mecánico este regido por su fracción arcillosa, se lo reconoce porque es un terreno muy escarpado y residual.

En la Figura 4, se muestra las diferentes superficies circulares de rotura que se dan en un deslizamiento rotacional, las cuales están íntimamente ligadas a las características resistentes del material, altura e inclinación del talud; de acuerdo al Manual de Taludes realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME, 1985-1986).

- Superficie de rotura de talud.- cuando la superficie de rotura corta al talud por encima de su pie.
- Superficie de rotura de pie de talud.- la salida del material se origina en el pie y queda por encima de la base de dicho talud.
- Superficie de rotura de base de talud.- la salida del material se da en la base del talud y su superficie de rotura pasa bajo el pie del mismo.

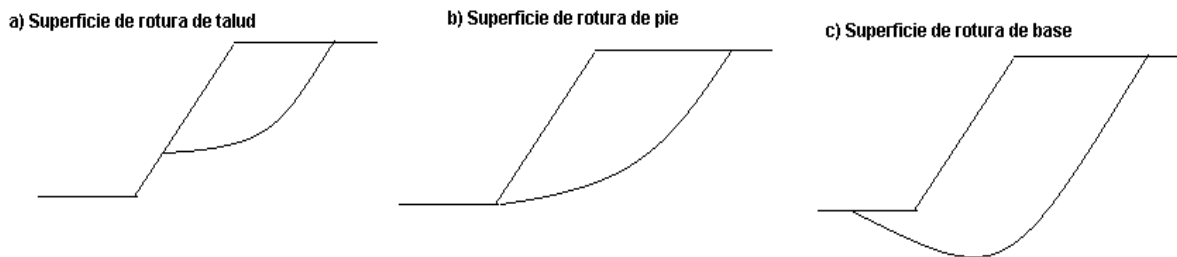


Figura 4: Diferentes superficies circulares de rotura
Fuente: Manual de Taludes. Instituto geológico y minero de España.

2.3 Estabilización

Para analizar la estabilización de un talud se recomienda determinar las condiciones de inestabilidad (Factor de seguridad), identificar el tipo de falla, determinar los mecanismos de activación de los taludes tales como geometría del talud, propiedades del suelo, presencia de grietas, flujo de agua, y diseñar el sistema de estabilización el cual por lo general es provisional mas no definitivo.

Cornforth (2005) explica que los factores de seguridad razonables y la magnitud de la estabilización deben determinarse teniendo en cuenta los siguientes factores:

- El tamaño del deslizamiento.* Es muy difícil modelar un deslizamiento pequeño que un deslizamiento grande; el factor de seguridad de un deslizamiento pequeño debe ser mayor al de un deslizamiento grande. Se debe tener cuidado cuando se intenta incrementar el factor de seguridad en un deslizamiento grande, ya que este tiene un efecto importante en la estabilidad.
- El tipo de movimiento.* En los movimientos de masas rígidas, la técnica de estabilización son más efectivas ya que se consideran factores de seguridad menores que en movimientos blandos de tipo flujos.
- La magnitud de los estudios realizados.* Si la magnitud recolectada en los estudios es muy completa y confiable, se puede permitir factores de seguridad menores que en los casos donde la información es escasa y la incertidumbre es mayor.

- d. *El potencial de consecuencias.* Cuando un deslizamiento involucra un riesgo grande de vidas humanas o propiedades, se requiere factores de seguridades mayores.
- e. *La experiencia del profesional con los suelos del sitio.* Cuando se tiene experiencia real del comportamiento de los suelos se puede permitir el uso de factores de seguridad menores que cuando se desconoce el comportamiento del suelo.
- f. *Posibilidad de ocurrencia de eventos extremos.* Si en el análisis no se tuvieron en cuenta los eventos extremos, se deben incluir factores de seguridad mayores ante la ocurrencia de estos fenómenos.

2.3.1 Factores que favorecen la inestabilidad

Los factores que favorecen la inestabilidad de un talud son: topografía del terreno, cobertura vegetal, precipitaciones y las propiedades mecánicas y estratigráficas del suelo.

La amazonia del Ecuador tienen una humedad constante por lo que los suelos están semisaturados superficialmente y al momento de producirse una fuerte lluvia ocurre un deslizamiento en las partes con poca cobertura vegetal y cuyas características del suelo hayan sido afectadas anteriormente por la filtración del agua en las grietas que se originan en la parte alta de los taludes.

Las lluvias son un factor desencadenante en la inestabilidad de taludes ya que aporta en el aumento de diversos factores de meteorización, debido al impacto de las gotas de agua y la intensidad con la que caen produce salpicaduras en el suelo dejando así caer las partículas del suelo hacia el pie del talud produciéndose el deslizamiento; además cuando la lluvia es intensa y larga, el agua se canaliza por las grietas más profundas aumentando de esta manera las sub-presiones del terreno produciéndose una sobrecarga debida al propio peso del suelo y si el material es arcilloso también se produce la expansión del mismo.

En los diseños y construcción o reconstrucción de vías terrestres se debe considerar en la estabilización de los taludes, la pluviometría del sector.

2.3.2 Investigación geotécnica de los deslizamientos

Para la investigación de los deslizamientos se realizó los siguientes estudios en campo y en laboratorio:

▪ En campo

Reconocimiento visual del área de deslizamiento, identificándolo de la siguiente manera:

- Acumulación de material al pie del talud
- Presencia de grietas

RESUMEN

Los movimientos de laderas en la provincia de Zamora Chinchipe y en todo el país, son fenómenos que afectan a zonas pobladas o vías que conectan a varias poblaciones causando daños ambientales, económicos e incluso pérdidas de vidas humanas. Algunos de los taludes que se encuentran presentes en el tramo de estudio de la vía Zumbi – Paquisha desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km se encontraban en estado pasivo, pero al actuar los factores desencadenantes como la precipitación estos fueron activados y su movimiento causó la obstrucción en la carretera. Ante ello se planteó una solución que permita mejorar la inestabilidad de estas laderas o taludes artificiales mediante el análisis de los perfiles, ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, análisis pluviométricos y la aplicación de un software para el modelamiento matemático. La estabilización se la realizó mediante la modificación de la geometría de algunos taludes, colocación de geosintético y el diseño de cunetas en la corona, ya que el tipo de deslizamiento es rotacional y traslacional acompañados de flujos de lodo.

PALABRAS CLAVES: movimiento de ladera, precipitación, estabilización.

ABSTRACT

The movements slopes in the Zamora Chinchipe district and in the country are phenomena that affect to population zone are freak that affect all the populated regions or road that connect populated several producing environment damages economics and lost the humans lives, some of the latitudes that are present in the study stretch of the way Zumbi – Paquisha from abscissa 5+500 km to 8+200 km where they were in passive, but to the act trigger agent as precipitation. This were activated its movements caused obstructions on the roads, to this proposed a solution that permit upgrade the instability of this slopes or artificial slopes, through the analysis of the outline laboratory mechanic soil test, rainfall analysis and application of a software mathematic modeling the geosynthetic, some latitudes setting geometry and gutter desing on the crown, since shape of glide is rotational and translational, accompanied by mudflow.

KEYWORDS: slope movement, precipitation, stabilization,

CAPITULO 1

**INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN, JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO,
DISEÑO METODOLOGICO**

1 Introducción

Los movimientos de ladera son fenómenos que alteran la configuración del terreno y que a su vez, producen pérdidas económicas y de vidas humanas, esto ocurre cuando inciden factores desencadenantes como son las precipitaciones, sismos, factores antrópicos, entre otros.

El presente estudio pretende analizar, evaluar y proponer la estabilización de tres taludes que se encuentran en la vía Zumbi-Paquisha en los tramos comprendidos entre la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km, y para ello se plantea la estabilización de los taludes mediante el uso de: aditivos estabilizadores, geosintético para la estabilización y control de la erosión, y adicionalmente se diseñó un canal de máxima eficiencia hidráulica en la corona de los taludes.

1.1 Objetivos de la investigación.

1.1.1 Objetivo general

Analizar, evaluar y presentar una propuesta para la estabilidad de los taludes existentes en la vía Zumbi – Paquisha, desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar las fallas más comunes de inestabilidad y deslizamientos.
- Determinar las propiedades geotécnicas del suelo y geo-mecánicas del subsuelo, mediante la realización de diferentes ensayos in situ.
- Realizar la modelación numérica de los taludes identificados.
- Establecer y proponer una solución para la estabilización de los taludes

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El estudio de la estabilidad de taludes en la vía Zumbi-Paquisha desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km, pretende identificar los principales factores climáticos y topográficos que afectan la estabilidad de los mismos, mediante la técnica de estabilización se procurará reducir el impacto erosivo y sobresaturación del suelo provocado por las frecuentes lluvias y de esta forma incrementar la resistencia del suelo al disminuir su nivel de saturación, incremento de cohesión.

1.3 DISEÑO METODOLÓGICO

Para la realización del presente proyecto de tesis, se lo dividió en las siguientes etapas de intervención en la zona de estudio, y análisis de las mismas:

1. Recopilación de información bibliográfica.

2. Identificación de los taludes más inestables para su análisis en el tramo de estudio.
3. Toma de muestras de suelo in situ y ejecución de ensayos de laboratorio (clasificación de suelos y ensayo de compresión triaxial).
4. Levantamiento topográfico de las zonas de estudio.
5. Obtención de mapa de pendientes.
6. Obtención de perfiles para la modelación numérica de los taludes.
7. Análisis y Evaluación de resultados de las modelaciones.
8. Propuesta de Estabilidad de los taludes de estudio.

CAPITULO 2
MARCO TEÓRICO

2. Marco teórico

2.1 Definiciones básicas

2.1.1 Talud

Es una masa de tierra con inclinación con respecto a un plano horizontal, el cual puede ser un terraplén, corte de una ladera natural y un muro de contención.

2.1.2 Partes de un talud

Las partes de un talud se las encuentran identificadas en la Figura 1 los cuales se definen a continuación:

- **Cabeza, cresta, cima o escarpe.-** Es la parte alta convexa del talud, en donde se presenta el proceso de erosión y se observa un cambio de la pendiente del talud, esta puede coincidir con coronas de deslizamientos.
- **Pendiente.-** Es la inclinación que presenta la parte media del talud en análisis, se la puede medir en grados, porcentaje o en relación m: 1, donde m es la distancia horizontal.
- **Altura.-** Es la distancia vertical entre la cabeza y pie del talud.
- **Altura de nivel freático.-** Es la distancia vertical medida desde el pie del talud hasta el nivel de agua, este nivel de agua se encuentra entre la cabeza y el pie del talud.
- **Pie, pata o base.-** Es la parte baja cóncava del talud, donde se visualiza un cambio brusco de la pendiente del talud con la base del mismo.



Figura 1: Partes de un talud
Fuente: El autor

2.2 Movimientos de ladera

El movimiento de ladera, es la ruptura y desplazamiento vertical hacia debajo de una masa de suelo el cual es el resultado de un deslizamiento de corte a lo largo de una superficie.

Se presenta en materiales con comportamiento elástico o semi-eslástico, y se debe principalmente a procesos naturales o a la desestabilización del terreno como consecuencia de los cortes, rellenos, deforestaciones, lluvias intensas; estos empiezan con la aparición de grietas tensionales o fracturas en la parte alta de la pendiente, sobre las cuales actúa el agua que incrementa el peso del suelo, originando la pérdida de cohesión y produciendo su desplazamiento.

2.2.1 Tipos de movimientos de ladera

Existen diferentes movimientos de ladera que ocurren en el cuerpo del talud y entre los más comunes se encuentran: flujos, deslizamientos traslacional, deslizamientos rotacionales o una combinación de ellos.

2.2.1.1 Flujos

Es un movimiento continuo en la superficie, donde la distribución de la velocidad en la masa desplazada se asemeja a un líquido viscoso como se observa en la Figura 2, y que se encuentra relacionado con la saturación del suelo.

La ocurrencia de los flujos puede estar relacionada con las lluvias, debido a que los suelos absorben agua fácilmente cuando son alterados o agrietados por un deslizamiento inicial.

De acuerdo al material deslizado se lo clasifica en los siguientes tipos: flujos de residuos, flujos de suelo y flujos de lodo.

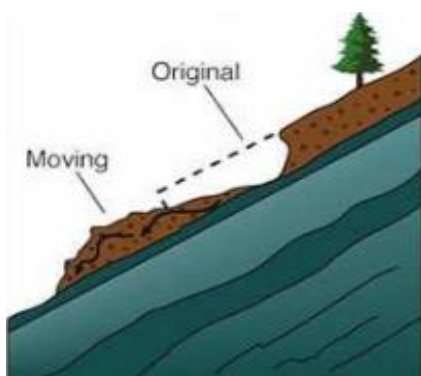


Figura 2: Flujos en una ladera

Fuente: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/taludes_15_05_09.pdf

- Flujo de suelo o tierra.- materiales no muy húmedos, estos se desarrollan generalmente al pie del deslizamiento de tipo rotacional en el cuerpo del talud.
- Flujos de lodo.- tienen elevado contenido de agua, suele presentarse en laderas que carecen de cobertura vegetal.

2.2.1.2 Deslizamientos traslacionales

Son movimientos débiles en forma planar o un poco ondulada los cuales se presentan en suelos friccionantes, es decir, suelos arcillosos blandos bajo estratos arenosos. Si existe presencia de lluvias continuas este movimiento puede convertirse en flujo, especialmente en zonas de pendiente fuerte.

2.2.1.3 Deslizamientos rotacionales

Son movimientos rápidos que ocurren en los taludes con deslizamientos a lo largo de una superficie de falla curva (ruptura circular y cóncava) que se desarrolla en el interior del cuerpo del talud. La forma típica de este deslizamiento se muestra en la Figura 3.

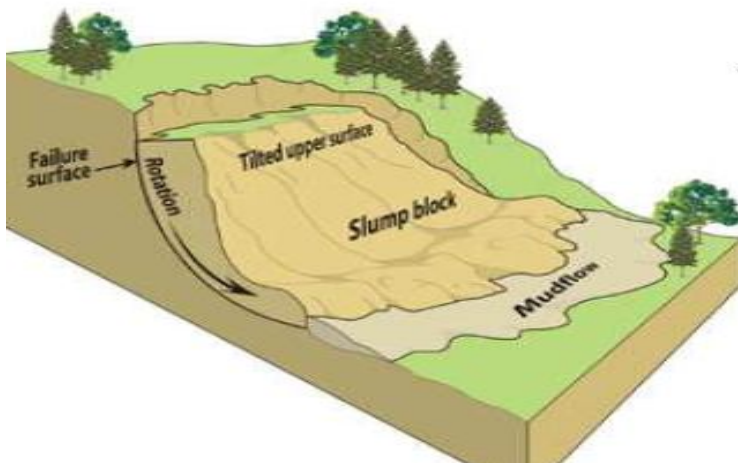


Figura 3: Deslizamiento rotacional

Fuente: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/taludes_15_05_09.pdf

Este tipo de fallas ocurren por lo general en materiales arcillosos homogéneos o en suelos cuyo comportamiento mecánico este regido por su fracción arcillosa, se lo reconoce porque es un terreno muy escarpado y residual.

En la Figura 4, se muestra las diferentes superficies circulares de rotura que se dan en un deslizamiento rotacional, las cuales están íntimamente ligadas a las características resistentes del material, altura e inclinación del talud; de acuerdo al Manual de Taludes realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME, 1985-1986).

- Superficie de rotura de talud.- cuando la superficie de rotura corta al talud por encima de su pie.
- Superficie de rotura de pie de talud.- la salida del material se origina en el pie y queda por encima de la base de dicho talud.
- Superficie de rotura de base de talud.- la salida del material se da en la base del talud y su superficie de rotura pasa bajo el pie del mismo.

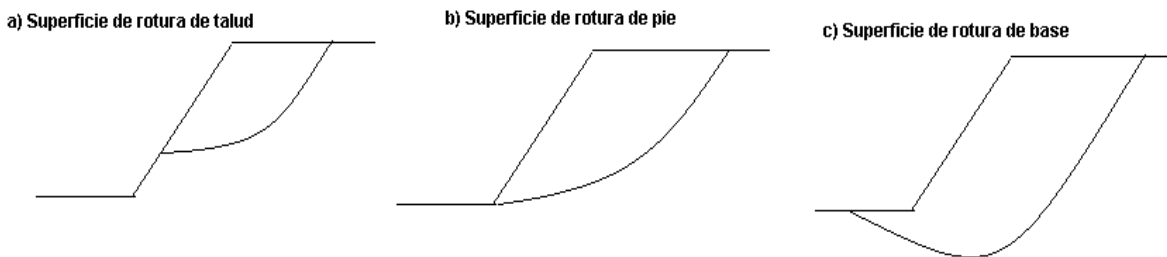


Figura 4: Diferentes superficies circulares de rotura
Fuente: Manual de Taludes. Instituto geológico y minero de España.

2.3 Estabilización

Para analizar la estabilización de un talud se recomienda determinar las condiciones de inestabilidad (Factor de seguridad), identificar el tipo de falla, determinar los mecanismos de activación de los taludes tales como geometría del talud, propiedades del suelo, presencia de grietas, flujo de agua, y diseñar el sistema de estabilización el cual por lo general es provisional mas no definitivo.

Cornforth (2005) explica que los factores de seguridad razonables y la magnitud de la estabilización deben determinarse teniendo en cuenta los siguientes factores:

- El tamaño del deslizamiento.* Es muy difícil modelar un deslizamiento pequeño que un deslizamiento grande; el factor de seguridad de un deslizamiento pequeño debe ser mayor al de un deslizamiento grande. Se debe tener cuidado cuando se intenta incrementar el factor de seguridad en un deslizamiento grande, ya que este tiene un efecto importante en la estabilidad.
- El tipo de movimiento.* En los movimientos de masas rígidas, la técnica de estabilización son más efectivas ya que se consideran factores de seguridad menores que en movimientos blandos de tipo flujos.
- La magnitud de los estudios realizados.* Si la magnitud recolectada en los estudios es muy completa y confiable, se puede permitir factores de seguridad menores que en los casos donde la información es escasa y la incertidumbre es mayor.
- El potencial de consecuencias.* Cuando un deslizamiento involucra un riesgo grande de vidas humanas o propiedades, se requiere factores de seguridad mayores.

- e. *La experiencia del profesional con los suelos del sitio.* Cuando se tiene experiencia real del comportamiento de los suelos se puede permitir el uso de factores de seguridad menores que cuando se desconoce el comportamiento del suelo.
- f. *Posibilidad de ocurrencia de eventos extremos.* Si en el análisis no se tuvieron en cuenta los eventos extremos, se deben incluir factores de seguridad mayores ante la ocurrencia de estos fenómenos.

2.3.1 Factores que favorecen la inestabilidad

Los factores que favorecen la inestabilidad de un talud son: topografía del terreno, cobertura vegetal, precipitaciones y las propiedades mecánicas y estratigráficas del suelo.

La amazonia del Ecuador tienen una humedad constante por lo que los suelos están semisaturados superficialmente y al momento de producirse una fuerte lluvia ocurre un deslizamiento en las partes con poca cobertura vegetal y cuyas características del suelo hayan sido afectadas anteriormente por la filtración del agua en las grietas que se originan en la parte alta de los taludes.

Las lluvias son un factor desencadenante en la inestabilidad de taludes ya que aporta en el aumento de diversos factores de meteorización, debido al impacto de las gotas de agua y la intensidad con la que caen produce salpicaduras en el suelo dejando así caer las partículas del suelo hacia el pie del talud produciéndose el deslizamiento; además cuando la lluvia es intensa y larga, el agua se canaliza por las grietas más profundas aumentando de esta manera las sub-presiones del terreno produciéndose una sobrecarga debida al propio peso del suelo y si el material es arcilloso también se produce la expansión del mismo.

En los diseños y construcción o reconstrucción de vías terrestres se debe considerar en la estabilización de los taludes, la pluviometría del sector.

2.3.2 Investigación geotécnica de los deslizamientos

Para la investigación de los deslizamientos se realizó los siguientes estudios en campo y en laboratorio:

- **En campo**

Reconocimiento visual del área de deslizamiento, identificándolo de la siguiente manera:

- Acumulación de material al pie del talud
- Presencia de grietas
- Hundimientos profundo o poco profundos
- Hendiduras, parecen cuchara en ladera

- Señales de flujos
- Laderas escalonadas, agrietadas y con escarpes
- a) Uso de fotografías
- b) Levantamiento topográfico de los taludes y deslizamientos
- c) Hidrología del sector
- d) Determinación de la superficie del deslizamiento
- **En laboratorio**
 - a) Obtención de muestras de suelo.
 - b) Los límites de Atterberg
 - c) Ensayo triaxial

2.3.3 Evaluación de la estabilidad

La evaluación teórica de estabilidad se la determina con el factor de seguridad mediante una modelación del comportamiento del talud, para lo cual se debe establecer primero los parámetros de resistencia al corte de los suelos como es: la cohesión y el ángulo de fricción realizando el ensayo de compresión triaxial de muestras inalteradas in situ.

- **Resistencia al corte de los suelos.-** La resistencia de falla a compresión de cualquier talud depende de su resistencia al corte del suelo, la cual es muy alta en comparación con la resistencia a tracción.
- **Cohesión.-** Indica la resistencia de adherirse las partículas de un material arcilloso.
- **Ángulo de fricción.-** Indica el ángulo en que la pendiente del talud ha llegado a alcanzar su estabilidad límite.
- **Ecuación de Coulomb.-** Se utiliza para determinar la resistencia que pone un suelo a ser separado en el momento de la falla, es decir, un material falla cuando el esfuerzo cortante en una dirección dada llega a ser igual a la resistencia cortante en esa misma dirección, viene dado por la expresión.

$$s = c' + \sigma' \tan \phi' \quad 1$$

En donde:

- s = resistencia al corte del suelo,
- c = resistencia efectiva por cohesión del suelo
- $\sigma' \cdot \tan \phi'$ = resistencia por fricción interna del suelo,
- σ' = esfuerzo efectivo normal,
- ϕ' = ángulo de fricción efectiva del suelo,
- $\tan \phi'$ = coeficiente de fricción interna del material.

A continuación se presenta la Tabla 1, sugerida por Suarez (2003) para seleccionar el factor de seguridad para el diseño de taludes.

Tabla 1: Factor de seguridad

Caso	Factor de Seguridad para Cargas Estáticas	Factor de Seguridad para Cargas Dinámicas $K_h = 0.5A$
Pérdidas de vidas humanas al fallar el talud	1.50	1.20
Pérdida de más del 30% de la inversión de la obra específica o pérdidas consideradas importantes	1.30	1.15
Pérdidas económicas no muy importantes	1.20	1.10
La falla del talud no causa daños	1.10	1.00

Fuente: Suarez, J.(2003). Deslizamientos: Técnicas de remediación.

Para lograr la estabilidad en un deslizamiento traslacional se debe procurar lograr obtener un factor de seguridad mayor a 1 aplicando la ecuación 2, debido a que el factor de seguridad está relacionado entre las fuerzas resistentes del suelo en las capas internas del mismo y las fuerzas actuantes del suelo que se encuentra sobre saturado, en donde el factor crítico es la inclinación del talud; como se observa en la Figura 5.

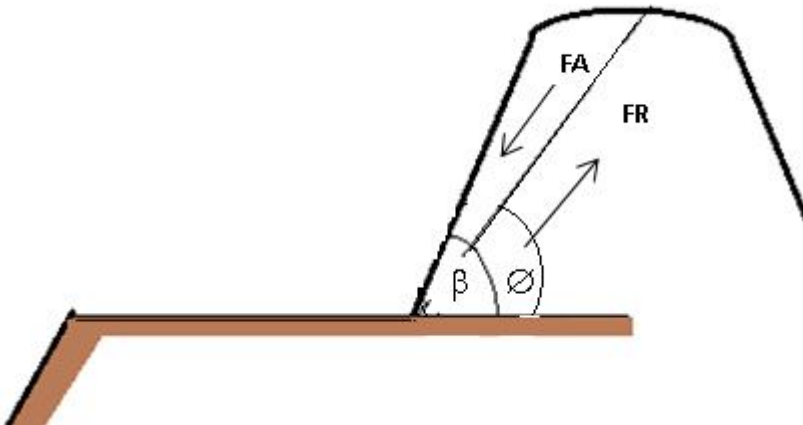


Figura 5: Parámetros del suelo para factor de seguridad en falla traslacional.

$$FS = \frac{FR}{FA} = \frac{\tan \phi}{\tan \beta} \quad 2$$

Dónde:

ϕ = ángulo de fricción interna.

β = inclinación del talud. Si $\beta > \phi$, entonces falla el talud.

En un deslizamiento rotacional, el factor de seguridad, viene dado por la ecuación 3 y está relacionado por el momento resistente de la fuerza resistente y el momento actuante del suelo, en donde el factor crítico por lo general es la altura del talud; como se observa en la Figura 6.

$$FS = \frac{cLR}{Wd} = \frac{\text{Cohesión} \times \text{Long. de falla} \times \text{Radio del círculo de falla}}{\text{Fuerza que ejerce la masa} \times \text{Dist. de la fuerza } W \text{ al centro de curvatura } O} \quad 3$$

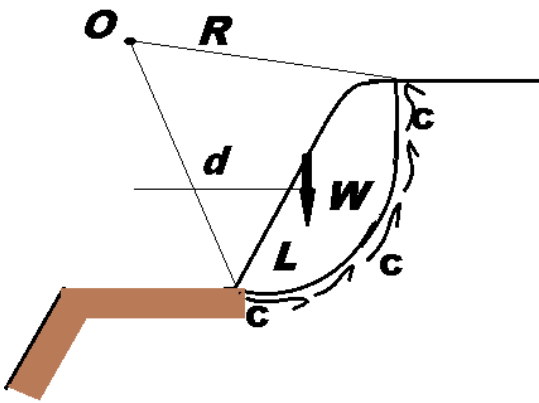


Figura 6: Parámetros del suelo para factor de seguridad en falla rotacional.

2.4 Modelación numérica de taludes

La modelación numérica se utiliza para el análisis de estabilidad o inestabilidad de taludes, aplicando diferentes métodos de equilibrio límite a los perfiles del talud en estudio, y así poder comparar la variación del factor de seguridad, y buscar cual será la técnica de estabilización.

Para la modelación numérica del presente proyecto se utilizara el software GeoSlope versión estudiantil de descarga gratuita.

El método de equilibrio límite utiliza el método de las dovelas; el cual es un análisis con rodajas verticales, es decir superficies individuales y busca o localiza superficies de posibles deslizamientos de un talud natural o artificial.

Los métodos que se aplican son: Bishop simplificado, Janbú simplificado, Spencer, GLE/ Morgenstern – Price, y un resumen de ellos se muestran en la Tabla 2.

Según Suarez (2003) indica que los factores de seguridad obtenidos por los Métodos de Bishop, Spencer y Morgenstern – Price son los más utilizados por los Ingenieros Geotécnicos en todo el mundo, debido a que son los más precisos aunque el de Bishop difiere en un 5%, y el de Janbu

por lo general difiere de 5% hasta el 30%. Esto se puede comprobar en las respuestas que se llega a obtener de las modelaciones numéricas de los taludes.

Tabla 2: Métodos de análisis de estabilidad de taludes

Método	Superficie de falla	Equilibrio	Características
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	De momentos	Asume que todas las fuerzas cortantes entre dovelas son cero. Reduciendo el número de incógnitas. La solución es sobredeterminada debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela.
Janbú simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma de superficie de falla	De fuerzas	Al igual que Bishop asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas. La solución es sobredeterminada que no satisface completamente las condiciones de equilibrio de momentos. Sin embargo, Janbú utiliza un factor de corrección F_0 para tener en cuenta este posible error. Los factores de seguridad son bajos.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma de la superficie de falla	Momentos y fuerzas	Asume que las fuerzas laterales siguen un sistema predeterminado. El método es muy similar al método Spencer con la diferencia que la inclinación de la resultante de las fuerzas entre dovelas se asume que varía de acuerdo a una función arbitraria.

Fuente: Suarez, J.(2003). Deslizamientos: Técnicas de remediación.

CAPITULO 3

MARCO GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

3. Marco general de la zona de estudio

3.1 Localización de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en el cantón Centinela del Cóndor perteneciente a la Provincia de Zamora Chinchipe en la vía que une Zumbi con la población de Paquisha en el tramo comprendido desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km.

En la Tabla 3, se presenta los taludes identificados con su respectiva localización geográfica (abscisas y coordenadas); en el Anexo I se detalla la ubicación de los tres taludes analizados.

Tabla 3: Localización geográfica de los taludes

TALUDES	ABSCISA (KM)		COORDENADAS			
	Inicio	Fin	INICIO		FIN	
			Este	Norte	Este	Norte
	6+500 KM	6+650 KM	751162.08	9566331.84	751360.17	9566397.44
	7+450 KM	7+550 KM	751836.82	9566397.44	751849.63	9566115.53
	8+000 KM	8+200 KM	751914.67	9565924	751952.39	9565531.48

Fuente: El autor

3.2 Topografía

En la Figura 7 se presenta un mapa de pendientes del tramo de estudio, como se puede observar, se ha clasificado las pendientes en cuatro categorías: Baja (0° - 11°), Media (12° - 23°), Alta (24° - 39°) y Muy Alta (40° - 83°). Los tres taludes objeto de estudio se enmarcan en una categoría Media a Alta ya que sus pendientes se hallan entre 12° a 39° de inclinación. Para obtener un mejor detalle de la configuración del terreno en los taludes estudiados, se realizaron levantamientos

topográficos puntuales y con ello obtener su sección transversal que servirá de base para la modelación matemática con el software respectivo.

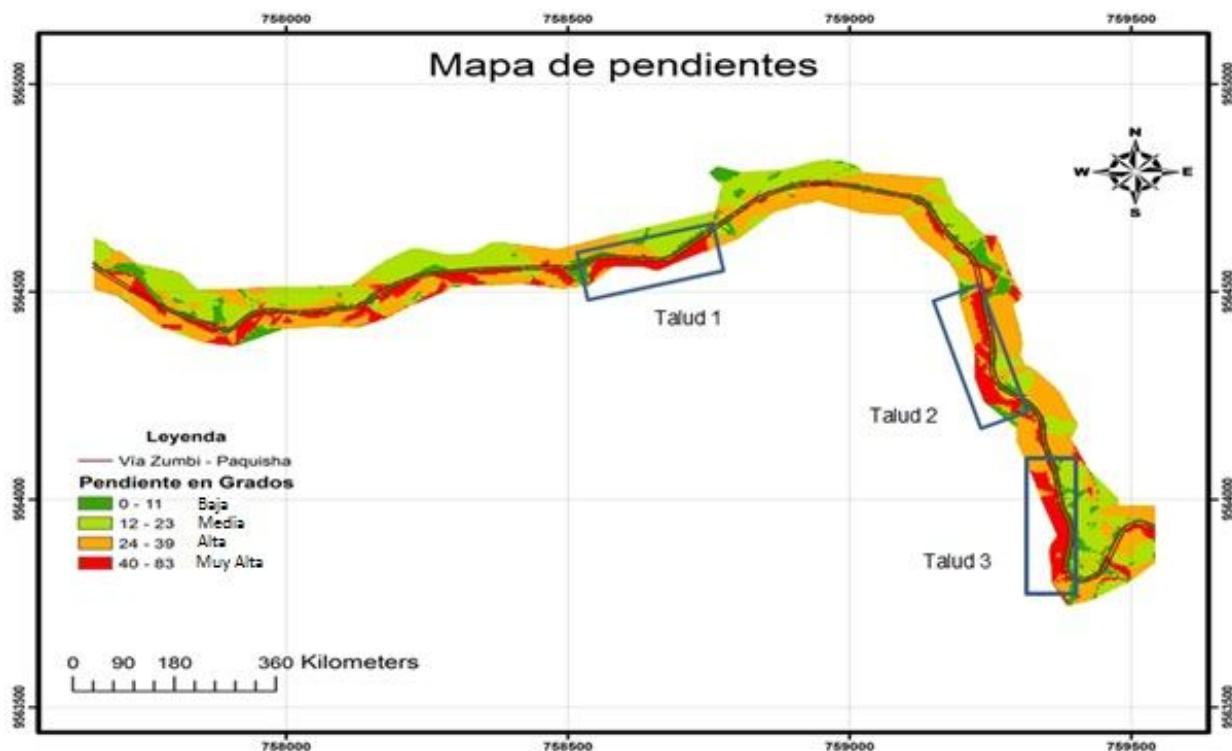


Figura 7: Mapa de pendientes desde la abscisa 5+500 Km hasta 8+200Km
Fuente: El autor

3.3 Climatología y precipitación

3.3.1 Clima

Centinela del Cóndor, tiene una temperatura anual que va desde los 18°C a 24°C, por lo que presenta un clima cálido – húmedo y estas temperaturas varían de acuerdo a la estación del año.

3.3.2 Precipitación

El análisis de precipitaciones mensuales de cada año de un sector, ayuda a determinar cuánto influye la lluvia en la inestabilidad de los taludes en función de la intensidad y concentración de precipitación. La caída de las gotas de agua sumado a los fenómenos de erosión provoca grietas tensionales en la corona del talud y la filtración del agua en el terreno, aumentando el peso de la masa del suelo y provocando su deslizamiento.

En Ecuador el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), cuenta con tres estaciones meteorológicas en la Provincia de Zamora Chinchipe ubicadas en los cantones de El Pangui, Yantzaza y Paquisha. Para el estudio del presente proyecto se optó por escoger la estación meteorológica del cantón Paquisha, por que registra mayor información y se encuentra

en la zona de influencia. La información general de esta estación es la que se indica a continuación:

- Longitud 78°38'26" Oeste Código M506
- Latitud 03°54'40" Sur Zona 7
- Elevación 650 msnm

Con la información obtenida del INAMHI desde el año 2002 hasta el 2008, se estructuró la Figura 8 que representa la Precipitación Media mensual y con ello se puede establecer los periodos de mayor intensidad de lluvias; es notorio que los meses más lluviosos empieza en febrero con una precipitación de 249.25 mm hasta julio con 287.04 mm, lo cual indica que las lluvias en el sector de estudio son frecuentes y altas.

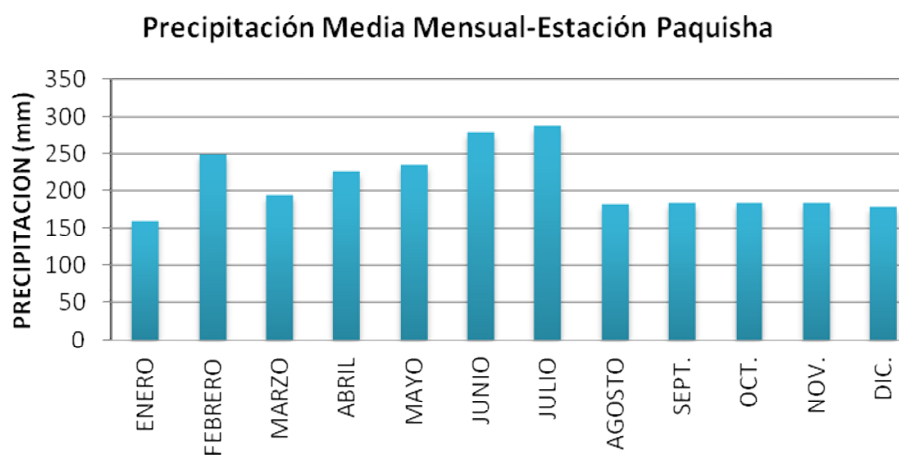


Figura 8: Grafica de precipitación media mensual desde el 2002 - 2008

Fuente: Elaborado por el Autor, con datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

3.4 Tipos de inestabilidad detectados en zona de estudio

A través de observaciones de campo fácilmente se detectó que existen fenómenos de erosión superficial (Figura 9) en las caras expuestas de los taludes que se generaron al momento de su conformación por acción antrópica. Generalmente en los cantones de Centinela del Cóndor y Paquisha los suelos se encuentran saturados por las frecuentes precipitaciones. Esta saturación del suelo hace que se produzcan flujos de lodo combinados (Figura 10) por restos de materia orgánica que son depositados y acumulados en la parte inferior de los taludes.



Figura 9: Proceso erosivo en la cara expuesta del talud.
Fuente: El autor

En la Figura 10 se muestra el talud que se halla entre la abscisa 6+500 Km hasta 6+650 Km cuya falla es de tipo traslacional con presencia de pequeños flujos de lodo que son transportados hacia la base del talud a través de las cárcavas que actúa como canales de descarga.



Figura 10: Presencia de Flujos de lodo (Talud 1)
Fuente: El autor

En otro talud que se ubica entre las abscisas 7+450 y 7+550 se observó la presencia de grietas tensionales existentes a lo largo de la corona del mismo y cuya falla presentada es de tipo rotacional con una superficie de rotura al pie del talud, como se observa en la Figura 11.



Figura 11: Deslizamiento rotacional y flujos (Talud 2)
Fuente: El autor.

El último talud (entre abscisa 8+000 y 8+200 Km) presenta una tipología de carácter rotacional. La mayor superficie está expuesta y presenta erosión, y flujos puntuales de lodo con presencia de materia orgánica tal como se muestra en la Figura 12.



Figura 12: Deslizamiento rotacional (Talud 3)
Fuente: El autor

3.5 Metodología de trabajo

3.5.1 Toma de muestra de suelo

Tanto en el talud 1 y talud 2, por la dificultad de tomar las muestras de suelo en el cuerpo y corona por la inclinación de los taludes, se realizó una calicata al pie del talud de cada uno de ellos como se indican en la Figura 13 y Figura 14. Las muestra fueron obtenidas mediante el empleo de una cuchara posteadora manual e introducidas en dos fundas plásticas con la respectiva identificación. En este punto la profundidad de muestreo se lo realizó a 1.50 m.



Figura 13: Calicata en Talud 1.
Fuente: El autor



Figura 14: Calicata en Talud 3.
Fuente: El autor

Por el fácil acceso a la corona, cuerpo y pie del talud 2 se pudieron obtener tres muestras de suelo en cada uno de los componentes del talud como se lo muestra en la Figura 15.



Figura 15: Calicatas en Talud 2
Fuente: El autor

3.5.2 Normativa utilizada y resultados de ensayos de laboratorio

Para la obtención de los parámetros geotécnicos necesarios para la modelación de los taludes, se utilizó la siguiente normativa:

- AASHTO T 248, AASHTO T-265, AASHTO T-89, AASHTO T-90 AASHTO T-88; mismas que se utilizaron para: Reducción de muestras, Determinación del contenido de humedad, Límite líquido, Límite plástico y Granulometría respectivamente.
- ASTM D2850 Ensayo de compresión triaxial.

En el Anexo III del presente trabajo se encuentran los resultados de los ensayos antes mencionados.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de los ensayos de contenido de humedad, límites (en porcentajes) y la correspondiente clasificación del suelo de cada uno de los muestreos realizados en los taludes de estudio.

Tabla 4: Resumen de la Clasificación de Suelos de los muestreos

Muestra	Prof. m	CH %	IP	LL %	LP %	CLASIFICACIÓN	
						SUCS	DESCRIPCIÓN
1	1.5	45.33	22	53	31	OH	Limos y arcillas orgánicas de alta plasticidad
2	1.5	16.71	14	26	12	MH	Limo de alta plasticidad
3	1.5	18.26	0	NP	NP	ML	Limos inorgánicos de baja plasticidad
4	1.5	26.33	11	32	21	SC	Arena arcillosa con plasticidad baja
5	1.5	45.88	12	37	25	ML	Limos inorgánicos de baja plasticidad

Fuente: El autor

La Tabla 5 muestra los resultados del ensayo de compresión triaxial realizado en cada una de las muestras de los taludes y que se emplearon para la modelación.

Tabla 5: Resultados del Ensayo triaxial

MUESTRA	Clasificación del suelo	Peso unitario (γ , kN/m ³)	Cohesión		Ángulo de fricción interna
			(Kg/cm ²)	(Kpa)	
M1	ML	18.933	0.330	32.363	6°
M2	ML	21.288	0.302	29.617	13°
M3	SC	16.510	0.194	19.026	7°
M4	MH	21.288	0.400	39.228	24°
M5	OH	17.020	0.472	46.289	23°

Fuente: El autor

3.6 Modelación numérica de los taludes identificados

Para la modelación matemática de los perfiles de los taludes identificados se utilizó el software GeoStudio Student Edition versión estudiantil. El programa permite realizar el cálculo de estabilidad de un talud (Slope/W) mediante los siguientes métodos: Bishop simplificado, Jambu simplificado, Spencer y Morgenstern-Price; en donde cada talud puede constar con tres tipos de suelos además de nivel freático.

En la Figura 16, se muestra la configuración inicial que se debe dar al programa, a continuación se enumerara los pasos que se deben seguir:

1. Al iniciar el programa se debe escoger crear un nuevo proyecto (, Create a new Project) con un análisis de estabilidad de taludes ().
2. El programa nos arrojará un cuadro donde se colocará el nombre del perfil a analizar, el tipo de análisis que se va a efectuar en nuestro caso se escoge Morgenstern-Price.

Para la configuración del talud con sus parámetros geotécnicos se tiene las siguientes pestañas:

La primera pestaña que se observa en la Figura 16, corresponde Ajustes (Settings) la cual permite colocar el nivel piezómetro o escorrentía superficial en el caso que tuviese.

La segunda pestaña corresponde a la configuración de la superficie de deslizamiento (Slip Surface), en donde se escogerá la dirección de movimiento de la masa del suelo del talud puede ser de derecha a izquierda o de izquierda a derecha o se puede analizar el talud en estado pasivo (reposo).

En cuanto al cálculo de la distribución del factor de seguridad se considera constante, y en la pestaña de avanzado se deja la configuración que presenta el programa por defecto.

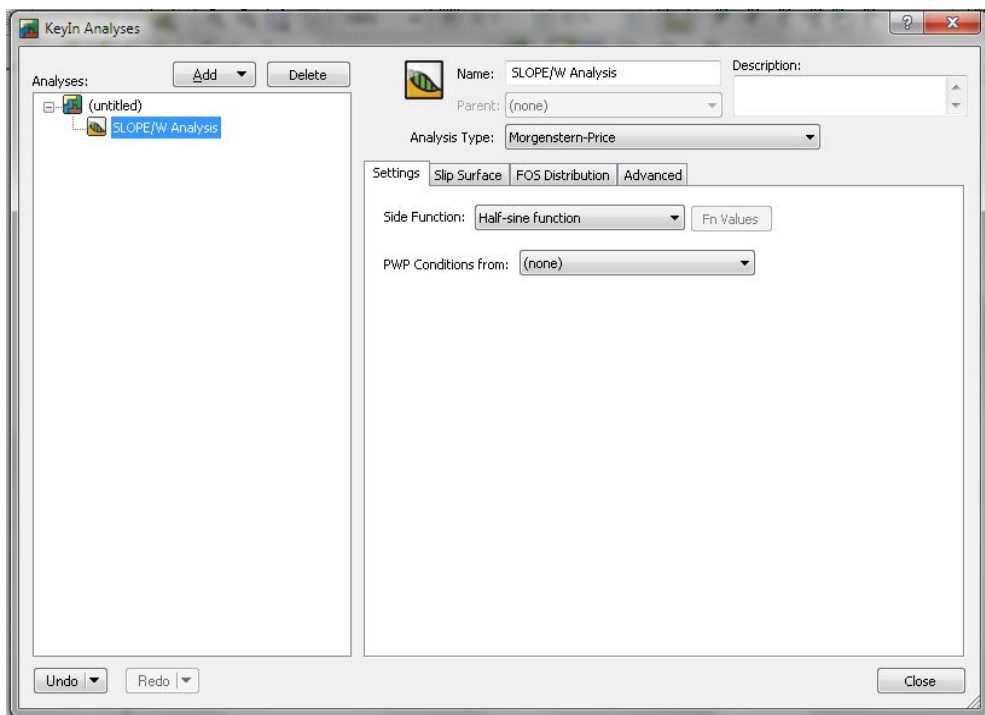


Figura 16: Interfaz de configuración del programa GeoSlope 2007
Fuente: El Autor

Posteriormente se procede a introducir la geometría de cada perfil (puntos y regiones), unidades, escala, ejes, el espaciado de la malla y las propiedades de los suelos obtenidos mediante el ensayo triaxial; en la Figura 17 se muestra el resultado de ingresar esta información referente al Talud 1.

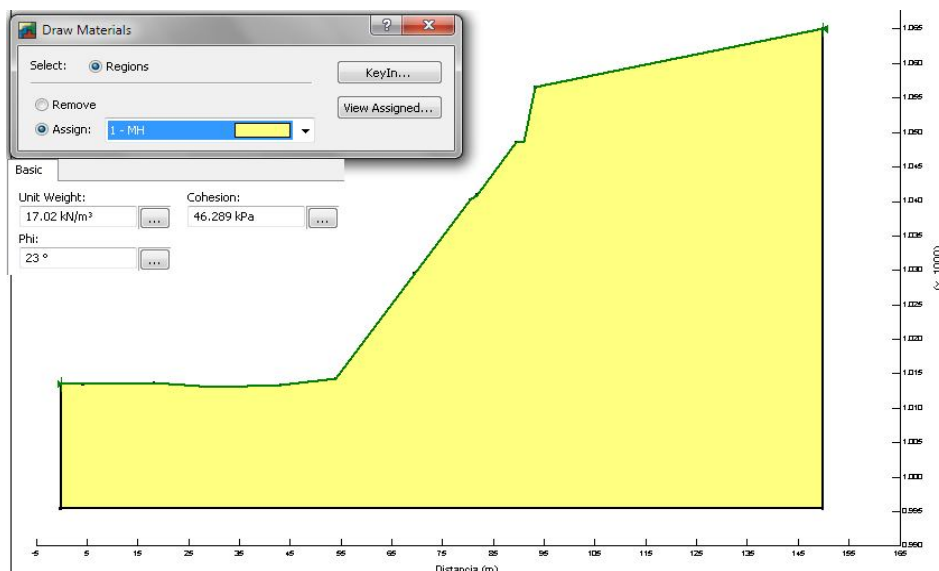


Figura 17: Contorno y características del suelo del perfil 1 del talud 1
Fuente: El autor

En las visitas de campo se observó que en el primer y tercer talud el agua proveniente de las precipitaciones se escurre por las caras expuestas de los taludes, mientras que en el segundo

talud el agua se filtra a través de las grietas, mismas que son bastante pronunciadas. Por lo tanto se procede a dibujar la línea piezométrica sobre el perfil del talud así como también se dibuja el radio de la superficie de deslizamiento, tal como se muestra en la Figura 18.

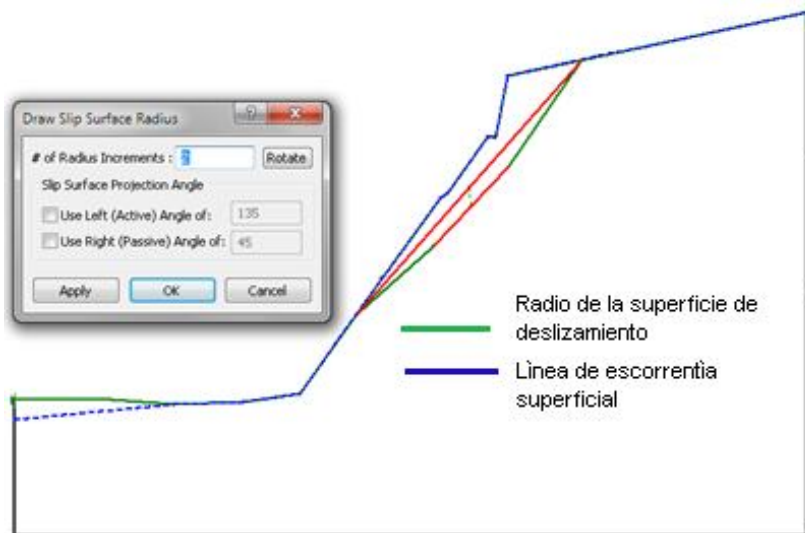


Figura 18: Línea piezométrica (azul), radio de deslizamiento (verde y rojo) del perfil 1 del talud 1
Fuente: El autor

Luego se procede a dibujar la malla de superficie de deslizamiento del perfil, inmediatamente después un cuadro de dialogo solicita el número de divisiones de la malla tanto en el eje X como en el eje Y para poder realizar el análisis, en este caso se colocó cinco divisiones en cada eje. - Figura 19.

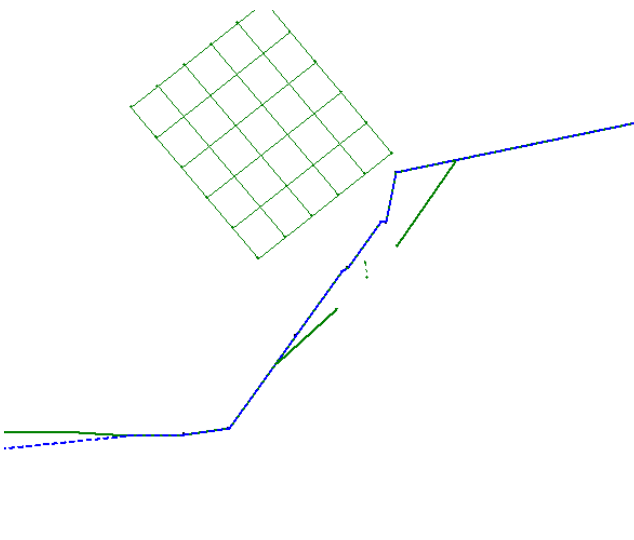


Figura 19: Malla de superficie de deslizamiento del perfil 1 del talud1
Fuente: El autor

Una vez introducida la información de las características del perfil, se procede a verificar si existen errores en la geometría, línea piezométrica, y propiedades del suelo, observar en la Figura 20.

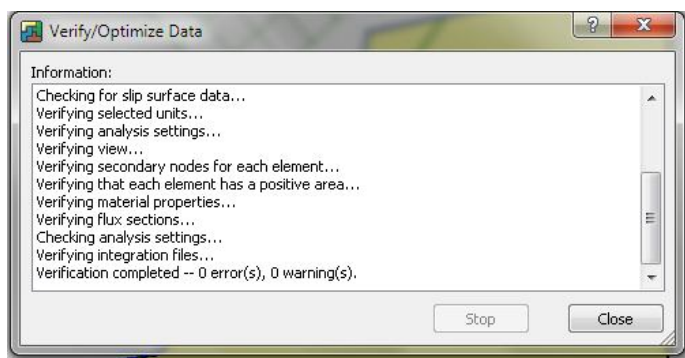


Figura 20: Verificación de errores del perfil del talud
Fuente: El autor

Finalmente se realizó el análisis del talud mediante el software para obtener los factores de seguridad y conocer su grado de estabilidad; entre el método más recomendado es el de Bishop y Morgenstern – Price por que realiza un análisis del factor de seguridad mediante la intervención de las fuerzas y momentos actuantes del suelo en los taludes. Las modelaciones fueron realizadas mediante el método de Bishop, Janbu y Morgenstern – Price.

A continuación se presenta en la Tabla 6 el resultado del factor de seguridad de las modelaciones del talud 1, en la cual se puede observar que el talud se encuentra estable en verano pero se vuelve inestable en invierno por acción de la lluvia.

Tabla 6: Factor de seguridad del talud 1

TALUD	PERFIL	MÉTODO DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD	
			Sin escorrentía s.	Con escorrentía s.
1	1	Bishop	1.212	0.962
		Janbu	1.184	0.879
		Morgenstern-Price	1.210	0.961
	2	Bishop	1.032	0.733
		Janbu	0.973	0.632
		Morgenstern-Price	1.028	0.731
	3	Bishop	1.226	0.882
		Janbu	1.160	0.805
		Morgenstern-Price	1.221	0.877

Fuente: Elaborado por el Autor

En la Tabla 7, se observa que el talud se encuentra estable en la mayoría del tramo de estudio no siendo así en la tercera parte del mismo en dirección hacia Paquisha, dado que en este lado se encuentra gran cantidad de excesos de flujos provocados por las lluvias, al igual que en el talud 1 este es inestable cuando existe la presencia de lluvias frecuentes.

Tabla 7: Factor de seguridad del talud 2

TALUD	PERFIL	MÉTODO DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD	
			Sin escorrentía s.	Con escorrentía s.
2	1	Bishop	1.275	1.110
		Janbu	1.259	1.062
		Morgenstern-Price	1.279	1.117
	2	Bishop	1.191	0.987
		Janbu	1.225	1.013
		Morgenstern-Price	2.339	0.432
	3	Bishop	0.965	1.032
		Janbu	0.948	0.996
		Morgenstern-Price	0.965	1.042

Fuente: Elaborado por el Autor

En cuanto al talud 3 se observa que se encuentra estable y que la lluvia afecta las dos terceras partes del mismo.

Tabla 8: Factor de seguridad del talud 3

TALUD	PERFIL	MÉTODO DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD	
			Sin escorrentía s.	Con escorrentía s.
3	1	Bishop	2.210	2.103
		Janbu	2.216	2.111
		Morgenstern-Price	2.213	2.106
	2	Bishop	0.878	0.812
		Janbu	1.022	0.868
		Morgenstern-Price	No solution	No solution
	3	Bishop	1.248	1.006
		Janbu	1.298	1.157
		Morgenstern-Price	1.368	1.215

Fuente: Elaborado por el Autor

De acuerdo a estos resultados, queda demostrado que la variación del factor de seguridad se ve afectado notablemente por la escorrentía superficial de las lluvias, produciendo erosión en los taludes con suelos limosos, arena arcillosa y además que no tienen cobertura vegetal (suelos propensos a erosión), también el agua de la lluvia va lavando poco a poco el suelo erosionado y saturando las capas inferiores del suelo, modifican notablemente la geometría de los perfiles que componen a los taludes.

3.7 Alternativas de estabilización de los taludes

Como método estabilizador se propone realizar un cambio de la geometría del talud y comprobar que el factor de seguridad aumente demostrando que es pertinente este método, y para el control de la erosión se propone la colocación de geosintético junto con un aditivo estabilizador como material de relleno en los taludes y en la corona de los mismos la colocación de un canal recolector de aguas lluvias. Como reseña general se tiene que los geosintéticos se han aplicado exitosamente en varios países en donde han tenido que estabilizar taludes con pendientes superiores al 70°, entre ellos tenemos; la ciudad de Perth de Escocia; en el Proyecto TV4 de Reino Unido, Estabilización de taludes "POKRITI VKOP MALECNİK"; Maribor, Eslovenia, México en taludes sumamente verticales de hasta 85° cuando suelen recomendar hasta 80°.

A continuación se presenta las tablas 9, 10 y 11 donde se observa la diferencia que existe entre el análisis de los taludes sin intervención de las lluvias, con intervención de las lluvias y el aumento notable del factor de seguridad cuando se realiza el cambio de la geometría superficial; esto se dará cuando se realice la limpieza de flujos en cada talud para la colocación de los geosintéticos y luego del aditivo estabilizador, mas no de cortes notables de los taludes ya que anteriormente los realizaron y estos no funcionaron cuando intervino la lluvia ya que no fue protegido el talud con cobertura vegetal o un método estabilizador a nivel superficial.

Tabla 9: Factor de seguridad – Talud 1 con cambio de geometría

TALUD	PERFIL	MÉTODO DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD		
			Sin escorrentía s.	Con escorrentía s.	Cambio de geometría
1	1	Bishop	1.212	0.962	1.385
		Janbu	1.184	0.879	1.323
		Morgenstern-Price	1.210	0.961	1.381
	2	Bishop	1.032	0.733	1.178
		Janbu	0.973	0.632	1.071
		Morgenstern-Price	1.028	0.731	1.174
	3	Bishop	1.226	0.882	1.320
		Janbu	1.160	0.805	1.218
		Morgenstern-Price	1.221	0.877	1.315

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 10: Factor de seguridad – Talud 2 con cambio de geometría

TALUD	PERFIL	MÉTODO DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD		
			Sin escorrentía s.	Con escorrentía s.	Cambio de geometría
2	1	Bishop	1.275	1.007	1.597
		Janbu	1.259	0.952	1.530
		Morgenstern-Price	1.279	1.019	1.606
	2	Bishop	1.191	0.987	1.405
		Janbu	1.225	1.013	1.476
		Morgenstern-Price	2.331	0.423	1.705
	3	Bishop	1.167	1.032	1.509
		Janbu	1.148	0.996	1.566
		Morgenstern-Price	1.172	1.042	1.661

Fuente: Elaborado por el Autor

Tabla 11: Factor de seguridad – Talud 3 con cambio de geometría

TALUD	PERFIL	MÉTODO DE ANÁLISIS	FACTOR DE SEGURIDAD		
			Sin escorrentía s.	Con escorrentía s.	Cambio de geometría
3	1	Bishop	2.210	2.103	
		Janbu	2.216	2.111	
		Morgenstern-Price	2.213	2.106	
	2	Bishop	0.878	0.812	1.332
		Janbu	1.022	0.868	1.925
		Morgenstern-Price	No solution	No solution	No solution
	3	Bishop	1.248	1.006	1.286
		Janbu	1.298	1.157	1.378
		Morgenstern-Price	1.368	1.215	1.448

Fuente: Elaborado por el Autor

En el **Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de caminos de bajo volumen de tránsito** del **Ministerio de transportes y comunicaciones** de la **República del Perú**, en la sección 300B de las Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, macadam granular, suelos estabilizados y otras superficies de rodadura; de acuerdo a la clasificación del tipo de suelo según la AASHTO luego correlacionada a la clasificación SUCS, estiman con exactitud el tipo de aditivo estabilizador que satisface las restricciones del suelo que compone el talud los cuales se muestran en la tabla 12, por lo tanto, haciendo comparaciones entre la tabla 4, 5 y 12 se presenta la tabla 13 que contiene el tipo de aditivo estabilizador recomendado para cada talud.

Tabla 12: Aditivo estabilizador recomendado

AREA	CLASE DE SUELO	TIPO DE ADITIVO ESTABILIZADOR RECOMENDADO	RESTRICCIÓN EN LL Y IP DEL SUELO	RESTRICCIÓN EN EL PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA 200	OBSERVACIONES
1A	SW ó SP	(1) Asfalto			
		(2) Cemento Pórtland			
		(3) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1B	SW- SM	(1) Asfalto	IP no excede de 10		
	SP - SM ó	(2) Cemento Pórtland	IP no excede de 30		
	SW -SC ó	(3) Cal	IP no menor de 12		
	SP - PC	(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1C		(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
	SM ó	(2) Cemento Pórtland	(b)		
	SC ó	(3) Cal	IP no menor de 12		
	SM- SC	(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2A		(1) Asfalto			Solamente material bien graduado
	GW ó GP	(2) Cemento Pórtland			El material debera contener cuanto menos 45% en peso del material que pasa la malla Nº 4
		(3) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2B	GW - GM ó	(1) Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado
		(2) Cemento Pórtland	IP no excede de 30		El material debera contener cuanto menos 45% en peso del material que pasa la malla Nº 4
	GP - GM ó	(3) Cal	IP no menor de 12		
	GW - GC ó	(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2C	GM ó	(1) Asfalto	IP no excede de 10		
		(2) Cemento Pórtland	(b)		El material debera contener cuanto menos 45% en peso del material que pasa la malla Nº 4
	GC ó	(3) Cal	IP no menor de 12		
	GM - GC	(4) Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
3	CH ó	(1) Cemento Pórtland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente acidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
	CL ó				
	MH ó	(2) Cal	IP no menor de 12		
	ML ó OH ó				
	OL ó				
	ML - CL				
(b) IP 20 + (50 -menos el % que pasa la malla Nº 200)/4 IP = Indice plástico				Sin restricción u observación No es necesario aditivo estabilizador	Referencia: US Army Corps of Engineers

Fuente: Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de caminos de bajo volumen de transito del Ministerio de transportes y comunicaciones de la República del Perú

Como se puede observar en la tabla 12 para el talud 1 se utilizara cemento portland, para el talud 2 se utilizara cemento portland con cal y para el talud 3 se utilizara cal.

Tabla 13: Aditivo estabilizador

Talud	Muestra	SUCS	Localizado	IP	LL	Aditivo estabilizador recomendado	Peso específico del aditivo estabilizador (1000 daN/m ³ (0.01 kN/m ³))
1	M5	OH	pie	22	53	Cemento pórtland	14 kN/m ³
	M2	ML	pie	12		Cal	10 kN/m ³
2	M3	SC	cuerpo	11	32	Cemento pórtland	14 kN/m ³
	M4	MH	corona	14		Cal	10 kN/m ³
3	M1	ML	pie	14		Cal	10 kN/m ³

Fuente: El autor y La tabla de pesos específicos de <http://www.lorenzosedivisor.com.ar>.

A continuación enunciaremos algunas ventajas de este aditivo estabilizador que ira acompañado de una geomalla y una geocelda, con el fin de:

- Formar una losa flexible y permanente, que impedirá los posibles agrietamientos que se puedan dar en época de verano y a su vez proteger al talud de los efectos agresivos del agua.
- Permite estabilizar taludes con pendientes superiores a 75°.
- Permite mejorar la capacidad de soporte, mejorando el rendimiento del suelo y con ello poder controlar la erosión.
- Gracias al fácil manejo y adaptabilidad de los geosintéticos en la geometría de los taludes, resulta económica la mano de obra porque no se requiere de técnicos especializados en la colocación y así mismo el tiempo de colocación de estos es corto, comparado con otras técnicas de estabilización.

Esta alternativa de estabilización esta propuesta tanto para los taludes de falla rotacional como traslacional. La combinación de materiales estabilizadores cubrirá todo el cuerpo del talud mediante ganchos de anclaje en el cuerpo del talud y una zanja de anclaje en la corona del talud.

La geomalla ayuda no solo a impedir la entrada de agua en el suelo sino también actúa como refuerzo para el suelo (estructura de contención), mientras que la geocelda ayuda a mantener el material de relleno colocado en cada celda y disminuir o eliminar los surcos que se forman debido a la escorrentía superficial a más de que disminuye la velocidad del caudal que atraviesa el talud.

En cuanto a las dimensiones de las geoceldas, diseño de zanja de anclaje y ganchos de anclaje se tomó como referencia el **Manual de Diseño e instalación de geoceldas 3D EnviroGrid para control de erosión**, y él mismo también ayuda en el diseño de la estabilización del talud.

Para el **Diseño de la Estabilización de los Taludes**, se escogerá primeramente la dimensión de la geocelda la cual ira íntimamente relacionada con la velocidad que se requiere que vaya el flujo del agua en el cuerpo del talud; para el presente caso será de 75 mm (3") como se muestra en la figura 21.

Concrete Infill Peak Flow Velocities and recommended EnviroGrid Section depths:

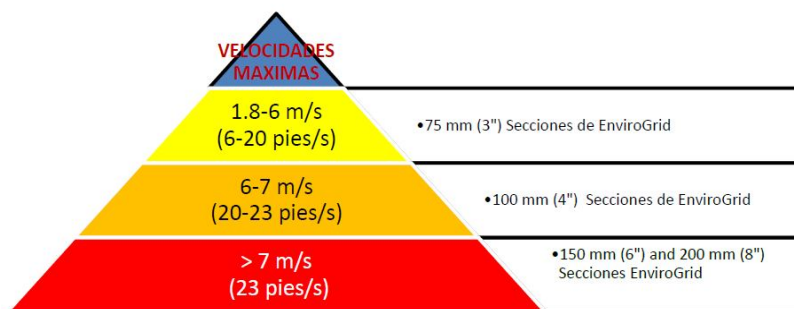


Figura 21: Velocidades recomendadas utilizando concreto

Fuente: Manual de Diseño e instalación de geoceldas 3D EnviroGrid para control de erosión

Luego se procede a determinar la fuerza neta de deslizamiento (**NSF**), es decir, la fuerza que debe vencer la geocelda para que el cuerpo del talud no sufra un deslizamiento junto con la geocelda; si la NSF es negativa, no se requiere anclaje, ya que la fuerza de fricción que ejerce la geocelda y la pendiente del talud, logran mantener este sistema de estabilización en su sitio. Para el cálculo de fuerza neta de deslizamiento (NSF), se utilizó la siguiente ecuación:

$$NSF = (H \times L \times \gamma) \times (\sin W - (\cos W \tan \phi)) \quad 4$$

En donde: NSF = Fuerza neta de deslizamiento, kN/m

H = altura de la celda, mm

L = longitud del perfil del talud que se va a cubrir, m

γ = peso unitario del material de relleno, kN/m³

W = ángulo de inclinación del talud, (°)

ϕ = ángulo de fricción efectiva del suelo,

A continuación, en la Tabla 14, 15 y 16, se muestran las fuerzas netas de deslizamiento de cada perfil de los taludes, y cambio de pendiente. El cálculo de NSF se puede observar en el Anexo VII: Características topográficas de los perfiles para Diseño de estabilización.

Tabla 14: Fuerza neta de deslizamiento – Talud 1

TALUD 1	NSF (kN/m)	H (mm)	H (m)	L (m)	γ (kN/m ³)	W TALUD (°)	ϕ (°)
Perfil 1	32.10	75	0.075	75.22	14	45	23
Perfil 2	51.20	75	0.075	119.76	14	45	23
Perfil 3	46.90	75	0.075	109.79	14	45	23

Fuente: El autor

Tabla 15: Fuerza neta de deslizamiento – Talud 2

TALUD 2	NSF (kN/m)	H (mm)	H (m)	L (m)	γ (kN/m ³)	W TALUD (°)	Ø (°)
Perfil 1	13.60	75	0.075	44.19	10	31	7
Perfil 2	54.60	75	0.075	103.22	14	37	7
Perfil 3	30.20	75	0.075	82.44	10	36	7

Fuente el autor

Tabla 16: Fuerza neta de deslizamiento – Talud 3

TALUD 3	NSF (kN/m)	H (mm)	H (m)	L (m)	γ (kN/m ³)	W TALUD (°)	Ø (°)
Perfil 1	12.30	75	0.075	34.78	10	34	6
	23.90	75	0.075	88.35	10	27	6
Perfil 2	12.90	75	0.075	23.85	10	52	6
	42.40	75	0.075	91.22	10	44	6
Perfil 3	1.40	75	0.075	26.56	10	10	6
	20.30	75	0.075	44.73	10	43	6

Fuente: El autor

En las tablas se observa que la NSF es positiva, lo que indica que los taludes necesitan algún tipo de refuerzo para sostener la geocelda en su lugar, y pueda cumplir con eficiencia la protección del talud frente a los daños que causan las lluvias; el detalle de la distribución de anclajes y tendones de poliéster, se muestra en la Figura 22.

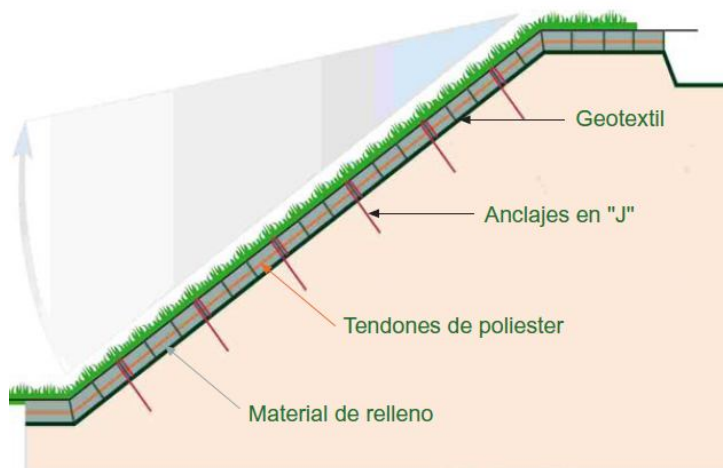


Figura 22: Instalación de geocelda

Fuente: www.aquanea.com

Con el fin de garantizar el buen desempeño de la geocelda se debe determinar un apropiado anclaje entre la geocelda y la pendiente del talud; por eso la cantidad y tipo de anclaje se determina considerando los siguientes factores:

- Densidad de la sub-base (carreteras)
- Peso y tipo de material de relleno

- Largo de la pendiente
- Grado de pendiente
- Condiciones ambientales o externas
- Ángulo interno de fricción del material de relleno y del suelo de la pendiente (solamente el menor de los dos deberá ser utilizado)
- Altura de EnviroGrid (geocelda)
- Presencia de geotextil o de geomembrana en el diseño.

Empezaremos diseñando la zanja de anclaje donde se enterrara los geosintético para que queden fijos o asegurados en el borde superior del talud; con el fin de que la geocelda resista las fuerzas de deslizamiento y también para evitar que el flujo de escorrentía superficial pase por debajo de la misma. El cálculo de la zanja de anclaje se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$L \times H = \frac{NSF \times \text{Factor de seguridad de diseño}}{\text{Peso unitario del suelo} \times \tan \phi} \quad 5$$

Dónde:

ϕ = ángulo interno de fricción del material de relleno (ángulo de reposo del material)
 ángulo de la superficie del suelo, el que sea más bajo.

Para el diseño de la zanja de anclaje que va en toda la parte superior de la corona del talud se utilizó un Factor de seguridad de diseño de 1.1 como se muestra en la Tabla 1 (Suarez, 2003); en donde se considera que la falla de los taludes no causa daños a la población.

Se tomara el resultado de la fuerza neta de deslizamiento mayor del perfil de cada talud y el ángulo de fricción del suelo por ser el menor ya que el de la cal y cemento es de 25°; este dato fue tomado de la tabla de Pesos específicos y ángulo de rozamiento interno de diversos materiales de http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/NormasMV/Tabla_2-2.asp.

A continuación se presenta la Tabla 17, donde se indica que la fuerza de deslizamiento a vencer del talud 1 es de 51.20 kN/m, del talud 2 de 54.60kN/m y del talud 3 es de 42.40kN/m; el material de relleno de la zanja de anclaje será de cemento el cual tiene un peso unitario de 14kN/m³ y un ángulo de fricción interno de 25°.

Tabla 17 : Dimensiones de zanja de anclaje

TALUD	NSF (kN/m)	FS	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	Zanja de anclaje		
					A (m ²)	Alto (m)	Largo (m)
1	51.20	1.1	14	25	8.7	2.90	3
2	54.60	1.1	14	25	9.2	3.07	3
3	42.40	1.1	14	25	7.2	2.40	3

Fuente: El autor

Para el talud 1 la zanja de anclaje será de 2.90m de alto por 3.00m de largo, para el talud 2 será de 3.07m x 3.00m y para el talud 3 será de 2.40m x 3.00m. En la Figura 23 se muestra como se debe realizar la excavación de la zanja de anclaje.



Figura 23: Instalación de geocelda en la zanja de anclaje

Fuente: www.geoproducts.org

Para la instalación de la geocelda, se colocara anclajes de barras de acero corrugado sometidas a tensión mediante el uso de ganchos tipo “J”, como se muestra en la Figura 22; uno de sus extremos es doblado a 180°. Estos ganchos se colocaran en todo el cuerpo del talud como se observa en la Figura 24.



Figura 24: Disposición de geosintéticos

Fuente: <http://nou.jardipond.com/producto/celdapond-geoceldas-confinamiento-celular/>

Como regla general se pide que la longitud recta de los ganchos de anclaje sea el triple de la altura de la geocelda, ó cuatro veces el diámetro de la barra ($4d_b$), pero no debe ser menor a 50cm (Código ACI 318S-05, Apéndice D).

Para determinar la cantidad de ganchos a utilizar para cada geocelda que se colocara en el talud es necesario tener las dimensiones de la misma, por eso se presenta las especificaciones de la geocelda EGA 40 a continuación:

- Material : polietileno de alta densidad, no degradable térmicamente
- Resistencia al agrietamiento ante agresiones medioambientales: 3.4 horas

En donde la presentación y las dimensiones de fábrica sugeridas de la geocelda son:

- Ancho y largo de celda expandida (mm): 508 x 475
- Ancho y largo de panel expandida (m): 2.56 x 13.72
- Superficie de panel expandido (m²) : 35.14
- Altura de la celda (se recomienda): 7.5 cm (3")

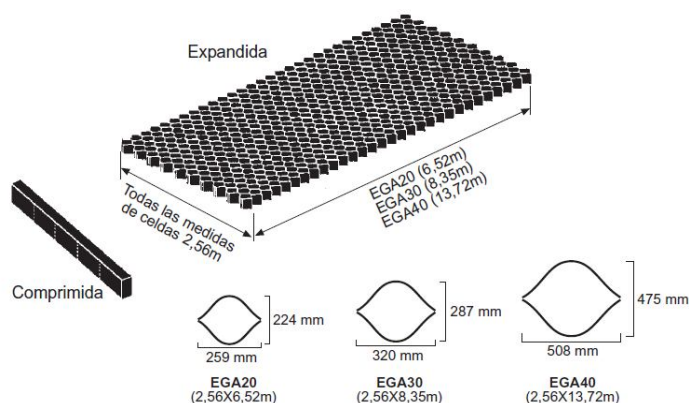


Figura 25: Dimensiones de geocelda EGA 40

Fuente: www.geoproducts.org

Para determinar la cantidad de ganchos de anclaje se estimó un factor de seguridad de diseño de 1.1 y para este cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\# \text{ Ganchos de anclaje} = \frac{\text{NSF} \times \text{Ancho del panel} \times \text{Factor de seguridad de diseño}}{\text{capacidad de arranque del gancho de anclaje}} \quad 6$$

En la Tabla 18 y 19 se presenta la cantidad de ganchos que deben colocarse en todo el ancho y largo del panel, el cual no debe ser menor a dos para poderlo anclar, se tomó como NSF las más altas de cada talud para proporcionar seguridad al diseño.

Tabla 18: Ganchos a los ancho del panel

TALUD	NSF (kN/m)	FS	Ancho del panel (m)	NSF (kN) panel	Capacidad de arranque ò tensión (kN) gancho	Cantidad de ganchos
1	51.20	1.1	2.56	131.07	5	29.0
2	54.60	1.1	2.56	139.78	5	31.0
3	42.40	1.1	2.56	108.54	5	24.0

Fuente: El autor

Tabla 19: Ganchos a lo largo del panel

TALUD	NSF (kN/m)	FS	Largo del panel (m)	NSF (kN) panel	Capacidad de arranque ó tensión (kN) gancho	Cantidad de ganchos
1	51.20	1.1	13.72	702.46	5	155.0
2	54.60	1.1	13.72	749.11	5	165.0
3	42.40	1.1	13.72	581.73	5	128.0

Fuente: El autor

En la Universidad Industrial de Santander, en la Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas de la Escuela de Ingeniería Civil de Bucaramanga; el alumno Jerson Fabián Rico Albarracín realizó la **Elaboración de un Manual para la estabilización de taludes por medio de pantallas ancladas**, en la página 74 nos indica que para obtener resistencia mínima a tensión de la barra de acero se la calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_D \leq 0.6f_{pu}A_s * 100$$

7

Dónde:

A_s = área de la sección transversal de la barra de acero de anclaje (m²)

T_D = carga de diseño de anclaje (kN)

f_{pu} = resistencia mínima a la tensión especificada de presfuerzo de acero (Mpa)

El área del acero se tomó de $2.01 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ que corresponde a una varilla de 16mm de diámetro, $f_{pu} = 420 \text{ Mpa}$; remplazando estos datos en la ecuación nos da como resultado una carga de diseño de anclaje de 5.06 kN.

En la parte inferior de la geocelda se colocara una PP geomalla biaxial GG5050; que permita mejorar la capacidad de soporte, mejorando el rendimiento del suelo. A continuación se presentan las siguientes especificaciones técnicas de la misma:

- Material : polímero
- Resistencia a la tensión 2% Deformación: 17.5 kN/m
- Resistencia a la tensión 5% Deformación: 35.0 kN/m
- Resistencia a la tensión pico: 50 kN/m
- Resistencia ultima: 13%

En donde la presentación y las dimensiones de fábrica sugeridas de la geomalla son:

- Ancho del rollo: 3.95 m

- Longitud del rollo: 50m
- Peso del rollo

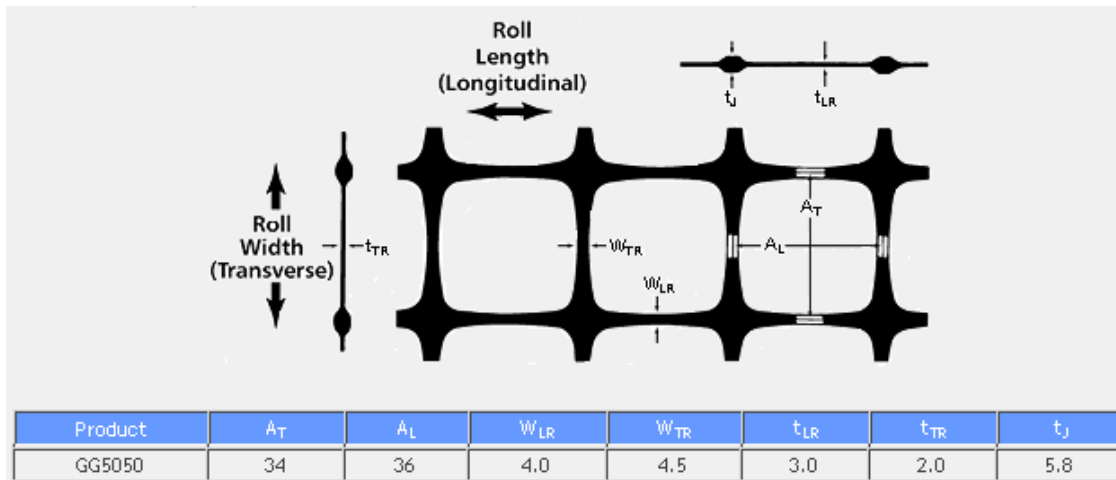


Figura 26: Dimensiones de PP geomalla biaxial GG5050

Fuente: <http://www.tamodern.com/Spanish/geogrid-10.html#bi>

En la Figura 27 se presenta un detalle de cómo debe quedar anclado los geosintéticos en la zanja de anclaje en la corona del talud, con sus respectivos ganchos.

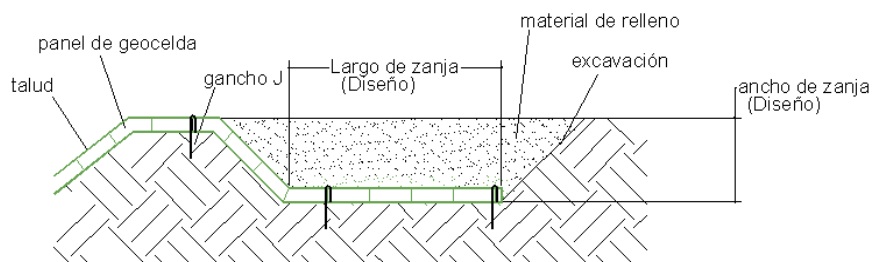


Figura 27: Zanja de anclaje en la corona del talud

Fuente: www.tenax.net

En la Figura 28 se observa que el diámetro del gancho será de 14 ó 16mm con una longitud de 50 a 100 cm, también nos muestra la conexión que va a existir entre el suelo, geocelda y material de relleno y como queda colocado el gancho de anclaje.

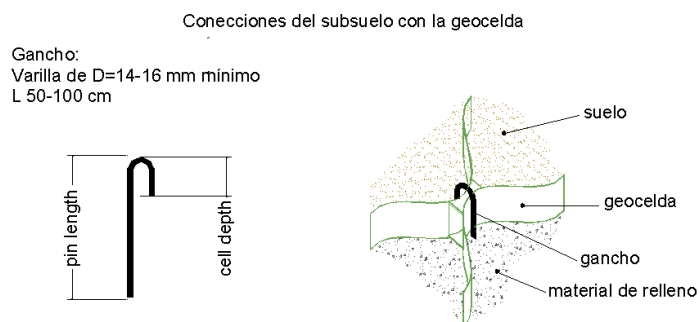


Figura 28: Conexiones del subsuelo con la geocelda.

Fuente: www.tenax.net

Luego se procede al diseño de las cunetas de coronación del primer y tercer talud, las mismas que se recomienda colocarlas a cinco metros como mínimo separado de la corona del talud para interceptar las aguas lluvias y reducir la escorrentía superficial.

Para poder realizar el diseño de la cuneta de coronación se realizó un análisis pluviométrico de los días más lluviosos de cada mes (Tabla 20) por un periodo de treinta años (1982-2011) el cual se puede observar en el Anexo V: Análisis pluviométrico. Los datos fueron un aporte del INAMHI.

El análisis pluviométrico de las curvas I-D-F se lo realiza con el fin de obtener la ecuación general de intensidad (8) de la zona de estudio, mediante la representación de la función de distribución de probabilidad de Gumbel, en donde se obtuvo la siguiente ecuación:

$$I = 91.20 \frac{T_r^{1.012}}{t^{4.83}} \quad 8$$

En donde:

- Tr periodo de retorno
- t tiempo, min
- I intensidad, mm/hr

Luego, se procede a calcular el caudal de diseño para cada talud, mediante el Método de Chow (Anexo V: Análisis pluviométrico) y se obtuvo los siguientes caudales:

- Talud 1 tiene un caudal de diseño de 0.77 m³/s
- Talud 3 tiene un caudal de diseño de 0.93 m³/s

Posteriormente se realizar el diseño de la sección de la cuneta de coronación será de concreto y geocelda; mediante el software HCanales V 3.0, el cual fue creado para fines académicos por el ingeniero peruano Máximo Villón Bejar profesor e investigador de la Escuela de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

En el diseño de la cuneta de coronación se escogió un diseño de máxima eficiencia hidráulica y como coeficiente de rugosidad de Manning de 0.011 correspondiente a un canal de concreto muy liso, el cual tendrá una resistencia 210 Kg/cm², con el fin de evitar que el concreto sea erosionado por el agua se recomienda que la pendiente del canal sea del 2% , y se toma como recomendación que la velocidad del flujo debe estar entre 1.3m/s a 4m/s para evitar el desgaste en las paredes del concreto del canal, según Suarez (2003).

Tabla 20: Precipitación máxima diaria (mm) durante treinta años

AÑO	PRECIPITACIÓN MAXIMA DIARIA (mm)												Prec. Max.
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	
1982											4.3	9.3	9.3
1983	9.4	3.1	3.7	3.3		2	3.1					59.7	59.7
1984	33.9	50.6	91.8	74.3	100.8	48.8	32.8	100.9		40.7	77	18.7	100.9
1985	36.5	78.9	81.2	77.3	83.1	54.5	45.8						83.1
1986	18.6	30.7	105.5	70.8	77.8	73.5	56.8	56.6	74.9				105.5
1987	56.2	55.1	73.7	44.2	33.8	35.8	57.8	56.5	34.5	34.5	45	43	73.7
1988	47.8	43.1	32.5	42.1	34.3	32.9	43	27.6	19.4	17.4	12	14.9	47.8
1989	8.1	9.1	15.4	21.6	11	21.3	27	66	16.7	28.1	9.5	24.1	66
1990		5.9	9.7	11.6	14.3	14.6	20.2	8.1	15.5	31	32.1	30.1	32.1
1991	22.3	18.2	40.1	34.4	25.8	44.6	42.8	24.1	61.8	73	32.9	52.8	73
1992	25.4	45.8	36	56.3	16.6	37.7	24.2	35.2	20.3	20.9	43.7	53.6	56.3
1993	19.5	49.9	49	50.6	49.5	34.6	69	36.8	23.1	31.5		21.2	69
1994	43.6	21.3	67.3	28.8	30.6	14.4	56.7	16	31	41.6	20.2	31	67.3
1995	33.1	46.1	23	28.6	66.7	19.3	46.9	28.8	39.6		49.4	25.2	66.7
1996	42	29.6	37	49.7	66.6	44.7	36.3	35.9	45.8	36.3	6.2	19.9	66.6
1997		30	16.7		23.1	25.8	32.4	17.5	27.7	12.2	18.6	26.4	32.4
1998	32	34.2	33.4	24.5	27.7	18.9	18.5	18.3	14.8	28.7	22.3		34.2
1999	26	21.4	10.7	20.8	24.8	22.8	20.6	20.1		14.8	12.5	16.5	26
2000	19.3				18.9	16.5	22.1		20.2	14.2	15.2		22.1
2001						17.3	18.8			17			18.8
2002	18.1				16	20	37.5	15.6	19.1	18.5	14.5	10	37.5
2003	13.8	18.2	13	13.9	21.6	13.8	25.4	15	9.9	4.3	18.4	14.6	25.4
2004	13	12.5	17		31.9	36.5	37.6	14.2	15.7	22.2	39.4	12	39.4
2005	10	20.1	21.3	31.4	23.3	62	26.6	29.2	29.6	35.5	33	39.5	62
2006	45.3	41.5	14.5	34.6	29.1	26.3	36.7	45.5	25.1	43.8	51.4	42.3	51.4
2007	34.2	16.8	31.5	80.4	36.5	38.1	28	32.8	31.1	31.2	28.4	31.2	80.4
2008	31.9	66.9	44.6	22.5	30.9	18.5	35.1	26.7	30.5	26.5	57	18	66.9
2009	23	34.4	41.5	34.7	23.7	27.8	41.1	49		29.1	33.5	23	49
2010	26.8	25.6	20.2	21	18.5	18.5	15.3	18.3	12		17.7	13.2	26.8
2011	15	18.9		23.5		11.7	21.4	7.8	12.3	21.7	19.9		23.5
Prec. Max. Mensual	56.2	78.9	105.5	80.4	100.8	73.5	69	100.9	74.9	73	77	59.7	1572.8

Fuente: INAMHI

En cuanto al borde libre **La secretaria de Recursos Hidráulicos de México**, recomienda los siguientes valores en función del caudal (Tabla 18):

Tabla 21: Borde libre en función del caudal

Caudal (m ³ /seg)	Revestido (cm)	Sin revestir (cm)
≤ 0.05	7.5	10
0.05 – 0.25	10	20
0.25 – 0.50	20	40
0.50 – 1.00	25	50
≥ 1.00	30	60

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación, Boletín Técnico N-7

En la tabla 22 se presenta un resumen de los resultados obtenidos del diseño, y se propone como medidas finales del canal de diseño que tenga 0.6 m de alto por 0.7 m de ancho.

Tabla 22: Resumen de diseño de cuneta de coronación

Talud	Caudal (m ³ /seg)	Velocidad (m/seg)	Tirante (m)	Ancho de solera (m)	Borde libre (cm)
1	0.77	3.78	0.32	0.64	25
3	0.93	3.96	0.34	0.68	25

Fuente: El autor, HCanales V 3.0, y Ministerio de Agricultura y Alimentación, Boletín Técnico N-7

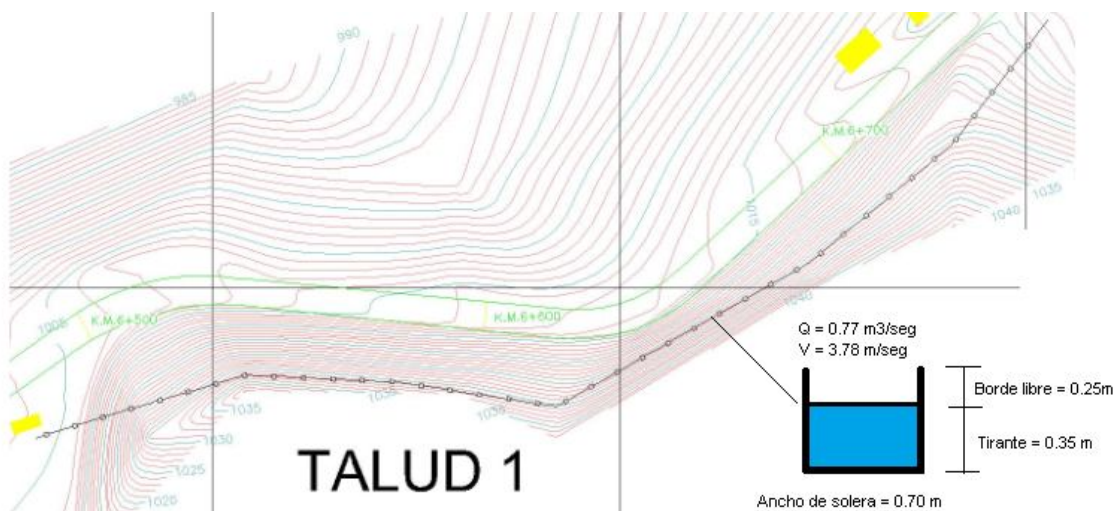


Figura 29: Esquema de dimensiones de cuneta de coronación y localización topográfica – Talud 1
Fuente: El autor

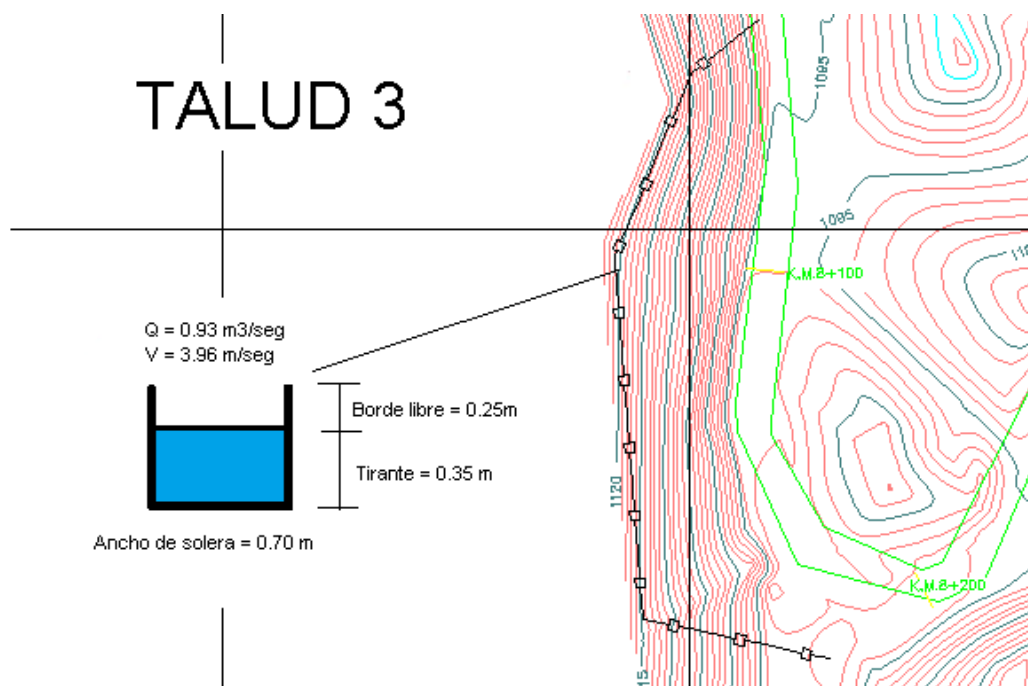


Figura 30: Esquema de dimensiones de cuneta de coronación y localización topográfica – Talud 3
Fuente: El autor

Para la construcción del muro con geoceldas se procederá de la siguiente manera:



Figura 31: Limpieza del talud para colocar geosintético

Fuente: El autor

- Se realizara una limpieza del material suelto o flujos que se encuentra en el cuerpo (superficie sin cobertura vegetal) y al pie del talud, como se muestra en la Figura 31, con el fin de que cuando se anclen los geosintéticos como se muestra en la Figura 22, se lo haga en el suelo firme del perfil del talud.
- Se realizara la excavación de la zanja de anclaje de acuerdo a las dimensiones obtenidas para cada talud.
- Sobre el talud ya limpio y realizada la zanja de anclaje para los geosintéticos se procede a la colocación de la geomalla (parte inferior) junto con la geocelda de 75mm (parte superior). Como se puede observar en la Figura 27 estos geosintéticos van enterrados en la zanja de anclaje, mientras que los ganchos de anclaje irán en todo el cuerpo del talud como se observa en la Figura 28.
- Una vez, instalados los geosintéticos se procede a rellenar la geocelda a no más de un tercio de la altura de la celda con el aditivo estabilizador, para que permita el recorrido del flujo hidráulico a través de las perforaciones que tiene cada celda como se observa en la figura 24.
- Finalmente se colocara una cuneta de coronación en la parte superior del talud a unos cinco metros mínimo de separación desde el filo de la misma, con el fin de recoger el máximo caudal posible de agua el cual será desviado hacia las cunetas o alcantarillas más cercanas de la vía, la desviación de las mismas se lo hará mediante tubos de PVC.

CONCLUSIONES

- ⌘ La topografía de la zona de la vía Zumbi-Paquisha tiene una característica de ser muy irregular y accidentada, la cual ha provocado que dentro del diseño original existan cortes muy elevados, poca cobertura vegetal, los que colaboran con el incremento del riesgo en zonas de suelos limosos, arcillas limosas y arcillas arenosos de poca cohesión; tal como queda indicado en los anexos de ensayos de laboratorio.
- ⌘ En el sector la mayoría de suelos son limosos, lo cual afecta notablemente la estabilidad de los taludes en temporada invernal provocando la erosión superficial.
- ⌘ Como método estabilizador se propone el cambio de la geometría de los taludes mediante la limpieza de los flujos que contiene cada uno; en donde, se demuestra el aumento del factor de seguridad como se muestran en las tablas 9, 10 y 11.
- ⌘ Como medida de estabilización para las constantes e intensas lluvias del sector, se propone la colocación de tres elementos que protegerán a los taludes como es; un aditivo estabilizador de cemento pórtland y cal en la parte superior del talud, bajo este se colocara una geocelda EGA 40 de 75 mm de alto y finalmente entre la geocelda y el suelo del talud se colocara geomalla biaxial GG5050, para evitar la erosión e infiltración y aumentar de esta manera la resistencia y cohesión de los materiales del talud.
- ⌘ Los geosintéticos en el borde superior del talud serán enterrados en una zanja de anclaje y el resto del panel será asegurado con ganchos de anclaje de acero corrugado en forma de “J” con una capacidad de arranque de 5 kN.
- ⌘ Como medida de control de la escorrentía superficial se propone la colocación de cunetas de coronación (canal rectangular) en el primer y tercer talud de 0.6m de alto por 0.7 m de ancho. En la altura del canal ya se encuentra incluido 25 cm de borde libre.
- ⌘ El tipo de falla detectada en el primer talud es de tipo traslacional mientras que en el segundo talud tiene una falla rotacional al pie del talud y en el tercer talud existe la presencia de una tipología de carácter rotacional, los mismos que son activados en época invernal por intervención de las constantes lluvias.

RECOMENDACIONES

- ℵ Para la estabilización de los taludes se recomienda la construcción de las cunetas de coronación y colocación de geosintético junto con el aditivo estabilizador determinado para cada tipo de suelo.
- ℵ Con el fin de aumentar la productividad y desempeño de los trabajos a realizarse se recomienda que la estabilización se la realice en los meses menos lluviosos del sector.
- ℵ En el levantamiento topográfico y de muestreo de suelos, se recomienda realizarlas con el mayor de los cuidados para su precisión, ya que de esto depende obtener realizar una buena investigación científica.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Lee W. Abramson, Thomas S. Lee, Sunil Sharma, Glenn M. Boyce.,**(2002). Slope stability and stabilization methods, Second Edition, United States of America. Editorial John Wiley & Sons, Inc.
2. **Das, Braja.,** (2006). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*, quinta edición, México. Editorial Thomson.
3. **Suárez, J.** (2003). Deslizamientos; Análisis Geotécnico. Tomo 1.
4. **Duncan, J.M.** (2000). "Factors of safety and reliability in geotechnical engineering." J. Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, April, pp. 307-316.
5. **Gobierno Municipal de Centinela del Cóndor.** Extraído el 13 de septiembre del 2011. Disponible en : <http://www.centineladelcondor.gob.ec> (Junio 2011)
6. **Generalitat Valencia. Conselleria D'Infraestructures, Territori I medi Ambient.** Factores que intervienen en la inestabilidad del terreno. Disponible en: http://www.cma.gva.es/areas/urbanismo_ordenacion/infadm/publicaciones/pdf/litologia/48_54factor.pdf (Junio 2011)
7. **Jaime Suarez Días Bucaramanga – Colombia.** Calculo del factor de seguridad de un talud. Disponible en: http://ocw.uis.edu.co/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/clase-4/Factores_de_seguridad_Equilibrio_limite.PDF (Enero 2012)
8. **Universidad Industrial de Santander.** Esfuerzo y resistencia al cortante. Disponible en: http://ocw.uis.edu.co/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/clase-3/3_Esfuerzo_y_resistencia_al_cortante.pdf (Sept. 2012)
9. **Manual de taludes.** Instituto geológico y minero de España. Serie: Geotecnia. (ENERO.2013)
10. **Jóse Horacio Rivera-Posada.** Control de cárcavas remontantes en zonas de ladera mediante tratamientos biológicos. Disponible en: http://www.oocities.org/biotropico_andino/cap2.pdf (OCT.2012)
11. **Universidad Industrial de Santander.** Elaboración de un Manual para la estabilización de taludes por medio de pantallas ancladas. Bucaramanga. Alumno Jerson Fabián Rico Albarracín
12. www.geoproducts.orf
13. www.aquanea.com
14. <http://www.lorenzoservidor.com.ar>.

- 15.** <http://www.dywidag-sistemas.com/referencias/estabilizacion-de-taludes/utilizacion-de-anclajes-autoperforantes-huecos-en-reino-unido.html>
- 16.** <http://www.dywidag-sistemas.com/referencias/estabilizacion-de-taludes/estabilizacion-del-talud-maribor-eslovenia.html>
- 17.** <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/019670/Paginas/22.htm>
- 18.** <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/019670/Paginas/3arre.htm>
- 19.** <http://www.monografias.com/trabajos19/canales/canales.shtml>
- 20.** http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/NormasMV/Tabla_2-2.asp

ANEXO I

LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

VIA ZUMBI - PAQUISHA DESDE LA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

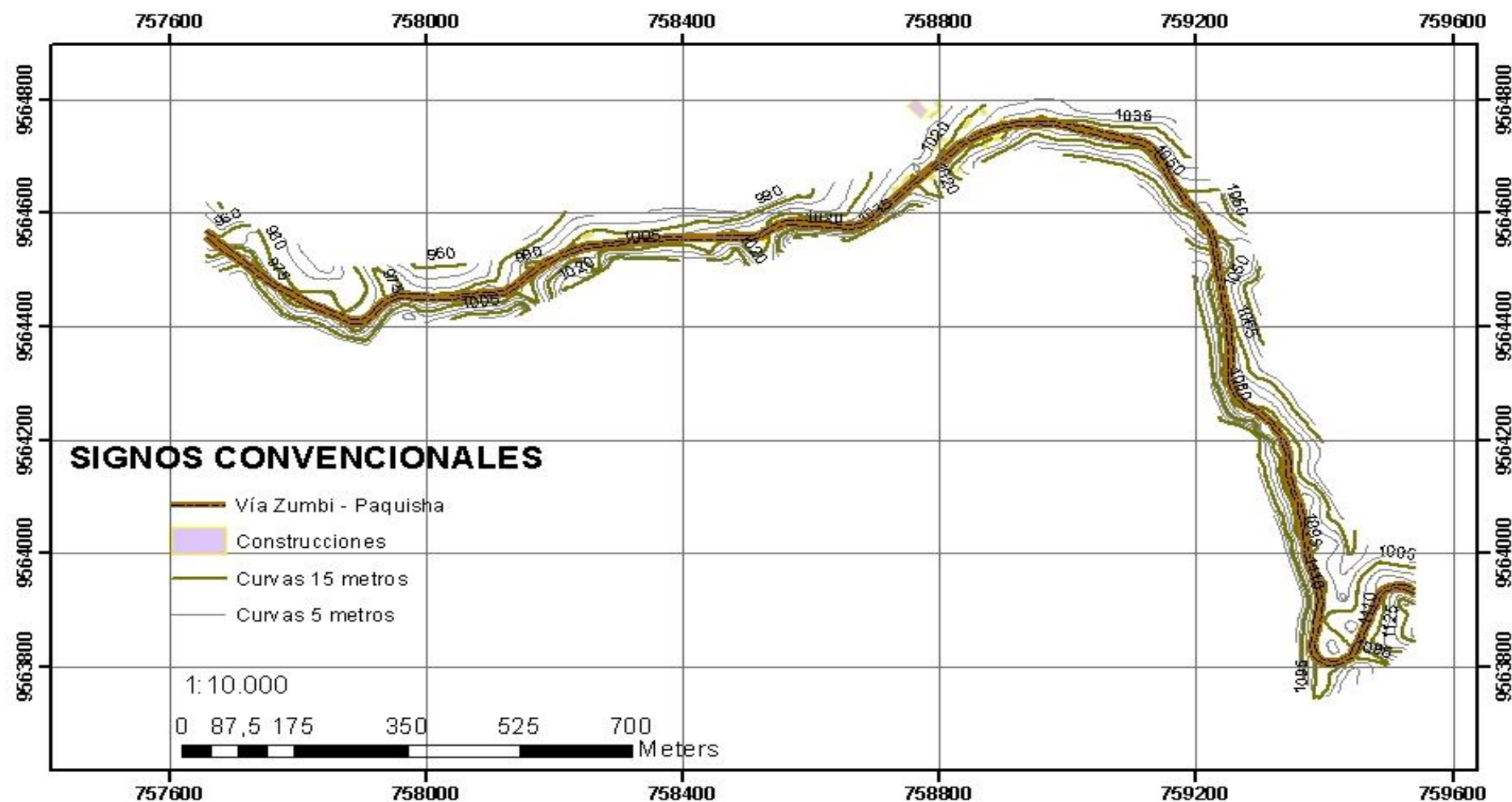


Figura 32: Mapa de la vía Zumbi-Paquisha abscisa 5+500 Km hasta 8+200 Km
Fuente: El autor

CURVAS DE NIVEL DE TALUDES

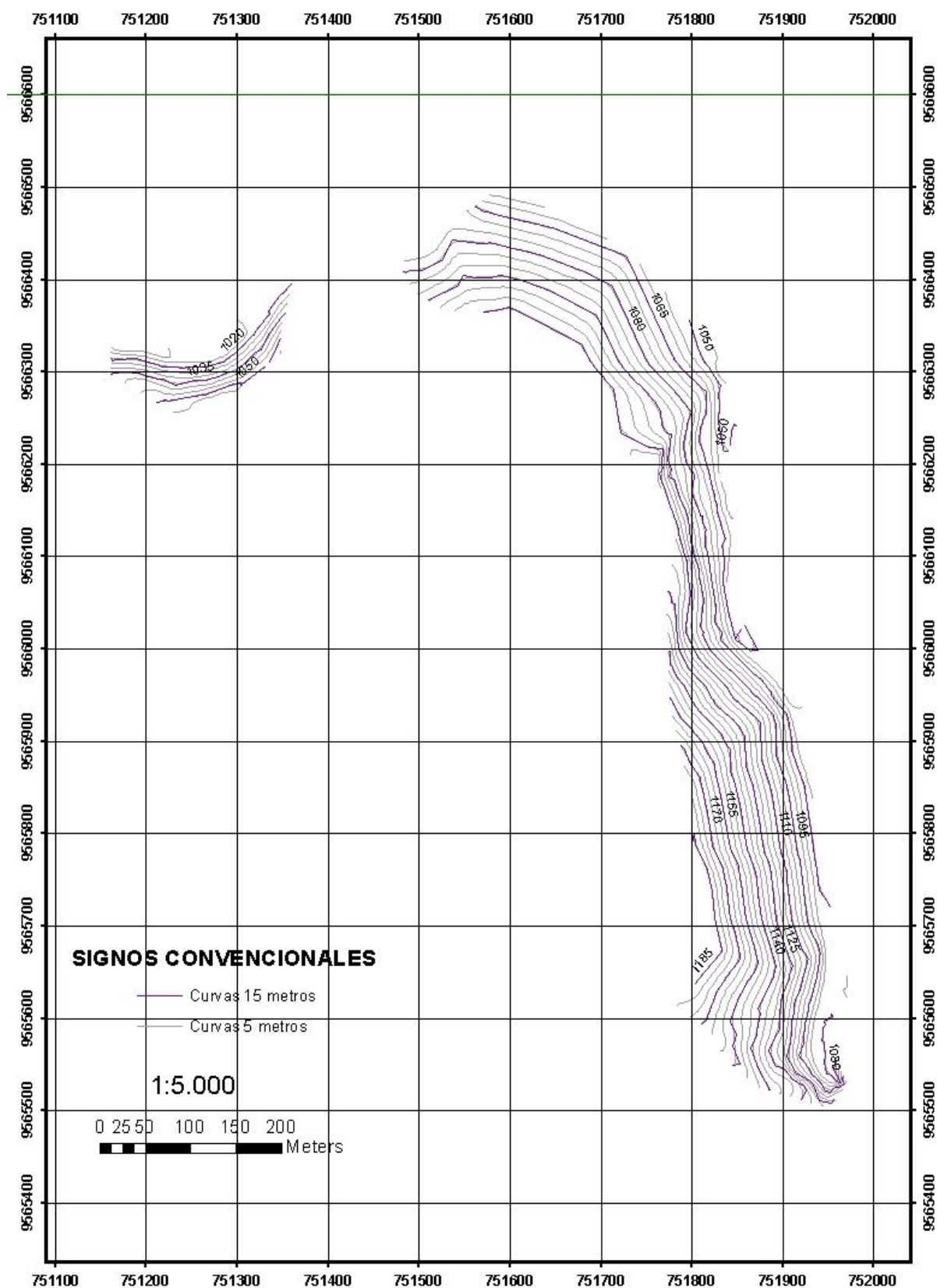
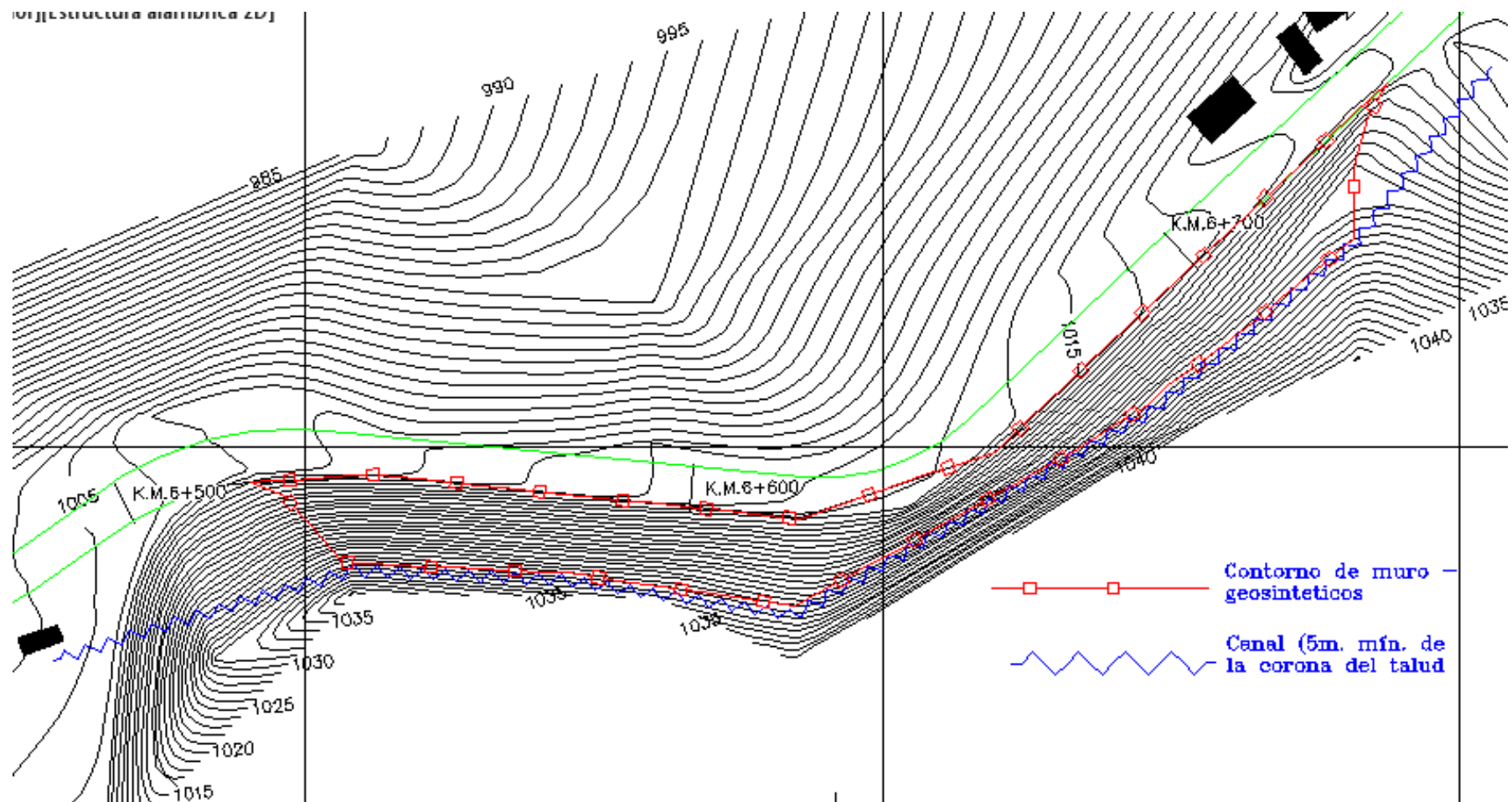
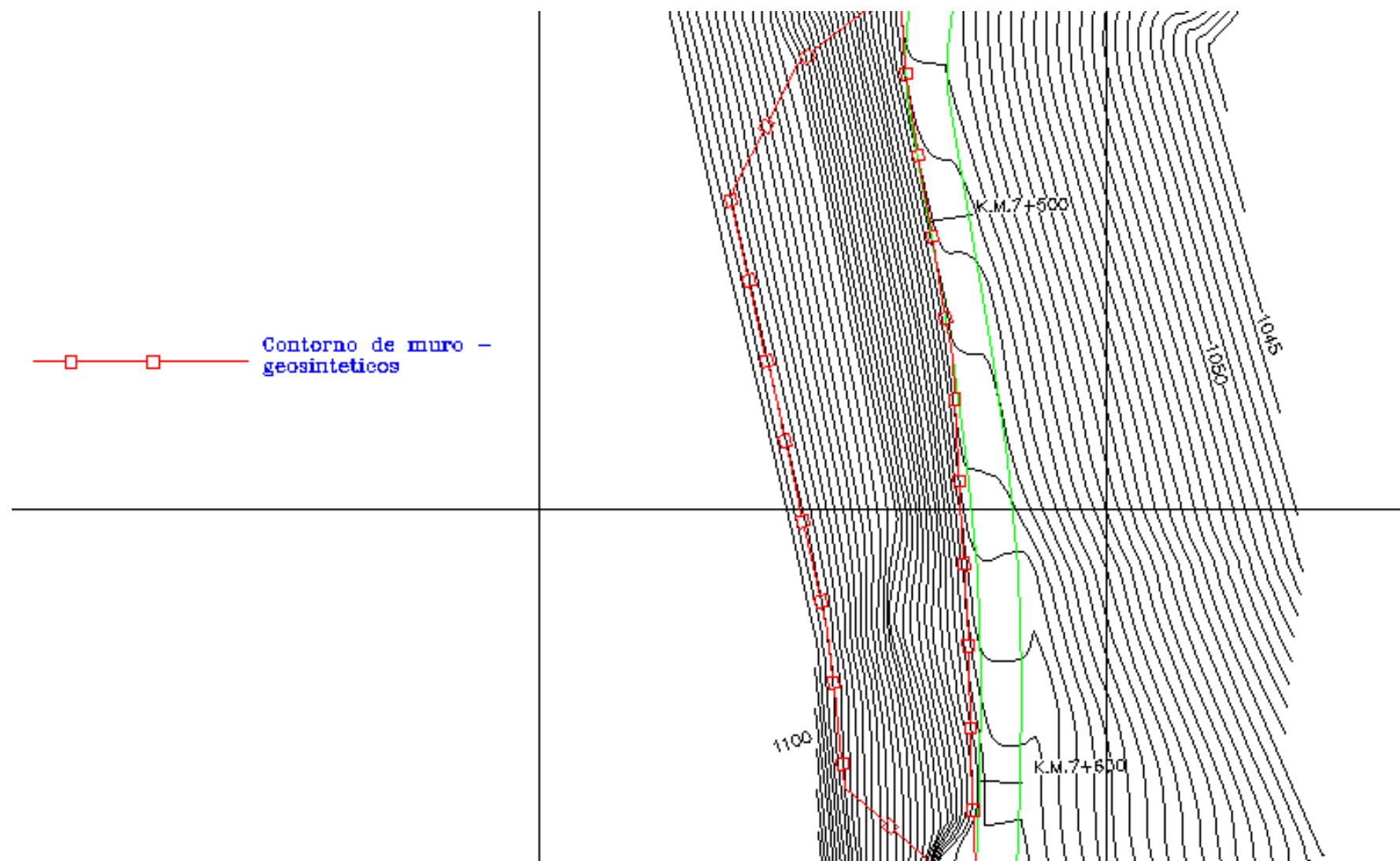


Figura 33: Mapa de curvas de nivel de los taludes identificados
Fuente: El autor

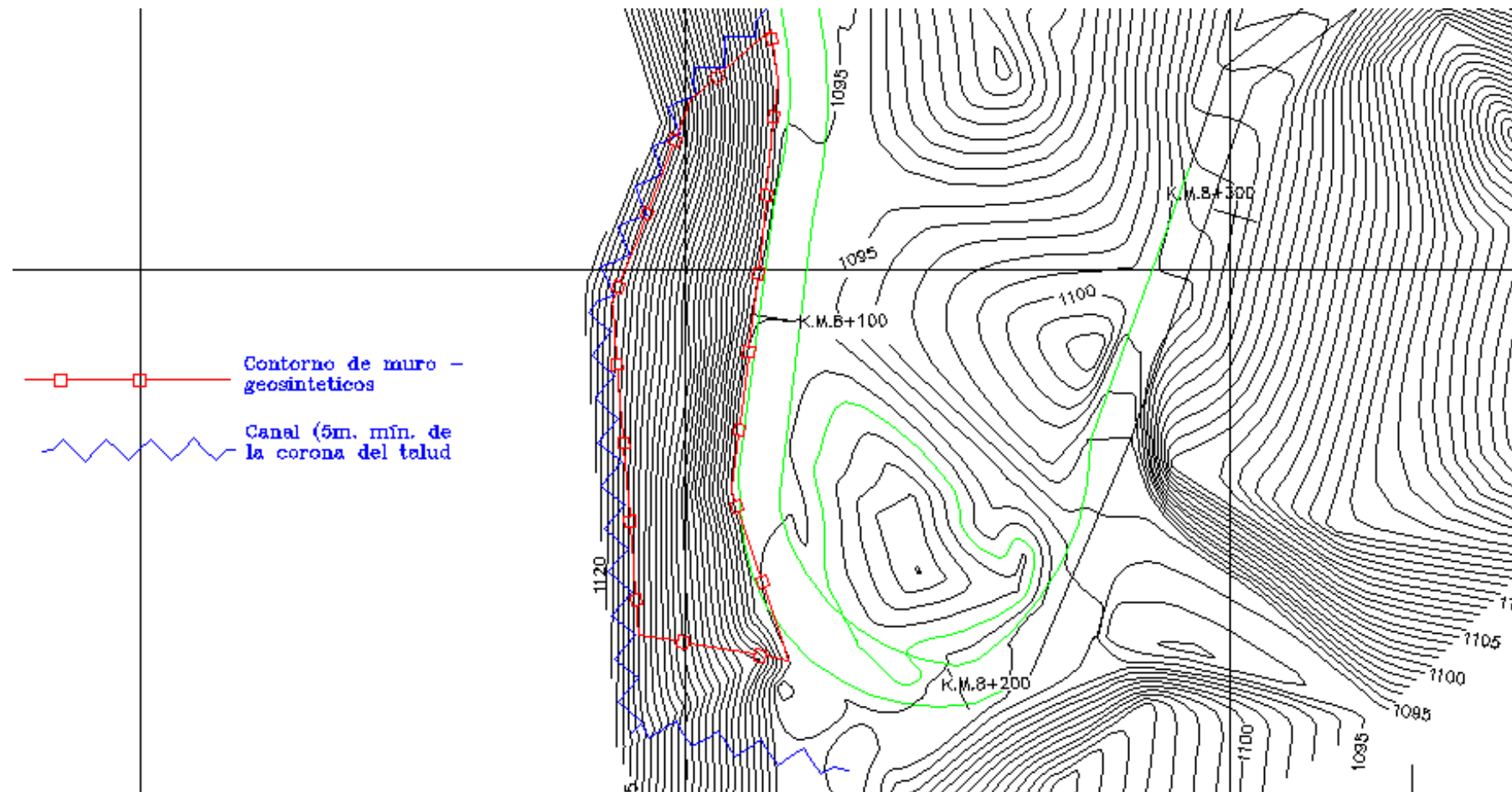
ANEXO I. ANEXOS TOPOGRAFICOS



ANEXO I. ANEXOS TOPOGRAFICOS



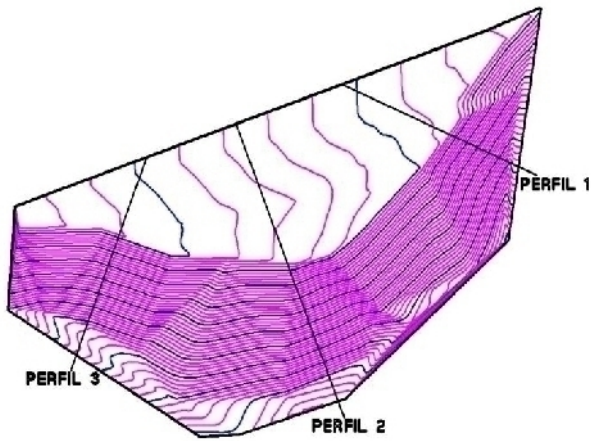
ANEXO I. ANEXOS TOPOGRAFICOS



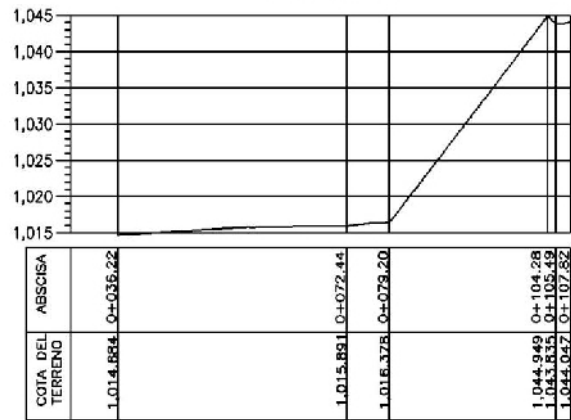
ANEXO II

PERFILES DE TALUDES

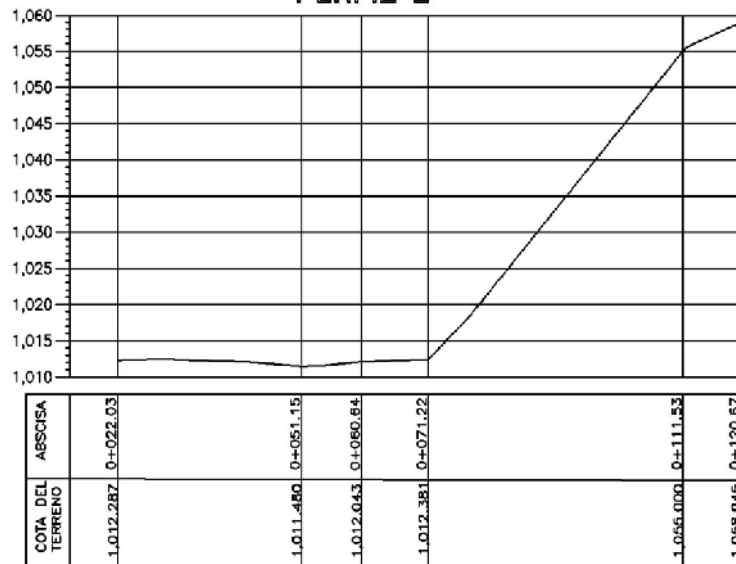
ANEXO II. PERFILES DE TALUDES



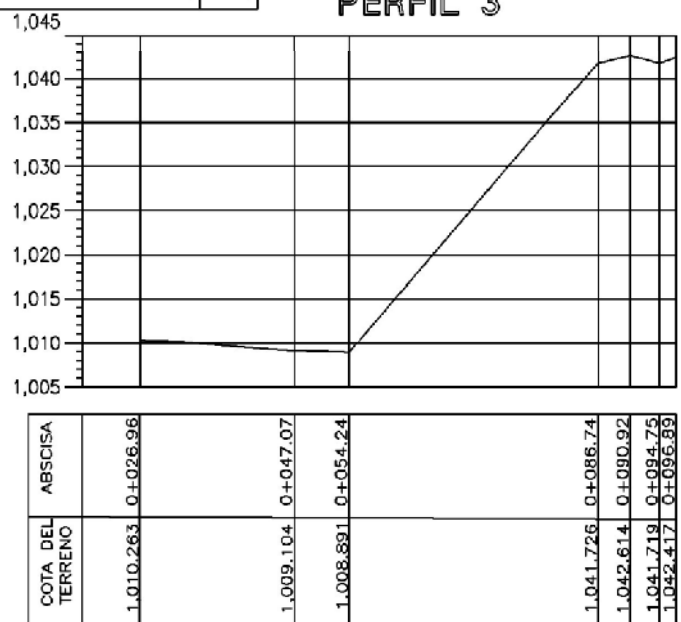
TALUD 1 PERFIL 1



PERFIL 2

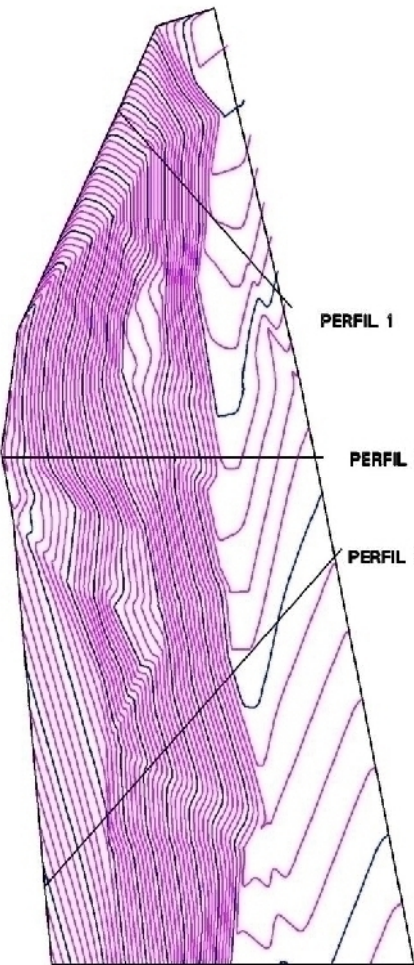


PERFIL 3

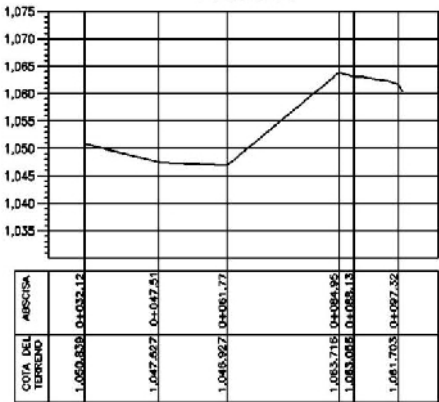


ESCALA H 1 : 1000
ESCALA V 1 : 1000

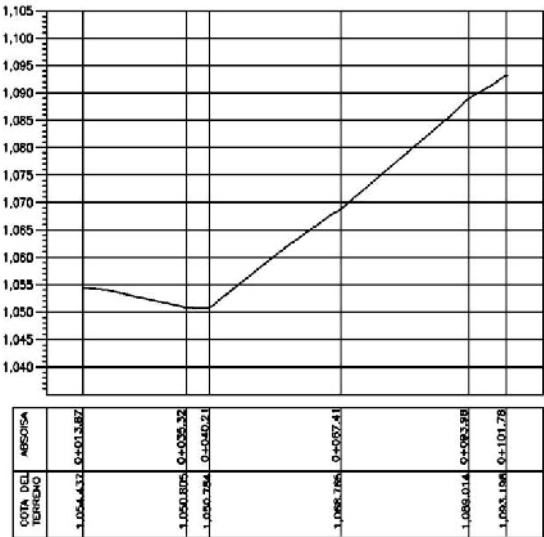
TALUD 2



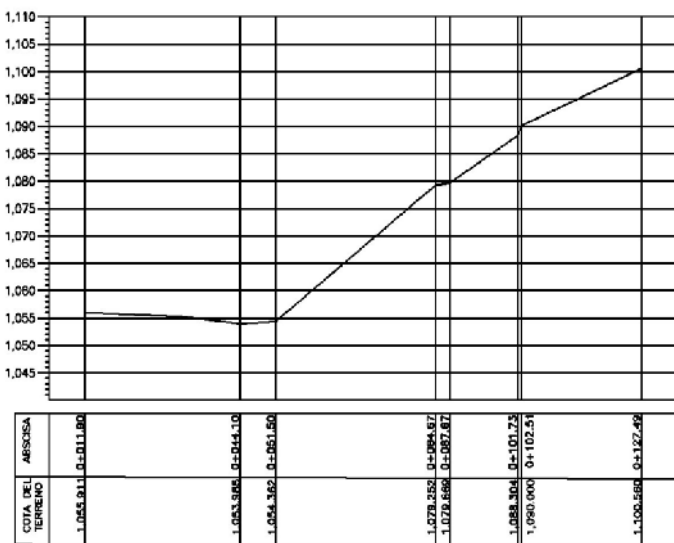
PERFIL 1



PERFIL 2

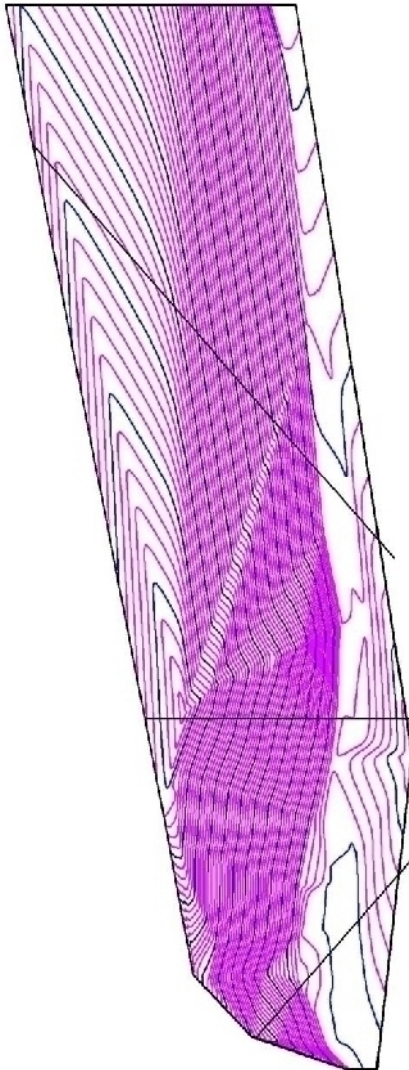


PERFIL 3

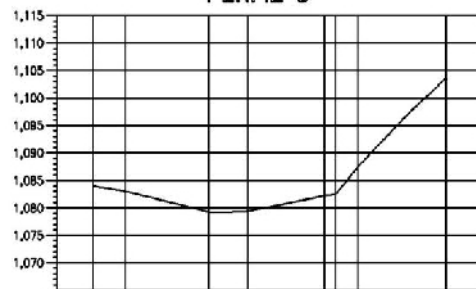


ESCALA H 1 : 1000
ESCALA V 1 : 1000

TALUD 3

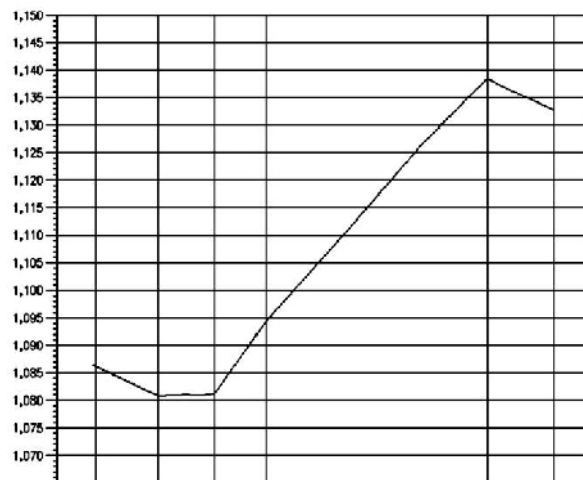


PERFIL 3



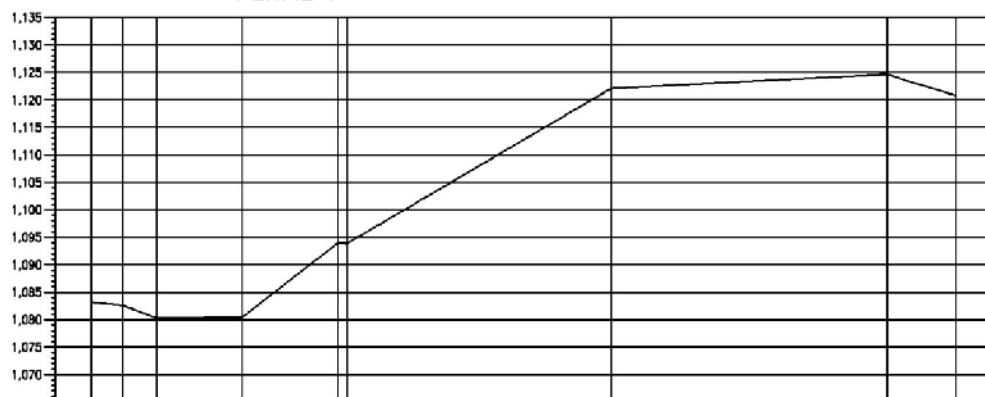
COTA DEL TERRENO	ABSCISA
1.084.006	0+047.32
1.083.007	0+054.08
1.079.228	0+071.42
1.079.405	0+079.40
1.082.198	0+085.38
1.082.448	0+097.82
1.087.494	0+102.44
1.103.845	0+120.82

PERFIL 2



COTA DEL TERRENO	ABSCISA
1.086.298	0+031.22
1.080.817	0+044.18
1.081.175	0+055.80
1.094.356	0+065.85
1.138.409	0+112.28
1.132.757	0+125.87

PERFIL 1



COTA DEL TERRENO	ABSCISA
1.083.163	0+007.89
1.082.572	0+004.22
1.080.298	0+071.28
1.080.444	0+080.12
1.082.872	0+108.82
1.082.862	0+118.82
1.122.001	0+160.82
1.124.864	0+223.45
1.120.800	0+237.76

ESCALA H 1 : 1000
ESCALA V 1 : 1000

ANEXO III

ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA

LABORATORIOS UCG

ANEXO III.1.0 ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISCA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISCA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: M. Sc. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO: TESISISTA VERÓNICA MERINO

FECHA:

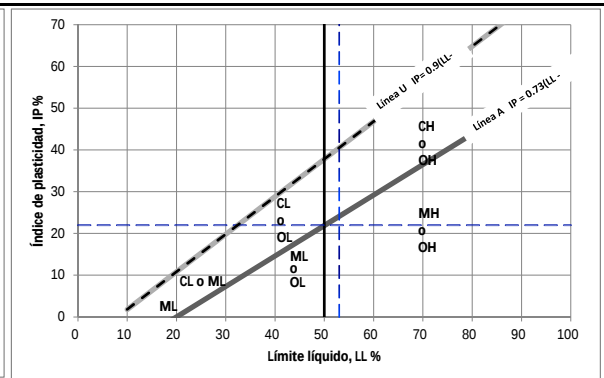
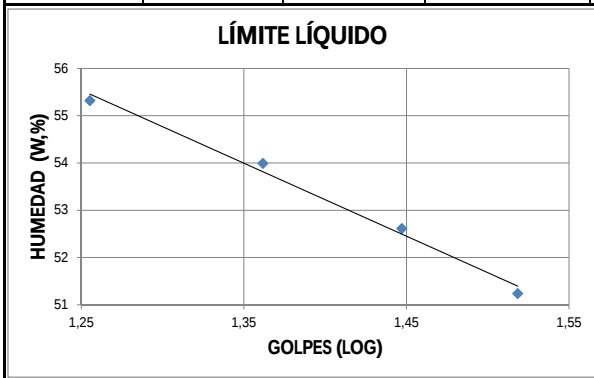
NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

ABSCISA: 7+200 KM - ESTRATO 1

MUESTRA: 1

PROFUNDIDAD: 1,5

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO	
1.CONTENIDO DE AGUA		241,83 241,86	188,37 188,71	70,69 71,21	45,43 45,23	45,33	
2.- LÍM. LÍQUIDO	18	79,38	74,44	65,51	55,32	53,25	
	23	80,39	76,33	68,81	53,99		
	28	81,16	76,73	68,31	52,61		
	33	81,51	75,92	65,01	51,24		
3.- LÍMITE PLÁSTICO		71,70 70,17 65,75	71,59 70,03 65,62	71,24 69,59 65,20	31,43 31,82 30,95	31,40	
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN				
PESO IN= 505,24 (H/S) S			GRAVA: 0 LL = 53 ARENA: 50 LP = 31 FINOS: 50 IP = 22 IG(86): 8 IG(45): 8 SUCS : OH AASHTO: A-7-5				
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 505,24							
TAMIZ	PESO RT.	% RET					% PASA
1"	0,00	0					100
3/4"	0,00	0					100
1/2"	0,00	0					100
3/8"	0,00	0					100
No. 4	0,32	0	100				
No. 10	3,25	1	99				
No. 40	96,64	19	81				
No. 200	251,55	50	50				



OBSERVACIONES: Suelo de color café con motas blancas



M.Sc. Belizario Zárate T.
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA

LABORATORIOS UCG

ANEXO III.2.0 ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISCA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISCA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: M. Sc. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO: TESISTA VERÓNICA MERINO

FECHA:

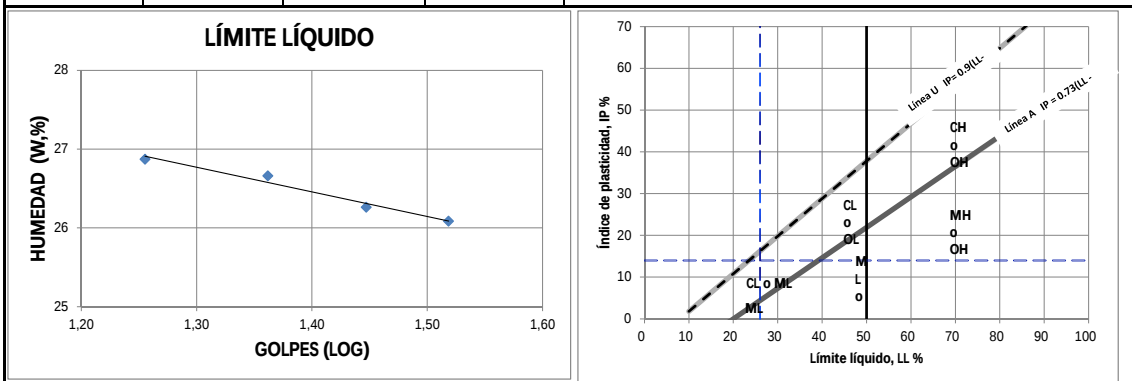
NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

ABSCISA: 7+900 KM - 8+200 KM - ESTRATO 2 y 3

MUESTRA: 2

PROFUNDIDAD: 1,5

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		222,55 223,14	200,89 199,72	68,70 62,20	16,39 17,03	16,71
2.- LÍM. LÍQUIDO	18 23 28 33	51,72 48,60 50,74 56,72	47,16 44,79 46,53 51,26	30,19 30,50 30,50 30,33	26,87 26,66 26,26 26,09	26,46
3.- LÍMITE PLÁSTICO		31,08 31,10	31,02 31,04	30,52 30,56	12,00 12,50	12,25
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 505,44 (H/S) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 505,44				GRAVA: 0 ARENA: 46 FINOS: 54 LL = 26 LP = 12 IP = 14 IG(86): 5 IG(45): 5 SUCS : MH AASHTO: A-6		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA			
1"	0,00	0	100			
3/4"	0,00	0	100			
1/2"	0,00	0	100			
3/8"	0,00	0	100			
No. 4	0,00	0	100			
No. 10	6,84	1	99			
No. 40	101,00	20	80			
No. 200	232,06	46	54			



CLASIFICACIÓN: Limo de alta plasticidad (MH)

OBSERVACIONES: Suelo café rojizo con motas blancas y negras



M.Sc. Belizario Zárate T.
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA

LABORATORIOS UCG

ANEXO III.3.0 ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO: TESISTA VERÓNICA MERINO

FECHA:

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

ABSCISA: 7+900 KM-8+200 KM-ESTRAT. PIE TALUD

MUESTRA: 3

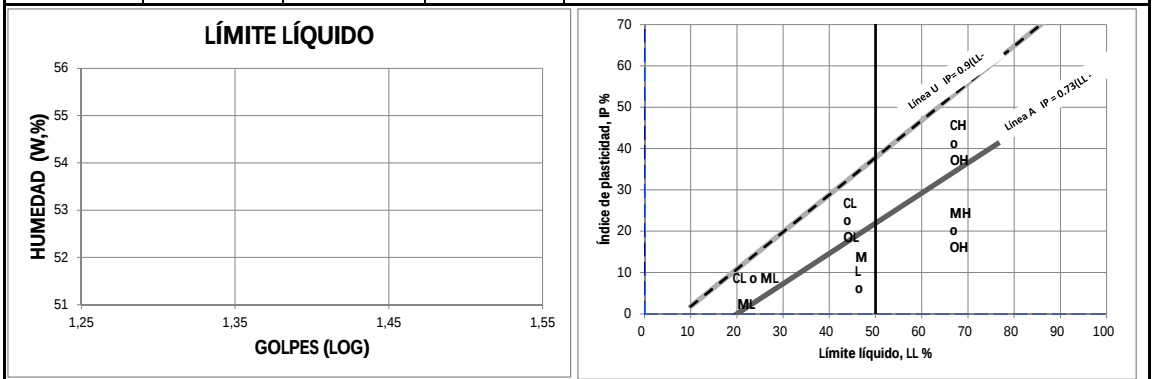
PROFUNDIDAD: 1,5

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		223,66 223,97	200,06 199,27	69,85 65,00	18,12 18,40	18,26

2.- LÍM. LÍQUIDO		SUELO NO PLASTICO
------------------	--	-------------------

3.- LÍMITE PLÁSTICO		SUELO NO PLASTICO
---------------------	--	-------------------

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN= 505,00 (H/S) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 505,00				GRAVA: 0 ARENA: 33 FINOS: 67	
				LL = 0 LP = 0 IP = 0 IG(86): 6 IG(45): 6	
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	SUCS : ML AASHTO: A-4	
1"	0,00	0	100		
3/4"	0,00	0	100		
1/2"	0,00	0	100		
3/8"	0,00	0	100		
No. 4	1,41	0	100		
No. 10	9,46	2	98		
No. 40	79,42	16	84		
No. 200	168,23	33	67		



CLASIFICACIÓN: Limos inorgánicos de baja plasticidad (ML)

OBSERVACIONES: SUELO NO PLASTICO: Suelo café amarillento con motas negras, blancas y rojas



M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA

LABORATORIOS UCG

ANEXO III.4.0 ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISCA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISCA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: M.Sc. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO: TESISTA VERÓNICA MERINO

FECHA:

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

ABCISCA: 7+300 KM - ESTRATO 1

MUESTRA: 4

PROFUNDIDAD: 1,5

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		231,70 238,09	196,54 201,80	61,59 65,44	26,05 26,61	26,33
2.- LÍM. LÍQUIDO	17 22 27 32	45,21 47,61 47,54 49,84	41,63 43,43 43,47 45,33	30,84 30,39 30,48 30,61	33,18 32,06 31,33 30,64	31,61
3.- LÍMITE PLÁSTICO		67,67 31,61	67,53 31,44	66,87 30,65	21,21 21,52	21,37

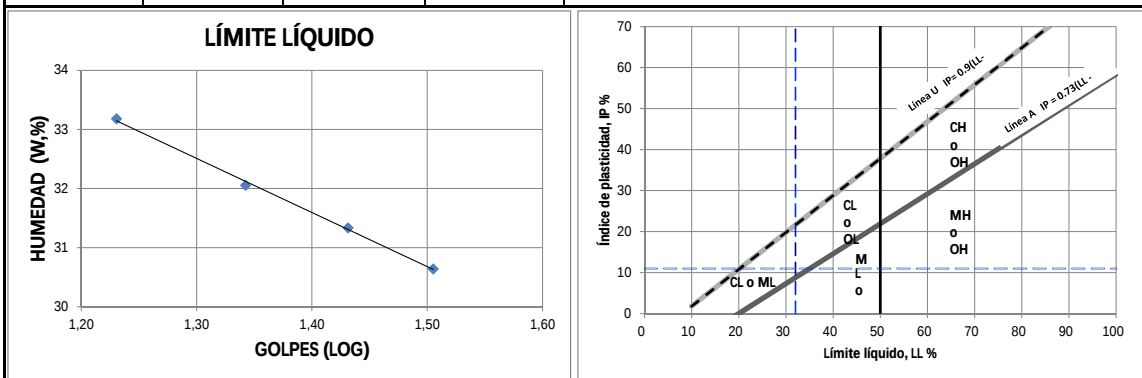
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 505,80 (H/S) S							
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 505,80							
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA				
1"	0,00	0	100				
3/4"	0,00	0	100				
1/2"	0,00	0	100				
3/8"	0,00	0	100				
No. 4	2,20	0	100				
No. 10	11,77	2	98				
No. 40	135,13	27	73				
No. 200	280,12	55	45				

GRAVA: 0
ARENA: 55
FINOS: 45

SUCS : SC

LL = 32
LP = 21
IP = 11
IG(86): 2
IG(45): 2

AASHTO: 6,00



CLASIFICACIÓN: SUCS_Arena arcillosa con plasticidad baja (SC)

OBSERVACIONES: Suelo café amarillento con motas blancas



M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA

LABORATORIOS UCG

ANEXO III.5.0 ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISCA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISCA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: M.Sc. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO: TESISTA VERÓNICA MERINO

FECHA:

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

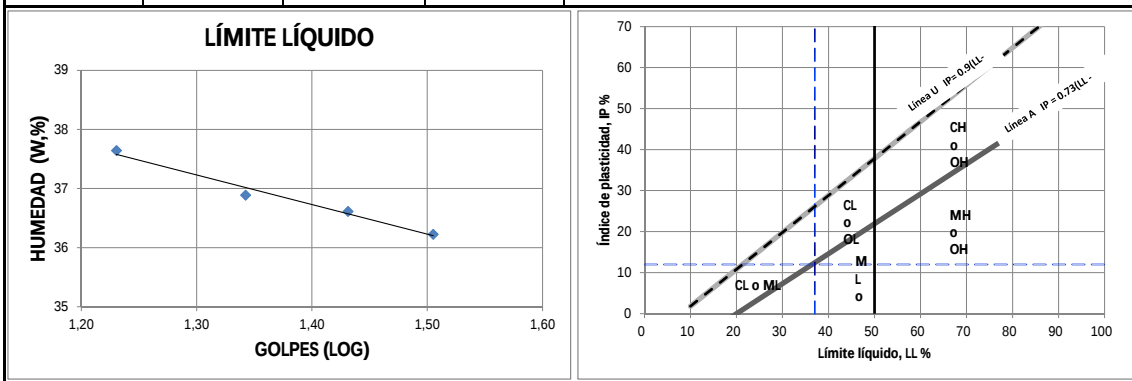
ABSCISA: 7+800 KM-ESTR. SUP.-MEDIA LADERA

MUESTRA: 5

PROFUNDIDAD: 1,5

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		214,21 209,77	167,81 165,78	66,16 70,37	45,65 46,11	45,88
2.- LÍM. LÍQUIDO	17 22 27 32	45,86 84,01 87,59 90,10	41,55 77,54 80,78 85,84	30,10 60,00 62,18 74,08	37,64 36,89 36,18 36,22	36,74
3.- LÍMITE PLÁSTICO		30,49 30,80 63,66	30,43 30,73 63,57	30,19 30,45 63,21	25,00 25,00 25,00	25,00

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 505,31 (H/S) S				GRAVA: 1			
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 505,31				ARENA: 27			
				FINOS: 72			
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 37			
1"	0,00	0	100	LP = 25			
3/4"	0,00	0	100	IP = 12			
1/2"	0,00	0	100	IG(86): 9			
3/8"	0,00	0	100	IG(45): 8			
No. 4	5,68	1	99	SUCS : ML			
No. 10	10,60	2	98	AASHTO: A-6			
No. 40	49,50	10	90				
No. 200	139,64	28	72				



CLASIFICACIÓN: Limos inorgánicos de baja plasticidad (ML)

OBSERVACIONES: Suelo rojizo



M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.6.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO :	ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.		
LOCALIZAC:	VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM	NORMA:	ASTM D2850
ASESOR:	M.Sc. BELIZARIO ZARATE	ENSAYO:	U-U
REALIZADO :	EL TESISISTA	CALICATA No.:	MUESTRA 1
FECHA:	06-06-12	PROFUND.(m):	(1.20 a 1.50) m.

HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS

PROBETA No.	1	2	3
DIMENSIONES			
DIÁMETRO cm.	3,29	3,32	3,32
ALTURA cm.	7,30	7,23	7,25
ÁREA Corr cm ² .	8,47	8,67	8,66
VOLUMEN cm ³ .	61,81	62,65	62,76
PESO gr.	134,93	141,05	130,60
CONTENIDO DE AGUA			
Peso Hum. :	222,55	223,14	222,90
Peso Seco :	200,89	199,72	200,20
Peso Cap. :	68,70	62,20	65,45
w (%) :	16,39	17,03	16,85
DENSIDADES			
NATURAL gr/cm ³	2,18	2,25	2,08
SECA gr/cm ³	1,88	1,92	1,78
DE SOLID. gr/cm ³			

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERIA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.6.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: M.Sc. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISISTA

FECHA: 06-06-12

NORMA:

ENSAYO:

CALICATA No.:

PROFUND.(m):

ASTM D2850

U-U

MUESTRA 1

(1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01

Constante anillo de prueba:

Presión de Conf. (Kg/cm2):

<-----

--- 1 ---

----->

0,85

0,50

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,47	0,00	0,00	0,00
5	0,17	8,48	1,00	0,85	0,10
10	0,35	8,50	1,90	1,62	0,19
20	0,70	8,53	2,90	2,47	0,29
30	1,04	8,56	3,90	3,32	0,39
40	1,39	8,59	4,40	3,74	0,44
50	1,74	8,62	4,90	4,17	0,48
60	2,09	8,65	5,10	4,34	0,50
70	2,44	8,68	5,60	4,76	0,55
80	2,78	8,71	6,10	5,19	0,60
90	3,13	8,74	6,50	5,53	0,63
100	3,48	8,77	6,90	5,87	0,67
110	3,83	8,80	7,10	6,04	0,69
120	4,18	8,84	7,15	6,08	0,69
130	4,52	8,87	7,90	6,72	0,76
140	4,87	8,90	8,05	6,84	0,77
150	5,22	8,93	8,20	6,97	0,78
160	5,57	8,97	8,80	7,48	0,83
170	5,92	9,00	8,95	7,61	0,85
180	6,26	9,03	9,05	7,69	0,85
190	6,61	9,07	9,20	7,82	0,86
200	6,96	9,10	9,70	8,25	0,91
210	7,31	9,13	9,95	8,46	0,93
220	7,65	9,17	10,02	8,52	0,93
230	8,00	9,20	10,10	8,59	0,93
240	8,35	9,24	10,15	8,63	0,93
250	8,70	9,27	10,30	8,76	0,94
260	9,05	9,31	10,50	8,93	0,96
270	9,39	9,34	10,90	9,27	0,99
280	9,74	9,38	10,95	9,31	0,99
290	10,09	9,42	11,10	9,44	1,00
300	10,44	9,45	11,10	9,44	1,00
310	10,79	9,49	11,10	9,44	0,99

RESULTADOS:

ESF. DESV. : (Kg/cm2) =

ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) =

1,00

1,50

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.6.3 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: M.Sc. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISTA

FECHA: 06-06-12

NORMA:

ENSAYO:

CALICATA No. :

PROFUND. (m) :

ASTM D2850

U-U

MUESTRA 1

(1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->
Constante anillo de prueba: 0,85
Presión de Conf. (Kg/cm2): 1,00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,67	1,10	0,94	0,11
5	0,18	8,68	1,95	1,66	0,19
10	0,35	8,70	2,99	2,54	0,29
20	0,70	8,73	4,00	3,40	0,39
30	1,05	8,76	4,80	4,08	0,47
40	1,41	8,79	5,05	4,29	0,49
50	1,76	8,82	5,90	5,02	0,57
60	2,11	8,85	6,70	5,70	0,64
70	2,46	8,88	7,20	6,12	0,69
80	2,81	8,92	8,00	6,80	0,76
90	3,16	8,95	8,80	7,48	0,84
100	3,51	8,98	9,00	7,65	0,85
110	3,86	9,01	9,90	8,42	0,93
120	4,22	9,05	10,00	8,50	0,94
130	4,57	9,08	10,90	9,27	1,02
140	4,92	9,11	11,05	9,39	1,03
150	5,27	9,15	11,20	9,52	1,04
160	5,62	9,18	11,90	10,12	1,10
170	5,97	9,22	12,10	10,29	1,12
180	6,32	9,25	12,60	10,71	1,16
190	6,67	9,29	12,99	11,04	1,19
200	7,03	9,32	13,05	11,09	1,19
210	7,38	9,36	13,50	11,48	1,23
220	7,73	9,39	13,90	11,82	1,26
230	8,08	9,43	14,10	11,99	1,27
240	8,43	9,46	14,10	11,99	1,27
250	8,78	9,50	14,20	12,07	1,27
260	9,13	9,54	14,80	12,58	1,32
270	9,49	9,57	14,90	12,67	1,32
280	9,84	9,61	15,10	12,84	1,34
290	10,19	9,65	15,10	12,84	1,33
300	10,54	9,69	15,10	12,84	1,33

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 1,34
ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 2,34

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.6.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANALISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.		
LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM	NORMA:	ASTM D2850
ASESOR: M.Sc. BELIZARIO ZARATE	ENSAYO:	U-U
REALIZADO : EL TESISISTA	CALICATA No.:	MUESTRA 1
FECHA: 06-06-12	PROFUND.(m):	(1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.:	<-----	- 3 -----	----->
Constante anillo de prueba:			0,85
Presión de Conf. (Kg/cm2):			2,00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,66	1,20	1,02	0,12
5	0,18	8,67	2,20	1,87	0,22
10	0,35	8,69	4,90	4,17	0,48
20	0,70	8,72	5,00	4,25	0,49
30	1,05	8,75	6,00	5,10	0,58
40	1,40	8,78	7,00	5,95	0,68
50	1,75	8,81	7,95	6,76	0,77
60	2,10	8,84	8,50	7,23	0,82
70	2,45	8,87	9,20	7,82	0,88
80	2,80	8,91	10,00	8,50	0,95
90	3,15	8,94	10,30	8,76	0,98
100	3,50	8,97	11,00	9,35	1,04
110	3,85	9,00	11,40	9,69	1,08
120	4,20	9,04	11,99	10,19	1,13
130	4,55	9,07	12,20	10,37	1,14
140	4,90	9,10	12,80	10,88	1,20
150	5,26	9,14	13,10	11,14	1,22
160	5,61	9,17	13,50	11,48	1,25
170	5,96	9,21	13,90	11,82	1,28
180	6,31	9,24	14,05	11,94	1,29
190	6,66	9,27	14,20	12,07	1,30
200	7,01	9,31	14,80	12,58	1,35
210	7,36	9,34	15,00	12,75	1,36
220	7,71	9,38	15,20	12,92	1,38
230	8,06	9,42	15,80	13,43	1,43
240	8,41	9,45	16,05	13,64	1,44
250	8,76	9,49	16,40	13,94	1,47
260	9,11	9,52	16,99	14,44	1,52
280	9,81	9,60	17,70	15,05	1,57
300	10,51	9,67	18,20	15,47	1,60
320	11,21	9,75	19,05	16,19	1,66
340	11,91	9,83	19,90	16,92	1,72
360	12,61	9,91	20,90	17,77	1,79
380	13,31	9,99	21,10	17,94	1,80
400	14,01	10,07	21,70	18,45	1,83
420	14,71	10,15	21,99	18,69	1,84
440	15,42	10,23	22,50	19,13	1,87
460	16,12	10,32	22,99	19,54	1,89
480	16,82	10,41	23,00	19,55	1,88
500	17,52	10,50	23,70	20,15	1,92
520	18,22	10,59	24,00	20,40	1,93
540	18,92	10,68	24,40	20,74	1,94

RESULTADOS:	ESF. DESV. : (Kg/cm2) =	1,94
	ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) =	3,94

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

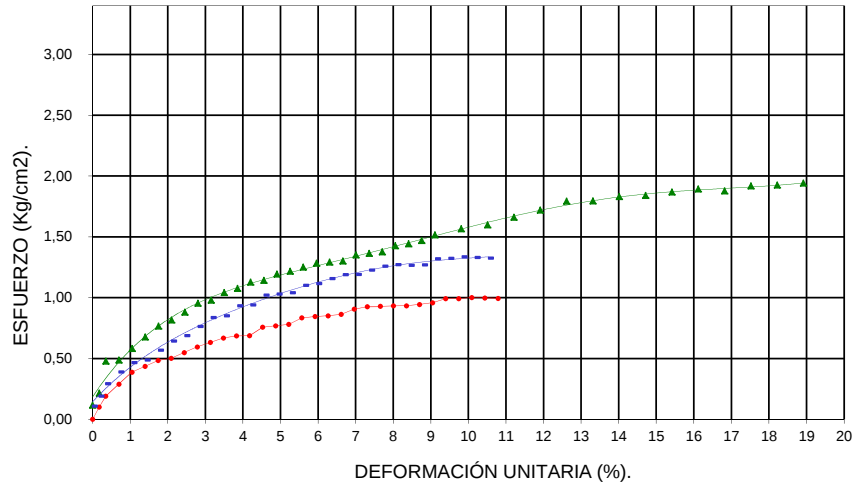
Fanny Verónica Merino González
TESISTA



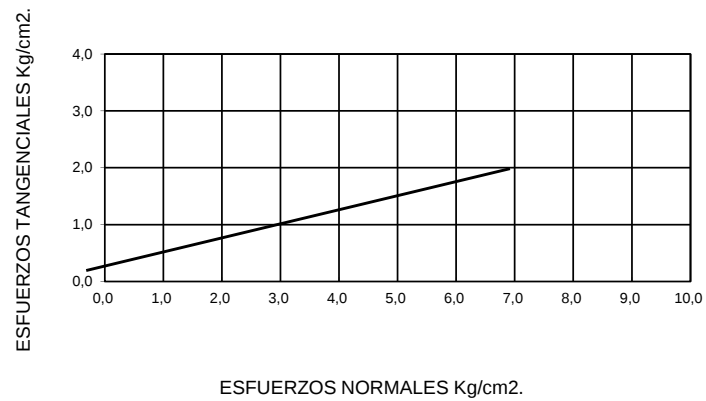
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.6.5 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.



CIRCULO DE MOHR



COHESIÓN (C) = **0,33 Kg/cm².**
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ) = **6°**

M.Sc. Belizario Zárate T.
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino G.
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.7.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISISTA

FECHA: 05-06-12

NORMA: ASTM D2850

ENSAYO: U-U

CALICATA No.: MUESTRA 2

PROFUND.(m): (1.20 a 1.50) m.

HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS

PROBETA No.	1	2	3
DIMENSIONES			
DIÁMETRO cm.	3,29	3,32	3,32
ALTURA cm.	7,30	7,23	7,25
ÁREA Corr cm ² .	8,47	8,67	8,66
VOLUMEN cm ³ .	61,81	62,65	62,76
PESO gr.	134,93	141,05	130,60
CONTENIDO DE AGUA			
Peso Hum. :	222,55	223,14	222,90
Peso Seco :	200,89	199,72	200,20
Peso Cap. :	68,70	62,20	65,45
w (%) :	16,39	17,03	16,85
DENSIDADES			
NATURAL gr/cm ³	2,18	2,25	2,08
SECA gr/cm ³	1,88	1,92	1,78
DE SOLID. gr/cm ³			

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERIA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.7.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISISTA

FECHA: 05-06-12

NORMA: ASTM D2850

ENSAYO: U-U

CALICATA No.: MUESTRA 2

PROFUND.(m): (1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01			<----- 1 ----->		
Constante anillo de prueba:				0,85	
Presión de Conf. (Kg/cm2):				0,50	
Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrig. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,47	0,00	0,00	0,00
5	0,17	8,48	1,00	0,85	0,10
10	0,35	8,50	1,90	1,62	0,19
20	0,70	8,53	2,90	2,47	0,29
30	1,04	8,56	3,90	3,32	0,39
40	1,39	8,59	4,40	3,74	0,44
50	1,74	8,62	4,90	4,17	0,48
60	2,09	8,65	5,10	4,34	0,50
70	2,44	8,68	5,60	4,76	0,55
80	2,78	8,71	6,10	5,19	0,60
90	3,13	8,74	6,50	5,53	0,63
100	3,48	8,77	6,90	5,87	0,67
110	3,83	8,80	7,10	6,04	0,69
120	4,18	8,84	7,15	6,08	0,69
130	4,52	8,87	7,90	6,72	0,76
140	4,87	8,90	8,05	6,84	0,77
150	5,22	8,93	8,20	6,97	0,78
160	5,57	8,97	8,80	7,48	0,83
170	5,92	9,00	8,95	7,61	0,85
180	6,26	9,03	9,05	7,69	0,85
190	6,61	9,07	9,20	7,82	0,86
200	6,96	9,10	9,70	8,25	0,91
210	7,31	9,13	9,95	8,46	0,93
220	7,65	9,17	10,02	8,52	0,93
230	8,00	9,20	10,10	8,59	0,93
240	8,35	9,24	10,15	8,63	0,93
250	8,70	9,27	10,30	8,76	0,94
260	9,05	9,31	10,50	8,93	0,96
270	9,39	9,34	10,90	9,27	0,99
280	9,74	9,38	10,95	9,31	0,99
290	10,09	9,42	11,10	9,44	1,00
300	10,44	9,45	11,10	9,44	1,00
310	10,79	9,49	11,10	9,44	0,99

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 1,00

ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 1,50

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.7.3 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.
LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM
ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE
REALIZADO : EL TESISISTA
FECHA: 05-06-12

NORMA: ASTM D2850
ENSAYO: U-U
CALICATA No. : MUESTRA 2
PROFUND. (m) : (1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.:	<-----		- 2 -----	----->	
Constante anillo de prueba:				0,85	
Presión de Conf. (Kg/cm2):				1,00	
Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,67	1,10	0,94	0,11
5	0,18	8,68	1,95	1,66	0,19
10	0,35	8,70	2,99	2,54	0,29
20	0,70	8,73	4,00	3,40	0,39
30	1,05	8,76	4,80	4,08	0,47
40	1,41	8,79	5,05	4,29	0,49
50	1,76	8,82	5,90	5,02	0,57
60	2,11	8,85	6,70	5,70	0,64
70	2,46	8,88	7,20	6,12	0,69
80	2,81	8,92	8,00	6,80	0,76
90	3,16	8,95	8,80	7,48	0,84
100	3,51	8,98	9,00	7,65	0,85
110	3,86	9,01	9,90	8,42	0,93
120	4,22	9,05	10,00	8,50	0,94
130	4,57	9,08	10,90	9,27	1,02
140	4,92	9,11	11,05	9,39	1,03
150	5,27	9,15	11,20	9,52	1,04
160	5,62	9,18	11,90	10,12	1,10
170	5,97	9,22	12,10	10,29	1,12
180	6,32	9,25	12,60	10,71	1,16
190	6,67	9,29	12,99	11,04	1,19
200	7,03	9,32	13,05	11,09	1,19
210	7,38	9,36	13,50	11,48	1,23
220	7,73	9,39	13,90	11,82	1,26
230	8,08	9,43	14,10	11,99	1,27
240	8,43	9,46	14,10	11,99	1,27
250	8,78	9,50	14,20	12,07	1,27
260	9,13	9,54	14,80	12,58	1,32
270	9,49	9,57	14,90	12,67	1,32
280	9,84	9,61	15,10	12,84	1,34
290	10,19	9,65	15,10	12,84	1,33
300	10,54	9,69	15,10	12,84	1,33

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 1,34
ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 2,34

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA **LABORATORIOS UCG**

ANEXO III.7.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.		
LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM	NORMA:	ASTM D2850
ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE	ENSAYO:	U-U
REALIZADO : EL TESISISTA	CALICATA No.:	MUESTRA 2
FECHA: 05-06-12	PROFUND.(m):	(1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.:		<-----		- 3 -----		----->	
Constante anillo de prueba:						0,85	
Presión de Conf. (Kg/cm2):						2,00	
Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)		
0	0,00	8,66	1,20	1,02	0,12		
5	0,18	8,67	2,20	1,87	0,22		
10	0,35	8,69	4,90	4,17	0,48		
20	0,70	8,72	5,00	4,25	0,49		
30	1,05	8,75	6,00	5,10	0,58		
40	1,40	8,78	7,00	5,95	0,68		
50	1,75	8,81	7,95	6,76	0,77		
60	2,10	8,84	8,50	7,23	0,82		
70	2,45	8,87	9,20	7,82	0,88		
80	2,80	8,91	10,00	8,50	0,95		
90	3,15	8,94	10,30	8,76	0,98		
100	3,50	8,97	11,00	9,35	1,04		
110	3,85	9,00	11,40	9,69	1,08		
120	4,20	9,04	11,99	10,19	1,13		
130	4,55	9,07	12,20	10,37	1,14		
140	4,90	9,10	12,80	10,88	1,20		
150	5,26	9,14	13,10	11,14	1,22		
160	5,61	9,17	13,50	11,48	1,25		
170	5,96	9,21	13,90	11,82	1,28		
180	6,31	9,24	14,05	11,94	1,29		
190	6,66	9,27	14,20	12,07	1,30		
200	7,01	9,31	14,80	12,58	1,35		
210	7,36	9,34	15,00	12,75	1,36		
220	7,71	9,38	15,20	12,92	1,38		
230	8,06	9,42	15,80	13,43	1,43		
240	8,41	9,45	16,05	13,64	1,44		
250	8,76	9,49	16,40	13,94	1,47		
260	9,11	9,52	16,99	14,44	1,52		
270	9,46	9,56	17,10	14,54	1,52		
280	9,81	9,60	17,70	15,05	1,57		
290	10,16	9,64	18,05	15,34	1,59		
300	10,51	9,67	18,20	15,47	1,60		
320	11,21	9,75	19,05	16,19	1,66		
340	11,91	9,83	19,90	16,92	1,72		
360	12,61	9,91	20,90	17,77	1,79		
380	13,31	9,99	21,10	17,94	1,80		
400	14,01	10,07	21,70	18,45	1,83		
420	14,71	10,15	21,99	18,69	1,84		
440	15,42	10,23	22,50	19,13	1,87		
460	16,12	10,32	22,99	19,54	1,89		
480	16,82	10,41	23,00	19,55	1,88		
500	17,52	10,50	23,70	20,15	1,92		
520	18,22	10,59	24,00	20,40	1,93		
540	18,92	10,68	24,40	20,74	1,94		
550	19,27	10,72	24,60	20,91	1,95		

RESULTADOS:	ESF. DESV. : (Kg/cm2) =	1,95
	ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) =	3,95

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

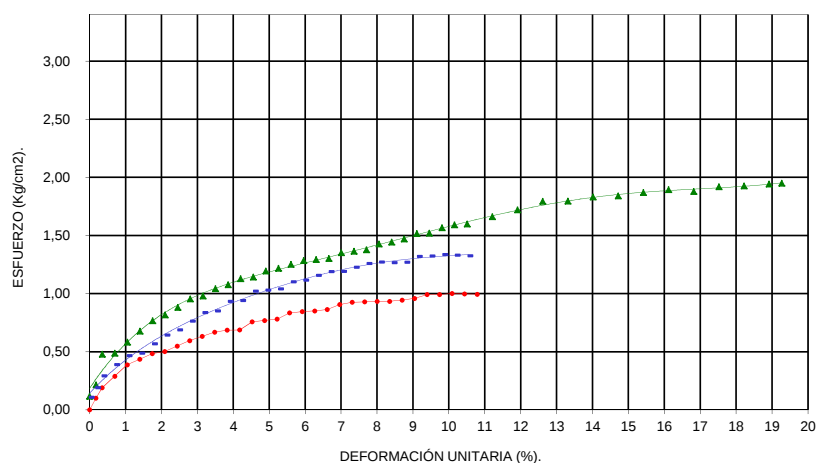
Fanny Verónica Merino González
TESISTA



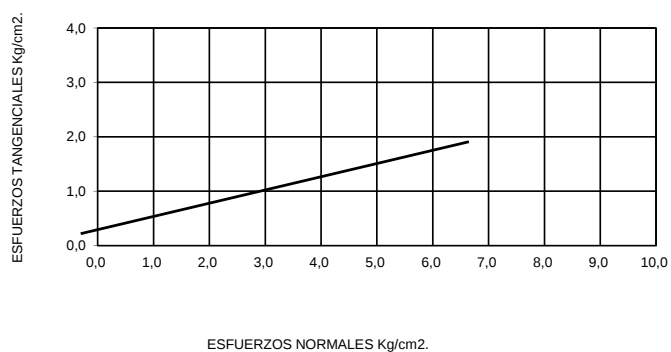
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.7.5 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.



CIRCULO DE MOHR



COHESIÓN (C) = 0,302 Kg/cm².
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ) = 13°

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.8.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISTA

FECHA: 05-06-12

NORMA: ASTM D2850

ENSAYO: U-U

CALICATA No.: MUESTRA 3

PROFUND.(m): (1.20 a 1.50) m.

HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS

PROBETA No.	1	2	3
DIMENSIONES			
DIÁMETRO cm.	3,30	3,20	3,25
ALTURA cm.	7,30	7,32	7,28
ÁREA Corr cm ² .	8,55	8,04	8,30
VOLUMEN cm ³ .	62,44	58,87	60,39
PESO gr.	117,94	114,14	116,06
CONTENIDO DE AGUA			
Peso Hum. :	223,66	223,97	222,90
Peso Seco :	200,06	199,27	200,20
Peso Cap. :	69,85	65,00	65,45
w (%) :	18,12	18,40	16,85
DENSIDADES			
NATURAL gr/cm ³	1,89	1,94	1,92
SECA gr/cm ³	1,60	1,64	1,64
DE SOLID. gr/cm ³			

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.8.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISISTA

FECHA: 05-06-12

NORMA: ASTM D2850

ENSAYO: U-U

CALICATA No.: MUESTRA 3

PROFUND.(m): (1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01		<-----		--- 1 ---	----->
Constante anillo de prueba:				0,85	
Presión de Conf. (Kg/cm2):				0,50	
Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,55	0,99	0,84	0,10
5	0,17	8,57	1,20	1,02	0,12
10	0,35	8,58	1,80	1,53	0,18
20	0,70	8,61	2,20	1,87	0,22
30	1,04	8,64	2,50	2,13	0,25
40	1,39	8,67	2,80	2,38	0,27
50	1,74	8,70	3,00	2,55	0,29
60	2,09	8,74	3,20	2,72	0,31
70	2,44	8,77	3,50	2,98	0,34
80	2,78	8,80	3,80	3,23	0,37
90	3,13	8,83	4,00	3,40	0,39
100	3,48	8,86	4,10	3,49	0,39
110	3,83	8,89	4,40	3,74	0,42
120	4,18	8,93	4,70	4,00	0,45
130	4,52	8,96	4,90	4,17	0,46
140	4,87	8,99	4,99	4,24	0,47
150	5,22	9,02	5,00	4,25	0,47
160	5,57	9,06	5,15	4,38	0,48
170	5,92	9,09	5,30	4,51	0,50
180	6,26	9,12	5,30	4,51	0,49
190	6,61	9,16	5,50	4,68	0,51
200	6,96	9,19	5,70	4,85	0,53
210	7,31	9,23	5,90	5,02	0,54
220	7,65	9,26	6,05	5,14	0,56
230	8,00	9,30	6,02	5,12	0,55
240	8,35	9,33	6,02	5,12	0,55
250	8,70	9,37	6,02	5,12	0,55

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 0,56

ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 1,06

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.8.3 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANALISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.
 LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM
 ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE
 REALIZADO : EL TESISISTA
 FECHA: 05-06-12

NORMA : ASTM D2850
 ENSAYO : U-U
 CALICATA No. : MUESTRA 3
 PROFUND. (m) : (1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->
 Constante anillo de prueba: 0,85
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 1,00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,04	0,00	0,00	0,00
5	0,17	8,06	0,00	0,00	0,00
10	0,35	8,07	0,60	0,51	0,06
20	0,69	8,10	1,00	0,85	0,10
30	1,04	8,13	1,00	0,85	0,10
40	1,39	8,16	1,60	1,36	0,17
50	1,73	8,18	1,90	1,62	0,20
60	2,08	8,21	2,10	1,79	0,22
70	2,43	8,24	2,10	1,79	0,22
80	2,78	8,27	2,20	1,87	0,23
90	3,12	8,30	2,90	2,47	0,30
100	3,47	8,33	2,90	2,47	0,30
120	4,16	8,39	3,00	2,55	0,30
140	4,86	8,45	3,10	2,64	0,31
160	5,55	8,52	3,20	2,72	0,32
180	6,25	8,58	3,80	3,23	0,38
200	6,94	8,64	4,10	3,49	0,40
220	7,63	8,71	4,50	3,83	0,44
340	11,80	9,12	6,50	5,53	0,61
350	12,14	9,15	6,90	5,87	0,64
360	12,49	9,19	7,00	5,95	0,65
370	12,84	9,23	7,10	6,04	0,65
380	13,19	9,26	7,10	6,04	0,65
390	13,53	9,30	7,10	6,04	0,65
400	13,88	9,34	7,10	6,04	0,65

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 0,65
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 1,65

M.Sc. Belizario Zárate Torres
 DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
 TESISISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.8.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANALISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.
LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM
ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE
REALIZADO : EL TESISTA
FECHA: 05-06-12

NORMA: ASTM D2850
ENSAYO: U-U
CALICATA No.: MUESTRA 3
PROFUND.(m): (1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 3 ----->
Constante anillo de prueba: 0,85
Presión de Conf. (Kg/cm2): 2,00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,30	1,00	0,85	0,10
5	0,17	8,31	2,00	1,70	0,20
10	0,35	8,32	3,00	2,55	0,31
20	0,70	8,35	3,90	3,32	0,40
30	1,05	8,38	4,10	3,49	0,42
40	1,40	8,41	4,90	4,17	0,50
50	1,74	8,44	5,10	4,34	0,51
60	2,09	8,47	5,50	4,68	0,55
70	2,44	8,50	6,00	5,10	0,60
80	2,79	8,53	6,50	5,53	0,65
140	4,88	8,72	9,00	7,65	0,88
150	5,23	8,75	9,50	8,08	0,92
160	5,58	8,79	9,90	8,42	0,96
170	5,93	8,82	10,00	8,50	0,96
180	6,28	8,85	10,20	8,67	0,98
190	6,63	8,88	11,00	9,35	1,05
200	6,98	8,92	11,00	9,35	1,05
210	7,33	8,95	11,00	9,35	1,04
220	7,68	8,99	11,00	9,35	1,04

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 1,05
ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 3,05

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

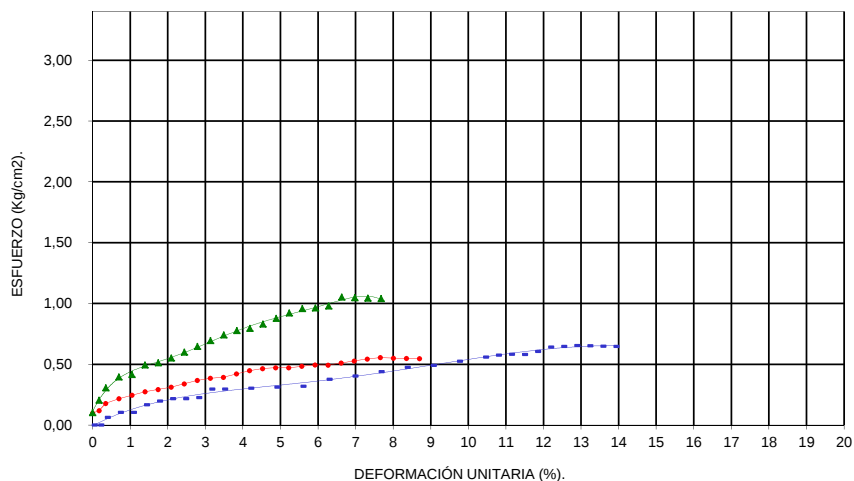
Fanny Verónica Merino González
TESISTA



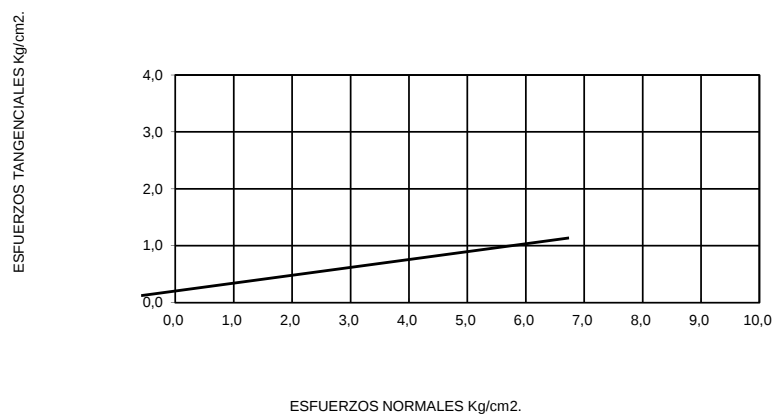
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.8.5 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.



CIRCULO DE MOHR



$$\begin{aligned} \text{COHESIÓN (C)} &= 0,194 \text{ Kg/cm}^2. \\ \text{ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA } (\phi) &= 7^\circ \end{aligned}$$

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.9.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISTA

FECHA: 06-06-12

NORMA: ASTM D2850

ENSAYO: U-U

CALICATA No.: MUESTRA 4

PROFUND.(m): (1.20 a 1.50) m.

HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS

PROBETA No.	1	2	3
DIMENSIONES			
DIÁMETRO cm.	3,29	3,32	3,32
ALTURA cm.	7,30	7,23	7,25
ÁREA Corr cm ² .	8,47	8,67	8,66
VOLUMEN cm ³ .	61,81	62,65	62,76
PESO gr.	134,93	141,05	130,60
CONTENIDO DE AGUA			
Peso Hum. :	222,55	223,14	222,90
Peso Seco :	200,89	199,72	200,20
Peso Cap. :	68,70	62,20	65,45
w (%) :	16,39	17,03	16,85
DENSIDADES			
NATURAL gr/cm ³	2,18	2,25	2,08
SECA gr/cm ³	1,88	1,92	1,78
DE SOLID. gr/cm ³			

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.9.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISISTA

FECHA: 06-06-12

NORMA: ASTM D2850

ENSAYO: U-U

CALICATA No.: MUESTRA 4

PROFUND.(m): (1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01		<-----		--- 1 ---		----->	
Constante anillo de prueba:						0,85	
Presión de Conf. (Kg/cm2):						0,50	σ_3
Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corrig. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)	σ_1	
0	0,00	8,47	0,00	0,00	0,00		
5	0,17	8,48	1,50	1,28	0,15		
10	0,35	8,50	1,90	1,62	0,19		
20	0,70	8,53	3,60	3,06	0,36		
30	1,04	8,56	4,99	4,24	0,50		
40	1,39	8,59	6,20	5,27	0,61		
50	1,74	8,62	7,10	6,04	0,70		
60	2,09	8,65	8,20	6,97	0,81		
70	2,44	8,68	9,40	7,99	0,92		
80	2,78	8,71	10,30	8,76	1,01		
90	3,13	8,74	11,20	9,52	1,09		
100	3,48	8,77	12,00	10,20	1,16		
110	3,83	8,80	12,90	10,97	1,25		
120	4,18	8,84	13,35	11,35	1,28		
130	4,52	8,87	14,00	11,90	1,34		
140	4,87	8,90	14,80	12,58	1,41		
160	5,57	8,97	15,40	13,09	1,46		
180	6,26	9,03	16,10	13,69	1,52		
200	6,96	9,10	16,80	14,28	1,57		
220	7,65	9,17	17,10	14,54	1,59		
240	8,35	9,24	17,60	14,96	1,62		
260	9,05	9,31	18,10	15,39	1,65		
270	9,39	9,34	18,10	15,39	1,65		
280	9,74	9,38	18,30	15,56	1,66		
290	10,09	9,42	18,70	15,90	1,69		
300	10,44	9,45	18,80	15,98	1,69		
310	10,79	9,49	18,99	16,14	1,70		
320	11,13	9,53	18,99	16,14	1,69		
330	11,48	9,57	19,00	16,15	1,69		
340	11,83	9,60	19,00	16,15	1,68		
350	12,18	9,64	19,10	16,24	1,68		
360	12,53	9,68	19,10	16,24	1,68		
370	12,87	9,72	19,10	16,24	1,67		

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 1,70

ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 2,20 $\sigma_1 + \sigma_3$

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA LABORATORIOS UCG

ANEXO III.9.3 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.
 LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM
 ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE
 REALIZADO : EL TESISTA
 FECHA: 06-06-12
 #¡REF!
 FECHA: 06-06-12

NORMA: ASTM D2850
 ENSAYO: U-U
 CALICATA No.: MUESTRA 4
 PROFUND. (m): (1.20 a 1.50) m.
 REALIZADO : #¡REF!
 #¡REF!

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->
 Constante anillo de prueba: 0,85
 Presión de Conf. (Kg/cm2): 1,00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,67	0,00	0,00	0,00
5	0,18	8,68	2,00	1,70	0,20
10	0,35	8,70	4,90	4,17	0,48
20	0,70	8,73	7,50	6,38	0,73
30	1,05	8,76	11,00	9,35	1,07
40	1,41	8,79	13,00	11,05	1,26
50	1,76	8,82	15,00	12,75	1,45
60	2,11	8,85	16,50	14,03	1,58
70	2,46	8,88	18,00	15,30	1,72
80	2,81	8,92	19,00	16,15	1,81
90	3,16	8,95	21,00	17,85	1,99
100	3,51	8,98	22,00	18,70	2,08
110	3,86	9,01	23,00	19,55	2,17
120	4,22	9,05	24,00	20,40	2,25
130	4,57	9,08	25,00	21,25	2,34
140	4,92	9,11	25,50	21,68	2,38
160	5,62	9,18	26,10	22,19	2,42
180	6,32	9,25	27,50	23,38	2,53
200	7,03	9,32	28,50	24,23	2,60
220	7,73	9,39	30,80	26,18	2,79
240	8,43	9,46	31,80	27,03	2,86
260	9,13	9,54	32,20	27,37	2,87
280	9,84	9,61	33,50	28,48	2,96
290	10,19	9,65	33,90	28,82	2,99
300	10,54	9,69	34,00	28,90	2,98

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 3,05
 ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 4,05

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA **LABORATORIOS UCG**

ANEXO III.9.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANALISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.		
LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM	NORMA:	ASTM D2850
ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE	ENSAYO:	U-U
REALIZADO : EL TESISTA	CALICATA No.:	MUESTRA 4
FECHA: 06-06-12	PROFUND.(m):	(1.20 a 1.50) m.
#REF!	REALIZADO :	#REF!
FECHA: 06-06-12	#REF!	

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.:	<-----	- 3 -----	----->
Constante anillo de prueba:			0,85
Presión de Conf. (Kg/cm2):			2,00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,66	0,00	0,00	0,00
5	0,18	8,67	2,50	2,13	0,25
10	0,35	8,69	5,00	4,25	0,49
20	0,70	8,72	7,00	5,95	0,68
30	1,05	8,75	8,50	7,23	0,83
40	1,40	8,78	9,70	8,25	0,94
50	1,75	8,81	12,30	10,46	1,19
60	2,10	8,84	15,50	13,18	1,49
70	2,45	8,87	17,80	15,13	1,70
80	2,80	8,91	20,80	17,68	1,99
90	3,15	8,94	22,40	19,04	2,13
100	3,50	8,97	25,50	21,68	2,42
110	3,85	9,00	27,10	23,04	2,56
120	4,20	9,04	28,10	23,89	2,64
130	4,55	9,07	29,99	25,49	2,81
140	4,90	9,10	31,00	26,35	2,89
150	5,26	9,14	34,00	28,90	3,16
160	5,61	9,17	35,05	29,79	3,25
170	5,96	9,21	36,00	30,60	3,32
180	6,31	9,24	37,00	31,45	3,40
190	6,66	9,27	38,00	32,30	3,48
200	7,01	9,31	39,10	33,24	3,57
210	7,36	9,34	40,10	34,09	3,65
220	7,71	9,38	41,00	34,85	3,72
230	8,06	9,42	41,80	35,53	3,77
240	8,41	9,45	42,50	36,13	3,82
250	8,76	9,49	43,25	36,76	3,87
260	9,11	9,52	43,85	37,27	3,91
270	9,46	9,56	44,15	37,53	3,92
280	9,81	9,60	44,70	38,00	3,96
290	10,16	9,64	44,99	38,24	3,97
300	10,51	9,67	45,20	38,42	3,97
310	10,86	9,71	45,50	38,68	3,98
320	11,21	9,75	45,80	38,93	3,99
380	13,31	9,99	46,60	39,61	3,97

RESULTADOS:	ESF. DESV. : (Kg/cm2) =	4,01
	ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) =	6,01

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

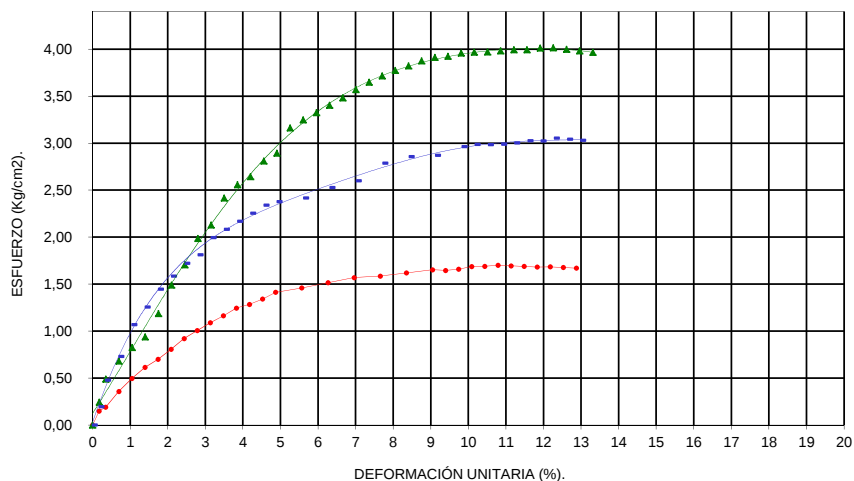
Fanny Verónica Merino González
TESISTA



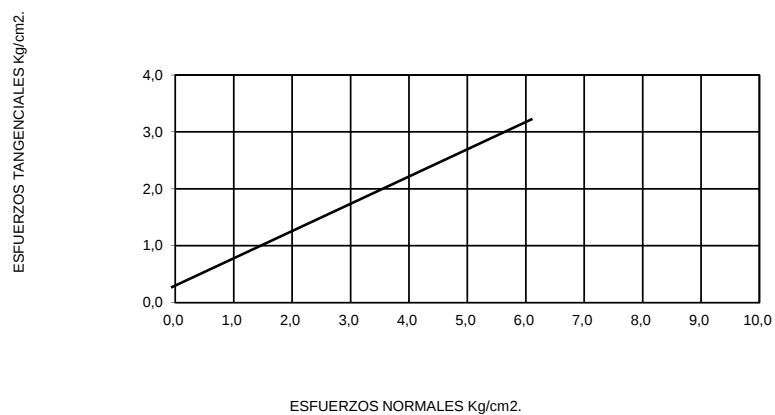
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.9.5 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.



CIRCULO DE MOHR



COHESIÓN (C) = 0,40 Kg/cm².
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ) = 24°

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.10.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISTA

FECHA: 05-06-12

NORMA: ASTM D2850

ENSAYO: U-U

CALICATA No.: MUESTRA 5

PROFUND.(m): (1.20 a 1.50) m.

HOJA 1: DATOS GENERALES DE LAS PROBETAS

PROBETA No.	1	2	3
DIMENSIONES			
DIÁMETRO cm.	3,30	3,32	3,33
ALTURA cm.	7,28	7,38	7,38
ÁREA Corr cm ² .	8,55	8,66	8,68
VOLUMEN cm ³ .	62,27	63,89	64,08
PESO gr.	122,40	118,45	126,53
CONTENIDO DE AGUA			
Peso Hum. :	222,55	223,14	222,90
Peso Seco :	200,89	199,72	200,20
Peso Cap. :	68,70	62,20	65,50
w (%) :	16,39	17,03	16,85
DENSIDADES			
NATURAL gr/cm ³	1,97	1,85	1,97
SECA gr/cm ³	1,69	1,58	1,69
DE SOLID. gr/cm ³			

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.10.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE

REALIZADO : EL TESISTA

FECHA: 05-06-12

NORMA: ASTM D2850

ENSAYO: U-U

CALICATA No.: MUESTRA 5

PROFUND.(m): (1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: 01		<-----		--- 1 ---		----->	
Constante anillo de prueba:						0,85	
Presión de Conf. (Kg/cm2):						0,50	
Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)		
0	0,00	8,55	0,80	0,68	0,08		
5	0,17	8,57	2,10	1,79	0,21		
10	0,35	8,58	5,00	4,25	0,50		
20	0,70	8,61	6,90	5,87	0,68		
30	1,05	8,64	8,70	7,40	0,86		
40	1,40	8,67	10,05	8,54	0,98		
50	1,74	8,70	11,20	9,52	1,09		
60	2,09	8,74	12,10	10,29	1,18		
70	2,44	8,77	13,00	11,05	1,26		
80	2,79	8,80	13,90	11,82	1,34		
90	3,14	8,83	14,30	12,16	1,38		
100	3,49	8,86	15,50	13,18	1,49		
120	4,19	8,93	16,15	13,73	1,54		
140	4,88	8,99	16,90	14,37	1,60		
160	5,58	9,06	17,70	15,05	1,66		
180	6,28	9,13	18,05	15,34	1,68		
200	6,98	9,19	19,00	16,15	1,76		
220	7,68	9,26	19,10	16,24	1,75		
230	8,02	9,30	19,70	16,75	1,80		
240	8,37	9,33	19,90	16,92	1,81		
250	8,72	9,37	20,05	17,04	1,82		
260	9,07	9,41	20,05	17,04	1,81		
270	9,42	9,44	20,40	17,34	1,84		
280	9,77	9,48	20,80	17,68	1,87		
290	10,12	9,52	20,90	17,77	1,87		
300	10,47	9,55	21,05	17,89	1,87		
310	10,82	9,59	21,05	17,89	1,87		
320	11,16	9,63	21,05	17,89	1,86		

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 1,87

ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 2,37

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.10.3 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANALISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.
LOCALIZAC: VÍA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM
ASESOR: ING. BELIZARIO ZARATE
REALIZADO : EL TESISISTA
FECHA: 05-06-12

NORMA : ASTM D2850
ENSAYO : U-U
CALICATA No. : MUESTRA 5
PROFUND. (m) : (1.20 a 1.50) m.

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 2 ----->
Constante anillo de prueba: 0,85
Presión de Conf. (Kg/cm2): 1,00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,66	1,50	1,28	0,15
5	0,17	8,67	2,50	2,13	0,25
10	0,34	8,69	4,50	3,83	0,44
20	0,69	8,72	6,80	5,78	0,66
30	1,03	8,75	8,90	7,57	0,86
40	1,38	8,78	10,00	8,50	0,97
50	1,72	8,81	10,80	9,18	1,04
60	2,07	8,84	11,50	9,78	1,11
70	2,41	8,87	12,90	10,97	1,24
80	2,75	8,90	13,90	11,82	1,33
90	3,10	8,93	14,80	12,58	1,41
100	3,44	8,97	15,50	13,18	1,47
260	8,95	9,51	25,20	21,42	2,25
280	9,64	9,58	25,99	22,09	2,31
300	10,33	9,65	26,80	22,78	2,36
320	11,01	9,73	27,45	23,33	2,40
340	11,70	9,80	28,10	23,89	2,44
360	12,39	9,88	29,45	25,03	2,53
380	13,08	9,96	30,05	25,54	2,56
400	13,77	10,04	30,50	25,93	2,58
410	14,11	10,08	31,20	26,52	2,63
420	14,46	10,12	31,60	26,86	2,65
430	14,80	10,16	31,60	26,86	2,64
440	15,14	10,20	31,99	27,19	2,67
450	15,49	10,24	32,05	27,24	2,66
460	15,83	10,29	32,05	27,24	2,65
470	16,18	10,33	32,50	27,63	2,67
480	16,52	10,37	32,80	27,88	2,69
490	16,86	10,41	32,80	27,88	2,68
500	17,21	10,46	32,80	27,88	2,67

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 2,69
ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 3,69 σ_{3max}

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino González
TESISTA



UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.10.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

PROYECTO : ANALISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA VÍA ENTRE ZUMBI - PAQUISHA, DESDE LA ABSCISA 5+500 KM ASTA 8+200 KM.

LOCALIZAC: VIA ZUMBI-PAQUISHA ABSCISA 5+500 KM HASTA 8+200 KM

NORMA:

ASTM D2850

REGISTRO DEL ENSAYO

PROBETA No.: <----- - 3 ----->
Constante anillo de prueba: 0,85
Presión de Conf. (Kg/cm2): 2,00

Dial Deform. .001 "	Deform. Unit. (%)	Área Corr. (cm2)	Dial Carga .001 "	Carga (kg)	Tensión Desviante (Kg/cm2)
0	0,00	8,68	2,50	2,13	0,24
5	0,17	8,70	5,20	4,42	0,51
10	0,34	8,71	11,00	9,35	1,07
20	0,69	8,74	13,50	11,48	1,31
30	1,03	8,77	17,00	14,45	1,65
40	1,38	8,80	19,99	16,99	1,93
50	1,72	8,84	22,20	18,87	2,14
60	2,07	8,87	23,30	19,81	2,23
70	2,41	8,90	24,80	21,08	2,37
80	2,75	8,93	26,20	22,27	2,49
90	3,10	8,96	30,10	25,59	2,86
100	3,44	8,99	31,30	26,61	2,96
120	4,13	9,06	34,50	29,33	3,24
140	4,82	9,12	36,70	31,20	3,42
160	5,51	9,19	38,05	32,34	3,52
180	6,20	9,26	39,80	33,83	3,65
200	6,88	9,33	40,99	34,84	3,74
220	7,57	9,39	42,00	35,70	3,80
240	8,26	9,46	43,00	36,55	3,86
260	8,95	9,54	43,90	37,32	3,91
280	9,64	9,61	44,99	38,24	3,98
300	10,33	9,68	45,90	39,02	4,03
320	11,01	9,76	46,80	39,78	4,08
340	11,70	9,83	47,20	40,12	4,08
360	12,39	9,91	47,80	40,63	4,10
380	13,08	9,99	48,00	40,80	4,08
400	13,77	10,07	48,05	40,84	4,06
410	14,11	10,11	48,50	41,23	4,08
420	14,46	10,15	48,85	41,52	4,09
430	14,80	10,19	49,00	41,65	4,09
440	15,14	10,23	49,20	41,82	4,09
450	15,49	10,27	49,50	42,08	4,10
460	15,83	10,32	49,80	42,33	4,10
470	16,18	10,36	49,99	42,49	4,10
480	16,52	10,40	50,05	42,54	4,09
490	16,86	10,44	50,05	42,54	4,07
500	17,21	10,49	50,05	42,54	4,06

RESULTADOS: ESF. DESV. : (Kg/cm2) = 4,10
ESF. PRINCIPAL: (Kg/cm2) = 6,10

M.Sc. Belizario Zárate Torres
DIRECTOR DE TESIS

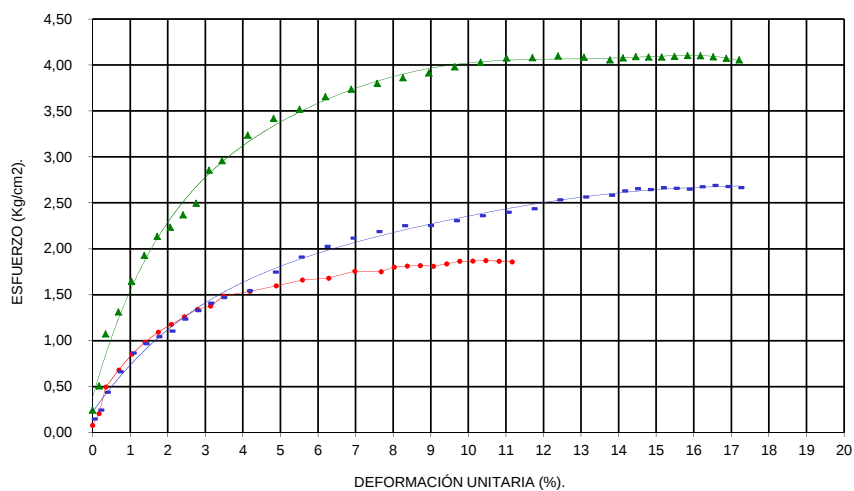
Fanny Verónica Merino González
TESISTA



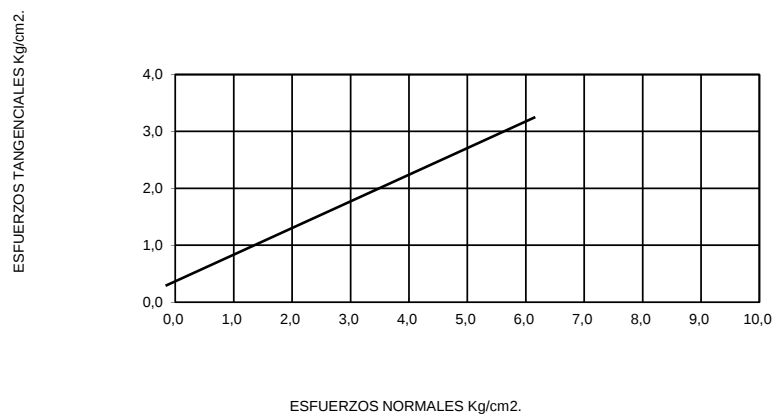
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO - MINERA
LABORATORIOS UCG

ANEXO III.10.5 ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

ESFUERZO Vs DEFORMACIÓN.



CIRCULO DE MOHR



COHESIÓN (C) = 0,472 Kg/cm².
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ) = 23°

M.Sc. Belizario Zárate T.
DIRECTOR DE TESIS

Fanny Verónica Merino G.
TESISTA

ANEXO IV
ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO



REPUBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - INAMHI



ANEXO IV.1.0 PRECIPITACIONES MENSUALES - MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL

ZONA: 7 LATITUD: 3 54 40 S
CÓDIGO: M506 LONGITUD: 78 38 26 W
NOMBRE: PAQUISHA ELEVACIÓN: 650 msnm
PROVINCIA: ZAMORA CHINCHIPE PERIODO: 2002 - 2008

Nº	AÑO	PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)												Σ Prec. Anual
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	
1	2002	129,70	-	-	-	124,30	254,10	510,00	173,00	199,90	133,80	213,80	119,40	1858,00
2	2003	159,60	237,00	78,10	71,50	354,10	207,40	206,20	106,50	25,10	6,60	47,40	114,20	1613,70
3	2004	82,00	98,60	225,10	-	292,30	288,80	349,40	80,00	134,70	147,60	96,40	76,50	1871,40
4	2005	37,10	137,70	198,50	383,20	227,40	473,80	226,40	177,60	172,60	236,20	128,10	289,30	2687,90
0	2006	261,30	270,50	192,90	269,30	181,40	223,70	187,80	190,40	229,10	226,40	284,70	341,00	2858,50
6	2007	249,40	96,10	287,70	560,80	308,50	402,00	231,80	376,70	290,20	272,80	277,90	160,80	3514,70
7	2008	198,60	632,00	282,60	141,70	154,50	100,60	297,70	162,10	229,60	260,40	237,10	151,80	2848,70

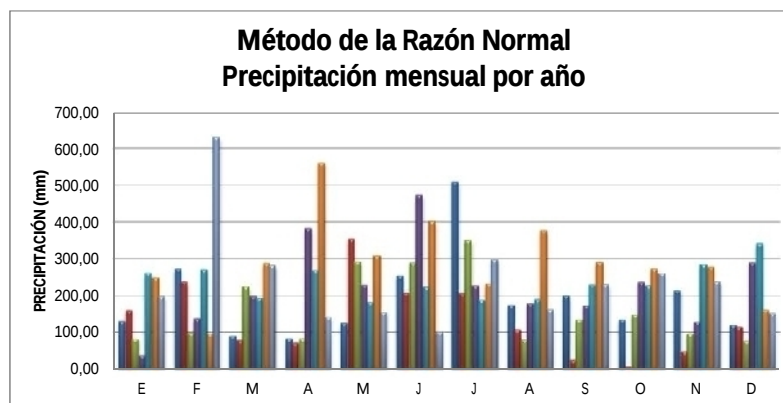
MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL

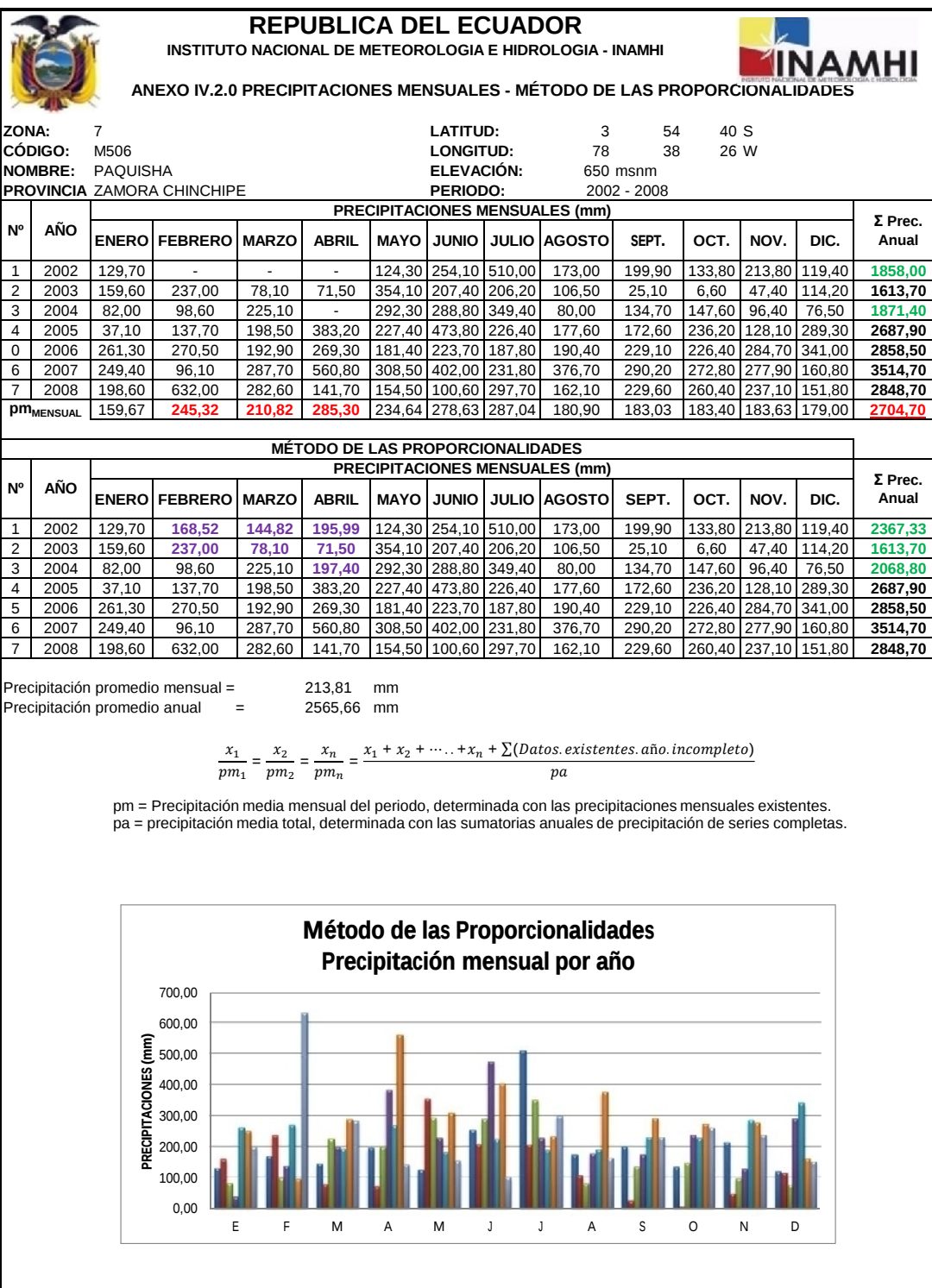
Nº	AÑO	PRECIPITACIONES MENSUALES (mm)												Σ Prec. Anual
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	
1	2002	129,70	272,88	89,92	82,32	124,30	254,10	510,00	173,00	199,90	133,80	213,80	119,40	2303,12
2	2003	159,60	237,00	78,10	71,50	354,10	207,40	206,20	106,50	25,10	6,60	47,40	114,20	1613,70
3	2004	82,00	98,60	225,10	82,92	292,30	288,80	349,40	80,00	134,70	147,60	96,40	76,50	1954,32
4	2005	37,10	137,70	198,50	383,20	227,40	473,80	226,40	177,60	172,60	236,20	128,10	289,30	2687,90
5	2006	261,30	270,50	192,90	269,30	181,40	223,70	187,80	190,40	229,10	226,40	284,70	341,00	2858,50
6	2007	249,40	96,10	287,70	560,80	308,50	402,00	231,80	376,70	290,20	272,80	277,90	160,80	3514,70
7	2008	198,60	632,00	282,60	141,70	154,50	100,60	297,70	162,10	229,60	260,40	237,10	151,80	2848,70

Precipitación promedio mensual = 211,68 mm
Precipitación promedio anual = 2540,13 mm

$$\frac{x_1}{d_1} = \frac{x_2}{d_2} = \frac{x_n}{d_n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n + \sum(\text{Datos. existentes. año. incompleto})}{\sum(\text{Datos. año. base})}$$

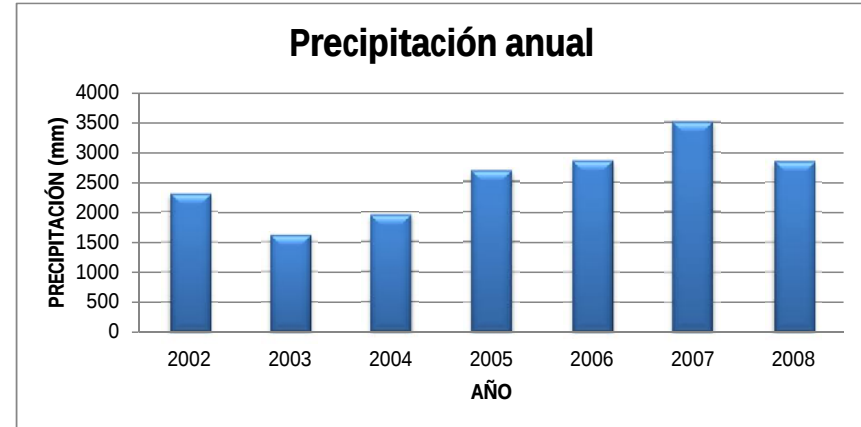
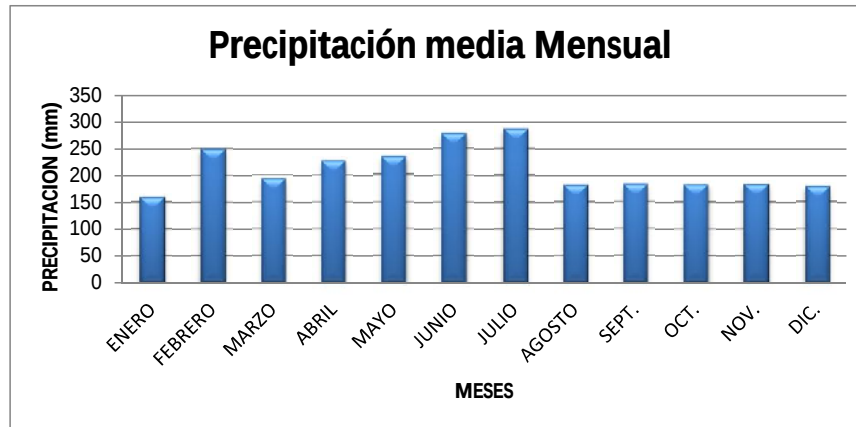
xi = variable de dato mensual faltante del año a rellenar
di = valor mensual del año base, correspondiente al mes faltante





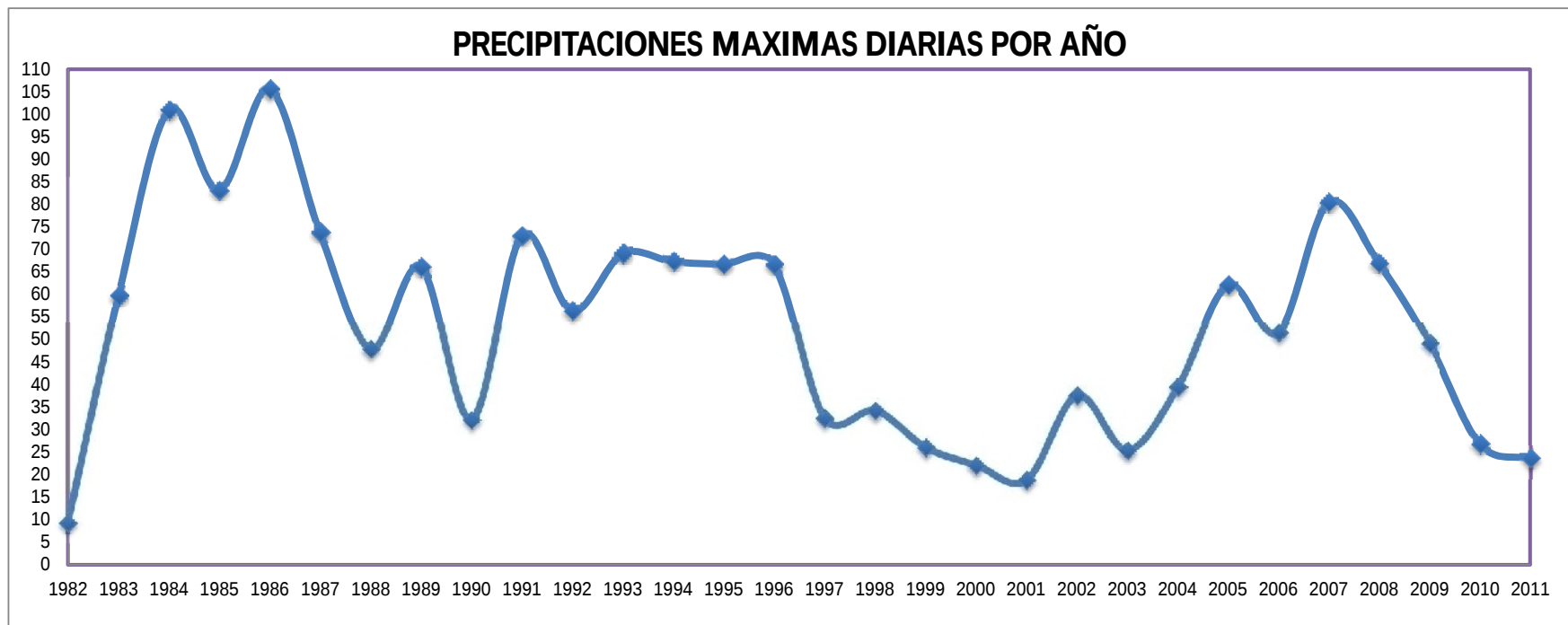
ANEXO IV.3.0 RESUMEN DE PRECIPITACIONES MENSUALES

N°	AÑO	PRECIPITACIONES MENSUALES (mm) - MÉTODO DE LA RAZÓN NORMAL												Σ Prec. Anual
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	
1	2002	129,70	272,88	89,92	82,32	124,30	254,10	510,00	173,00	199,90	133,80	213,80	119,40	2303,12
2	2003	159,60	237,00	78,10	71,50	354,10	207,40	206,20	106,50	25,10	6,60	47,40	114,20	1613,70
3	2004	82,00	98,60	225,10	82,92	292,30	288,80	349,40	80,00	134,70	147,60	96,40	76,50	1954,32
4	2005	37,10	137,70	198,50	383,20	227,40	473,80	226,40	177,60	172,60	236,20	128,10	289,30	2687,90
5	2006	261,30	270,50	192,90	269,30	181,40	223,70	187,80	190,40	229,10	226,40	284,70	341,00	2858,50
6	2007	249,40	96,10	287,70	560,80	308,50	402,00	231,80	376,70	290,20	272,80	277,90	160,80	3514,70
7	2008	198,60	632,00	282,60	141,70	154,50	100,60	297,70	162,10	229,60	260,40	237,10	151,80	2848,70
Prec. Media Mensual		159,67	249,25	193,55	227,39	234,64	278,63	287,04	180,90	183,03	183,40	183,63	179,00	2540,13



ANEXO IV.4.0 PRECIPITACIÓN MAXIMA DIARIA DESDE 1982 HASTA 2011 (30 AÑOS)

AÑO	PRECIPITACIÓN MAXIMA DIARIA (mm)												Prec. Max.
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	
1982											4,3	9,3	9,3
1983	9,4	3,1	3,7	3,3		2	3,1					59,7	59,7
1984	33,9	50,6	91,8	74,3	100,8	48,8	32,8	100,9	74,2	40,7	77	18,7	100,9
1985	36,5	78,9	81,2	77,3	83,1	54,5	45,8						83,1
1986	18,6	30,7	105,5	70,8	77,8	73,5	56,8	56,6	74,9				105,5
1987	56,2	55,1	73,7	44,2	33,8	35,8	57,8	56,5	34,5	34,5	45	43	73,7
1988	47,8	43,1	32,5	42,1	34,3	32,9	43	27,6	19,4	17,4	12	14,9	47,8
1989	8,1	9,1	15,4	21,6	11	21,3	27	66	16,7	28,1	9,5	24,1	66
1990		5,9	9,7	11,6	14,3	14,6	20,2	8,1	15,5	31	32,1	30,1	32,1
1991	22,3	18,2	40,1	34,4	25,8	44,6	42,8	24,1	61,8	73	32,9	52,8	73
1992	25,4	45,8	36	56,3	16,6	37,7	24,2	35,2	20,3	20,9	43,7	53,6	56,3
1993	19,5	49,9	49	50,6	49,5	34,6	69	36,8	23,1	31,5		21,2	69
1994	43,6	21,3	67,3	28,8	30,6	14,4	56,7	16	31	41,6	20,2	31	67,3
1995	33,1	46,1	23	28,6	66,7	19,3	46,9	28,8	39,6		49,4	25,2	66,7
1996	42	29,6	37	49,7	66,6	44,7	36,3	35,9	45,8	36,3	6,2	19,9	66,6
1997		30	16,7		23,1	25,8	32,4	17,5	27,7	12,2	18,6	26,4	32,4
1998	32	34,2	33,4	24,5	27,7	18,9	18,5	18,3	14,8	28,7	22,3		34,2
1999	26	21,4	10,7	20,8	24,8	22,8	20,6	20,1		14,8	12,5	16,5	26
2000	19,3				18,9	16,5	22,1		20,2	14,2	15,2		22,1
2001						17,3	18,8			17			18,8
2002	18,1				16	20	37,5	15,6	19,1	18,5	14,5	10	37,5
2003	13,8	18,2	13	13,9	21,6	13,8	25,4	15	9,9	4,3	18,4	14,6	25,4
2004	13	12,5	17		31,9	36,5	37,6	14,2	15,7	22,2	39,4	12	39,4
2005	10	20,1	21,3	31,4	23,3	62	26,6	29,2	29,6	35,5	33	39,5	62
2006	45,3	41,5	14,5	34,6	29,1	26,3	36,7	45,5	25,1	43,8	51,4	42,3	51,4
2007	34,2	16,8	31,5	80,4	36,5	38,1	28	32,8	31,1	31,2	28,4	31,2	80,4
2008	31,9	66,9	44,6	22,5	30,9	18,5	35,1	26,7	30,5	26,5	57	18	66,9
2009	23	34,4	41,5	34,7	23,7	27,8	41,1	49		29,1	33,5	23	49
2010	26,8	25,6	20,2	21	18,5	18,5	15,3	18,3	12		17,7	13,2	26,8
2011	15	18,9		23,5		11,7	21,4	7,8	12,3	21,7	19,9		23,5
Prec. Max. Mensual	56,2	78,9	105,5	80,4	100,8	73,5	69	100,9	74,9	73	77	59,7	1572,8



ANEXO IV.5.0 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA OBTENER LA ECUACIÓN GENERAL DE INTENSIDAD (CURVAS I-D-F)

VARIABLES ESTADÍSTICAS DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS

$$P. \text{ MEDIA DIARIA} = \bar{x} = \frac{\sum x}{n} = 52,43 \text{ mm} \quad S_x = \sqrt{\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{n-1}} = 24,65 \quad C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot \sum \left[\frac{(x-\bar{x})}{S_x} \right]^3 = 0,245$$

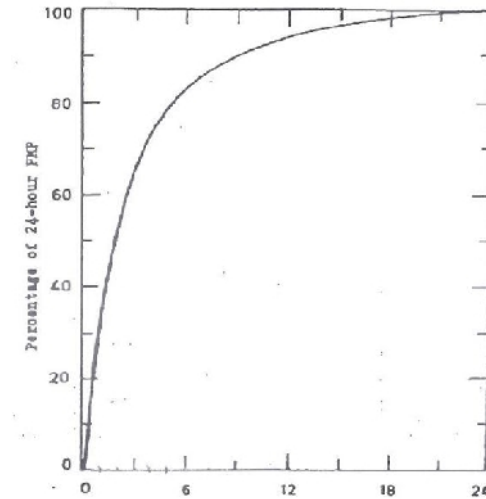
VARIABLES DEL MODELO DE PROBABILIDAD PARA P.M.P. EN LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

$$\alpha = Sx \cdot \frac{\sqrt{6}}{\pi} = \frac{19,222}{0,0520} \quad u = \bar{x} - 0.5772\alpha = 41,34 \quad y_i = -Ln \left[-Ln \left(1 - \frac{1}{Tr} \right) \right] \quad X = u + (\alpha \cdot y_i)$$

MODELO DE PROBABILIDAD PARA P.M.P, DE LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO:

		PERIODO DE RETORNO								
		5	10	20	30	40	50	60	75	100
y_i		1,50	2,25	2,97	3,38	3,68	3,90	4,09	4,31	4,60
	x	70,17	84,60	98,43	106,39	112,00	116,34	119,88	124,20	129,76
$F_{(x)}$		0,80	0,90	0,95	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
P.M.P		79,29	95,59	111,23	120,22	126,56	131,47	135,46	140,35	146,63

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{P.M.P.-u}{\alpha}\right)}}$$



Duración		% T _{24h}	P.M.P. para diferentes tiempos de duración, según el periodo de retorno									Intensidad (mm/hr) para diferentes tiempos de duración, según el								
h	min		5	10	20	30	40	50	60	75	100	5	10	20	30	40	50	60	75	100
24	1440	1,00	79,29	95,59	111,23	120,22	126,56	131,47	135,46	140,35	146,63	3,30	3,98	4,63	5,01	5,27	5,48	5,64	5,85	6,11
20	1200	0,99	78,50	94,64	110,12	119,02	125,30	130,15	134,11	138,94	145,17	3,93	4,73	5,51	5,95	6,26	6,51	6,71	6,95	7,26
18	1080	0,98	77,71	93,68	109,00	117,82	124,03	128,84	132,75	137,54	143,70	4,32	5,20	6,06	6,55	6,89	7,16	7,38	7,64	7,98
16	960	0,97	76,92	92,73	107,89	116,62	122,77	127,52	131,40	136,14	142,23	4,81	5,80	6,74	7,29	7,67	7,97	8,21	8,51	8,89
12	720	0,94	74,54	89,86	104,55	113,01	118,97	123,58	127,34	131,93	137,83	6,21	7,49	8,71	9,42	9,91	10,30	10,61	10,99	11,49
8	480	0,88	69,78	84,12	97,88	105,80	111,38	115,69	119,21	123,51	129,04	8,72	10,52	12,24	13,22	13,92	14,46	14,90	15,44	16,13
6	360	0,82	65,02	78,39	91,21	98,58	103,78	107,80	111,08	115,08	120,24	10,84	13,06	15,20	16,43	17,30	17,97	18,51	19,18	20,04
5	300	0,77	61,06	73,61	85,65	92,57	97,45	101,23	104,31	108,07	112,91	12,21	14,72	17,13	18,51	19,49	20,25	20,86	21,61	22,58
4	240	0,73	57,88	69,78	81,20	87,76	92,39	95,97	98,89	102,45	107,04	14,47	17,45	20,30	21,94	23,10	23,99	24,72	25,61	26,76
3	180	0,66	52,33	63,09	73,41	79,35	83,53	86,77	89,41	92,63	96,78	17,44	21,03	24,47	26,45	27,84	28,92	29,80	30,88	32,26
2	120	0,54	42,82	51,62	60,06	64,92	68,34	70,99	73,15	75,79	79,18	21,41	25,81	30,03	32,46	34,17	35,50	36,58	37,89	39,59
1	60	0,37	29,34	35,37	41,15	44,48	46,83	48,64	50,12	51,93	54,25	29,34	35,37	41,15	44,48	46,83	48,64	50,12	51,93	54,25
											I _{MEDIA}	11,42	13,76	16,01	17,31	18,22	18,93	19,50	20,21	21,11
$I_{MAX} = I_{Mi} + \left(\frac{S_i}{c}\right) (y_i - y_n)$											S _i	8,08	9,74	11,33	12,25	12,90	13,40	13,80	14,30	14,94

$$I_{MAX} = I_{Mi} + \left(\frac{S_{li}}{S_n} \right) (y_i - y_n)$$

n = 12

$$Y_n = 0,5035$$

Sn = 0,9833

MEDIA
S

Duración		T _i /T _{24h}	I _{MAX}									y = log I _{MAX}								
h	min		5	10	20	30	40	50	60	75	100	5	10	20	30	40	50	60	75	100
24	1440	1,00	11,49	21,29	33,07	40,90	46,88	51,78	55,93	61,22	68,36	1,06	1,33	1,52	1,61	1,67	1,71	1,75	1,79	1,83
20	1200	0,99	12,11	22,04	33,94	41,84	47,88	52,81	56,99	62,32	69,51	1,08	1,34	1,53	1,62	1,68	1,72	1,76	1,79	1,84
18	1080	0,98	12,50	22,51	34,49	42,43	48,50	53,46	57,66	63,01	70,23	1,10	1,35	1,54	1,63	1,69	1,73	1,76	1,80	1,85
16	960	0,97	12,99	23,10	35,17	43,18	49,28	54,27	58,50	63,88	71,14	1,11	1,36	1,55	1,64	1,69	1,73	1,77	1,81	1,85
12	720	0,94	14,40	24,79	37,14	45,31	51,53	56,60	60,90	66,36	73,73	1,16	1,39	1,57	1,66	1,71	1,75	1,78	1,82	1,87
8	480	0,88	16,91	27,82	40,67	49,11	55,53	60,76	65,19	70,81	78,38	1,23	1,44	1,61	1,69	1,74	1,78	1,81	1,85	1,89
6	360	0,82	19,02	30,37	43,63	52,32	58,91	64,26	68,80	74,55	82,29	1,28	1,48	1,64	1,72	1,77	1,81	1,84	1,87	1,92
5	300	0,77	20,40	32,03	45,56	54,40	61,10	66,54	71,15	76,98	84,83	1,31	1,51	1,66	1,74	1,79	1,82	1,85	1,89	1,93
4	240	0,73	22,66	34,75	48,73	57,83	64,71	70,29	75,01	80,98	89,01	1,36	1,54	1,69	1,76	1,81	1,85	1,88	1,91	1,95
3	180	0,66	25,63	38,33	52,90	62,34	69,46	75,22	80,09	86,25	94,51	1,41	1,58	1,72	1,79	1,84	1,88	1,90	1,94	1,98
2	120	0,54	29,60	43,11	58,46	68,35	75,78	81,79	86,86	93,26	101,84	1,47	1,63	1,77	1,83	1,88	1,91	1,94	1,97	2,01
1	60	0,37	37,53	52,67	69,59	80,37	88,44	94,94	100,41	107,30	116,50	1,57	1,72	1,84	1,91	1,95	1,98	2,00	2,03	2,07
Σ												15,14	17,69	19,63	20,59	21,22	21,68	22,04	22,46	22,98

Duración		T _i /T _{24h}	X = log Durac.	X ²	XY								
h	min				5	10	20	30	40	50	60	75	100
24	1440	1,00	1,380	1,90498307	1,46	1,83	2,10	2,22	2,31	2,37	2,41	2,47	2,53
20	1200	0,99	1,301	1,69267905	1,50	1,75	2,11	2,24	2,32	2,38	2,42	2,48	2,54
18	1080	0,98	1,255	1,57570906	1,51	1,70	2,12	2,25	2,33	2,38	2,43	2,48	2,55
16	960	0,97	1,204	1,44990493	1,54	1,64	2,13	2,26	2,34	2,39	2,44	2,49	2,56
12	720	0,94	1,079	1,16463216	1,60	1,50	2,17	2,29	2,36	2,42	2,46	2,51	2,58
8	480	0,88	0,903	0,81557152	1,70	1,30	2,22	2,33	2,41	2,46	2,50	2,55	2,61
6	360	0,82	0,778	0,60551937	1,77	1,15	2,26	2,37	2,44	2,50	2,54	2,58	2,64
5	300	0,77	0,699	0,48855907	1,81	1,05	2,29	2,40	2,47	2,52	2,56	2,60	2,66
4	240	0,73	0,602	0,36247623	1,87	0,93	2,33	2,43	2,50	2,55	2,59	2,63	2,69
3	180	0,66	0,477	0,22764469	1,94	0,76	2,38	2,48	2,54	2,59	2,63	2,67	2,73
2	120	0,54	0,301	0,09061906	2,03	0,49	2,44	2,53	2,59	2,64	2,68	2,72	2,77
1	60	0,37	0,000	0	2,17	0,00	2,54	2,63	2,69	2,73	2,76	2,80	2,85
Σ					9,980	10,3782982	20,90	14,11	27,10	28,43	29,29	30,42	31,72

$$\alpha = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum xy}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$\beta = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$f = \frac{\sum f}{n}$$

	T_{R5}	T_{R10}	T_{R20}	T_{R30}	T_{R40}	T_{R50}	T_{R60}	T_{R75}	T_{R100}	Σ
α_1	-2,06	1,72	-2,67	-2,81	-2,89	-2,95	-3,00	-3,06	-3,13	-20,86
β_1	4,00	-0,29	5,18	5,44	5,60	5,72	5,82	5,93	6,07	43,46
$x = \log T_R$	0,70	1,00	1,30	1,48	1,60	1,70	1,78	1,88	2,00	13,43
x^2	0,489	1,000	1,693	2,182	2,567	2,886	3,162	3,516	4,000	21,49
$A = y = \alpha_1$	2,59	3,00	3,33	3,49	3,61	3,69	3,75	3,83	3,93	31,22
xy	1,812	2,998	4,328	5,163	5,778	6,267	6,675	7,183	7,852	48,05

$$f = 4,83$$

$$\alpha_2 = 1,96$$

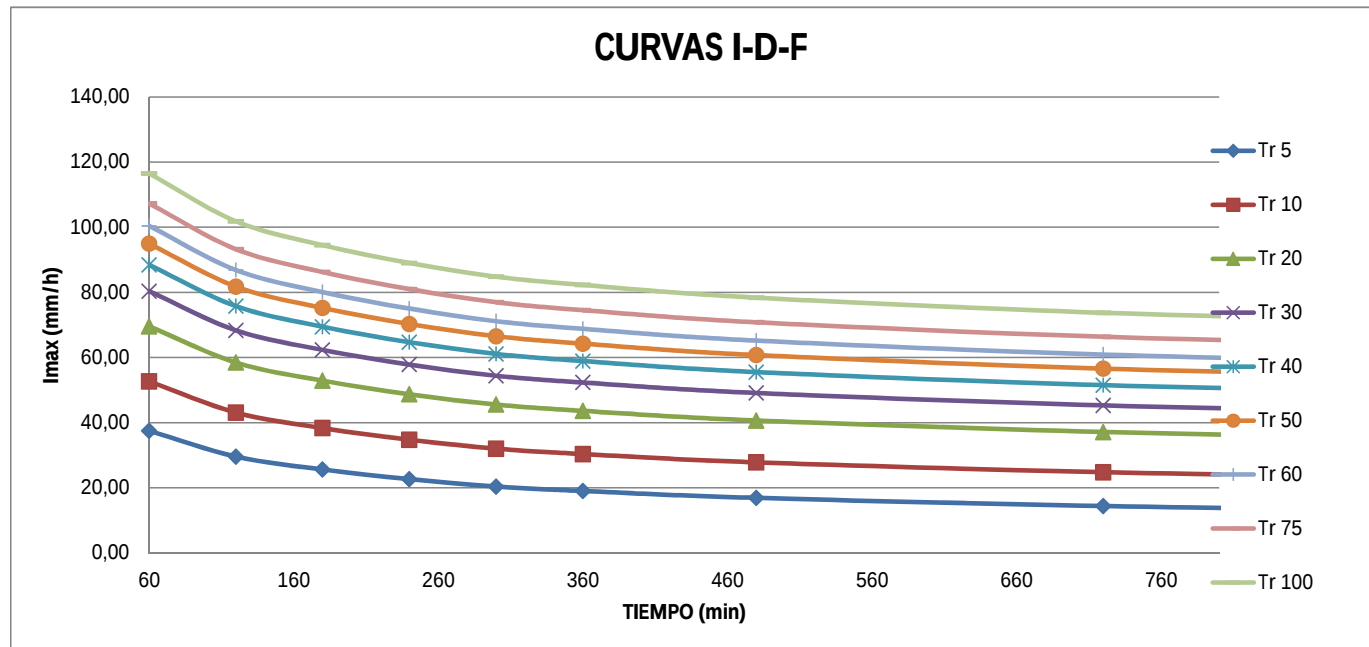
$$\beta_2 = 1,012$$

$$K = 91,200$$

$$e = 1,012$$

$$I = K \frac{Tr^e}{t^f}$$

$$I = 91,20 \frac{Tr^{1,012}}{t^{4,83}}$$



ANEXO IV.6.0 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO DE LOS TALUDES

DATOS TOPOGRÁFICOS

AREA _{DRENAR} (Km ²)	TALUD	L (m)	Cota _{INICIAL}	Cota _{FINAL}	S (m/m)	S (%)	tr (hr)	tc (hr)
0,0324	1	150	1014	1065	0,340	34,000	0,040	0,023
0,0184	2	130	1050	1095	0,346	34,615	0,036	0,021
0,0184	3	149	1080	1136	0,376	37,584	0,039	0,022

Pendiente

$$S = \frac{(Cota_{INICIAL} - Cota_{FINAL})}{L}, \text{ [m/m]}$$

L [m]

S [m/m] → S[m/m]*100 = S [%]

Tiempo de retraso

$$t_r = 0.005 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64}, \text{ [hr]}$$

L [m]

S [%]

Método de Kirpich

$$t_c = \frac{0.000325L^{0.77}}{S^{0.385}}, \text{ [hr]}$$

L [m]

S [m/m]

MÉTODO DE CHOW

$$I = 91.20 \frac{Tr^{1.012}}{t^{4.83}}, \text{ [mm/hr]}$$

t [min]

Tr [años]

$$I = \frac{P}{t}, \text{ [mm/hr]}$$

P [mm]

t [hr]

$$P_e = \frac{\left(P - \frac{508}{CN} + 5.08 \right)^2}{P + \frac{2032}{CN} - 20.32}, \text{ [cm]}$$

P [mm]

CN --- número de la curva

$$Q_p = \frac{0.278 P_e A_c}{d_e} Z, \text{ [m}^3/\text{s]}$$

A_c [Km²]

Z [factor de reducción]

d_e [hr]

Pe [mm]

Tr = 10

f = 4,83

K = 91,20

e = 1,01

CN = 69

$$I = 91.20 \frac{5^{1.012}}{t^{4.83}}, \text{ [mm/hr]}$$

t [min]

Tr [años]

$$\text{Para } 0.05 \leq d_e/t_r < 0.4 \quad Z = 0.73 \left(d_e/t_r \right)^{0.97}$$

$$\text{Para } 0.4 \leq d_e/t_r < 2 \quad Z = 1.89 \left(d_e/t_r \right)^{0.23} - 1.23$$

$$\text{Para } d_e/t_r > 2 \quad Z = 1$$

Cuadro 4.5 Número de curva de escorrentía para tierras agrícolas cultivadas, se obtiene de HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA de Monsalve S. Germán (Pastos de pastoreo, regular , Grupo de suelos B)

TALUD 1

# Tanteos	de (hr)	de (min)	I (mm/hr)	P = I x t (mm)	P (cm)	Pe (cm)	Pe (mm)	de/tr	Z	Q _P (m ³ /s)
1	0,023	1,40	7,17E+10	3,07E+12	3,07E+11	3,07E+11	3,07E+12	0,58	0,44	5,23E+11
2	0,8	48,00	2754,67	3443,34	344,33	331,01	3310,09	20,02	1	37,32
3	0,85	51,00	2055,42	2418,15	241,81	228,64	2286,40	21,27	1	24,26
4	0,98	58,80	1033,65	1054,74	105,47	92,92	929,17	24,53	1	8,55
5	1	60,00	937,55	937,55	93,76	81,33	813,27	25,03	1	7,34
6	1,1	66,00	591,65	537,87	53,79	42,16	421,63	27,53	1	3,46
7	1,2	72,00	388,64	323,87	32,39	21,83	218,30	30,03	1	1,64
8	1,3	78,00	264,03	203,10	20,31	11,04	110,39	32,53	1	0,77
9	1,4	84,00	184,59	131,85	13,18	5,33	53,27	35,04	1	0,34
10	1,5	90,00	132,27	88,18	8,82	2,38	23,80	37,54	1	0,14
11	1,6	96,00	96,85	60,53	6,05	0,94	9,37	40,04	1	0,05
12	1,7	102,00	72,26	42,51	4,25	0,29	2,90	42,55	1	0,02
13	1,8	108,00	54,83	30,46	3,05	0,05	0,48	45,05	1	0,0024
14	20	1200,00	0,00	0,00	0,00	0,57	5,71	500,54	1	0,0026
15	24	1440,00	0,00	0,00	0,00	0,57	5,71	600,64	1	0,0021
16	100	6000,00	0,00	0,00	0,00	0,57	5,71	2502,68	1	0,0005
17	200	12000,00	0,00	0,00	0,00	0,57	5,71	5005,35	1	0,00

$$Q_P = 0,766 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d_e = 1 \text{ hr}$$

TALUD 3

# Tanteos	de (hr)	de (min)	I (mm/hr)	P = I x t (mm)	P (cm)	Pe (cm)	Pe	de/tr	Z	Q _P (m ³ /s)
1	0,022	1,34	8,85E+10	3,96E+12	3,96E+11	3,96E+11	3,96E+12	0,58	0,44	3,96E+11
2	0,084	5,04	1,47E+08	1,75E+09	1,75E+08	1,75E+08	1,75E+09	2,18	1	1,06E+08
3	0,5	30,00	26666,73	53333,45	5333,35	5319,68	5,32E+04	12,98	1	543,31
4	0,8	48,00	2754,67	3443,34	344,33	331,01	3310,09	20,76	1	21,13
5	1	60,00	937,55	937,55	93,76	81,33	813,27	25,95	1	4,15
6	1,1	66,00	591,65	537,87	53,79	42,16	421,63	28,55	1	1,96
7	1,2	72,00	388,64	323,87	32,39	21,83	218,30	31,14	1	0,93
8	1,3	78,00	264,03	203,10	20,31	11,04	110,39	33,74	1	0,43
9	1,4	84,00	184,59	131,85	13,18	5,33	53,27	36,33	1	0,19
10	1,5	90,00	132,27	88,18	8,82	2,38	23,80	38,93	1	0,08
11	1,6	96,00	96,85	60,53	6,05	0,94	9,37	41,53	1	0,03
12	1,7	102,00	72,26	42,51	4,25	0,29	2,90	44,12	1	0,01
13	1,8	108,00	54,83	30,46	3,05	0,05	0,48	46,72	1	0,00
14	20	1200,00	0,00	0,00	0,00	0,57	5,71	519,06	1	0,00
15	24	1440,00	0,00	0,00	0,00	0,57	5,71	622,88	1	0,00
16	100	6000,00	0,00	0,00	0,00	0,57	5,71	2595,32	1	0,00
17	200	12000,00	0,00	0,00	0,00	0,57	5,71	5190,65	1	0,00

$$Q_P = 0,929 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d_e = 1 \text{ hr}$$

ANEXO V

MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

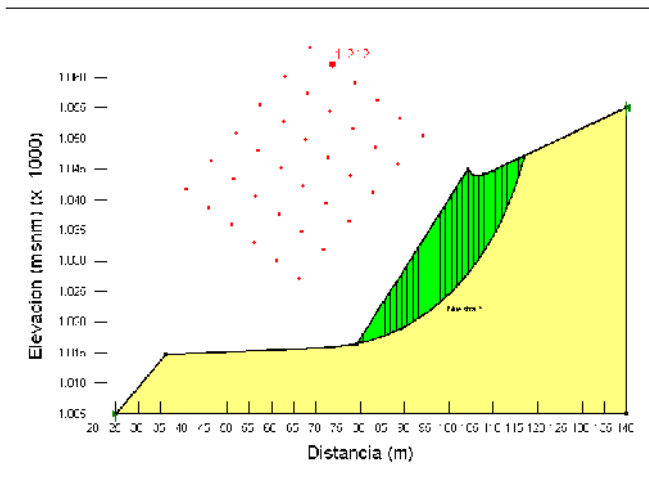


Figura 34: Perfil 1- Talud 1. Método Bishop – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

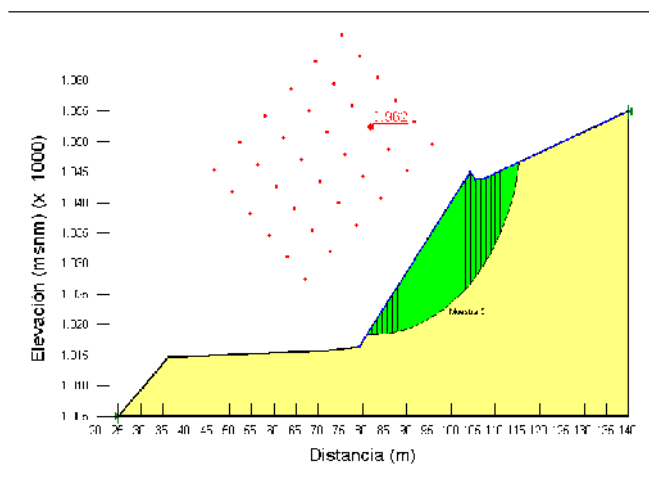


Figura 35: Perfil 1 – Talud 1. Método Bishop – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

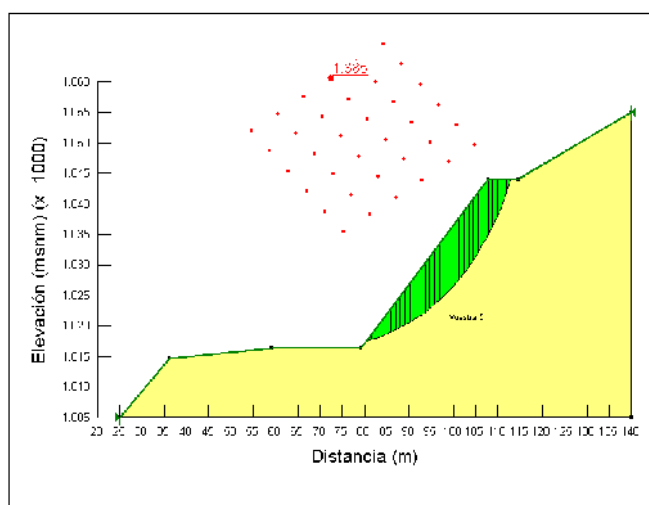


Figura 36: Talud 1. Método Bishop – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

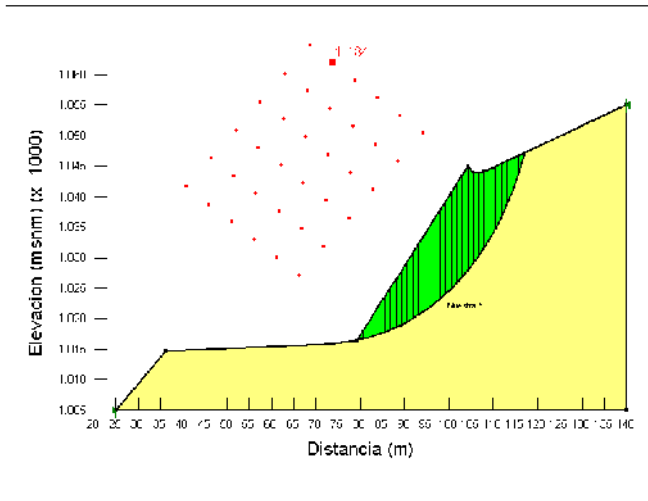


Figura 37: Perfil 1 – Talud 1. Método Janbu – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

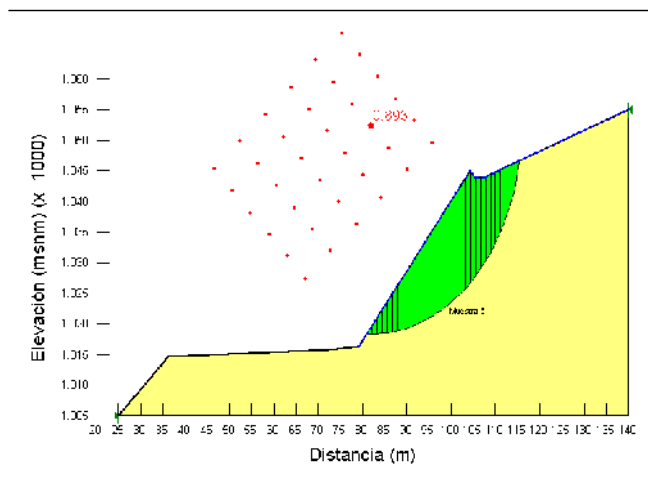


Figura 38: Perfil 1 – Talud 1. Método Janbu – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

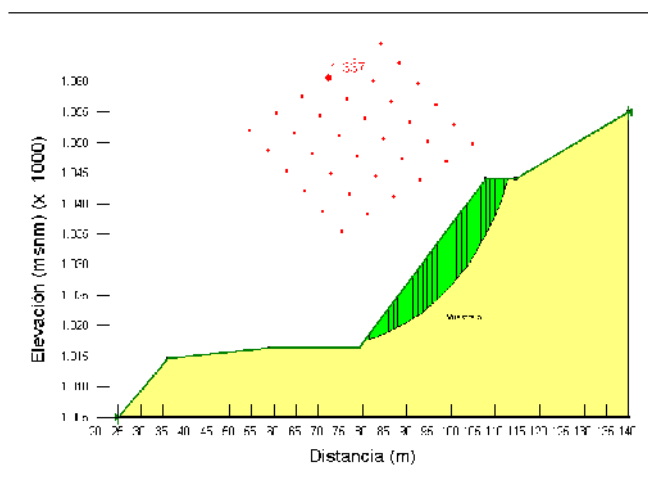


Figura 39: Perfil 1 – Talud 1. Método Janbu – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

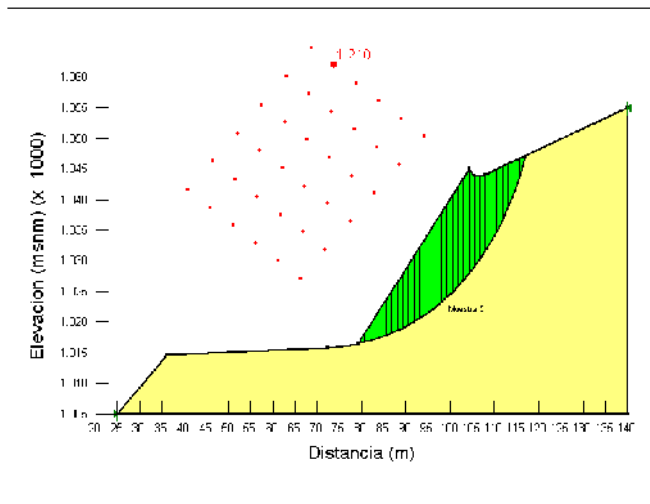


Figura 40: Perfil 1 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

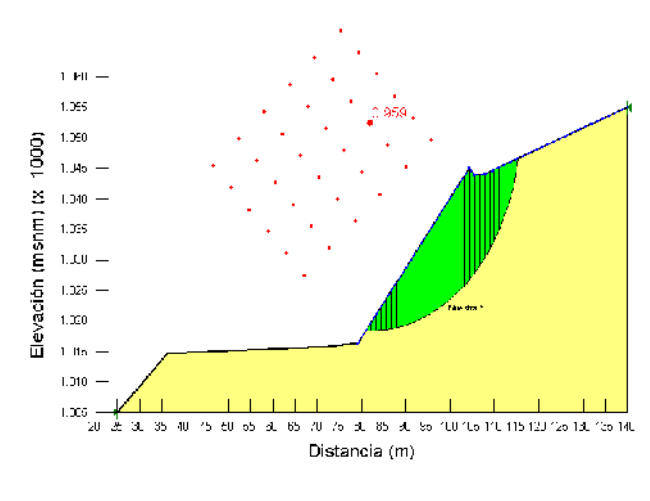


Figura 41: Perfil 1 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

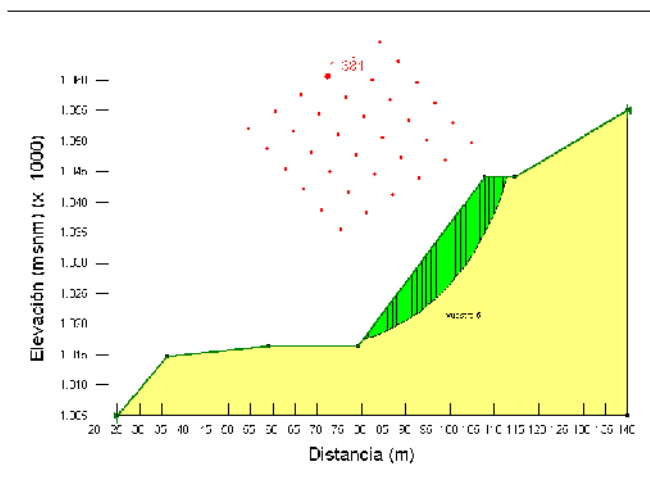


Figura 42: Perfil 1 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – cambio de geometría del talud
Fuente: El autor

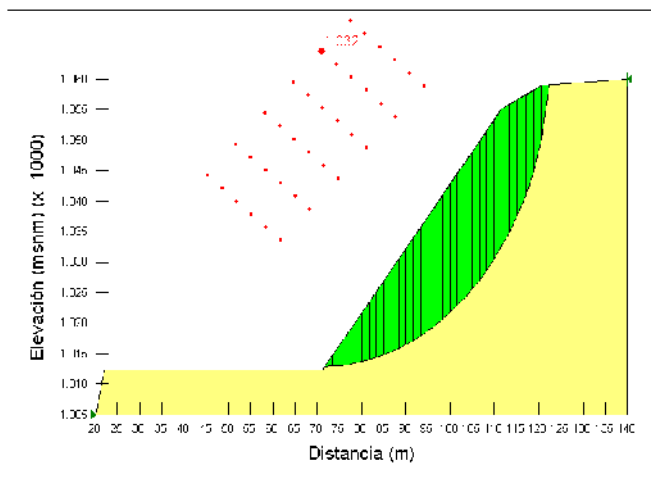


Figura 43: Perfil 2 – Talud 1. Método Bishop – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

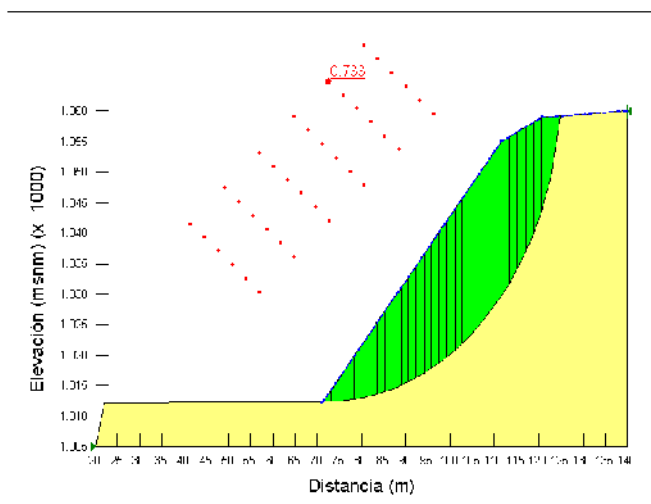


Figura 44: Perfil 2 – Talud 1. Método Bishop – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

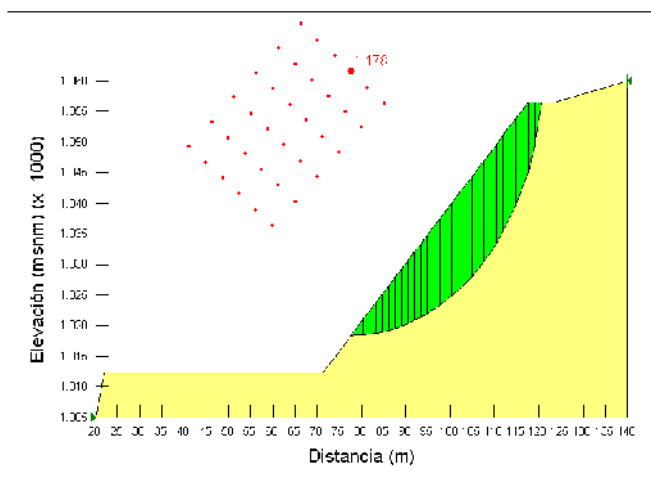


Figura 45: Perfil 2 – Talud 1. Método Bishop – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

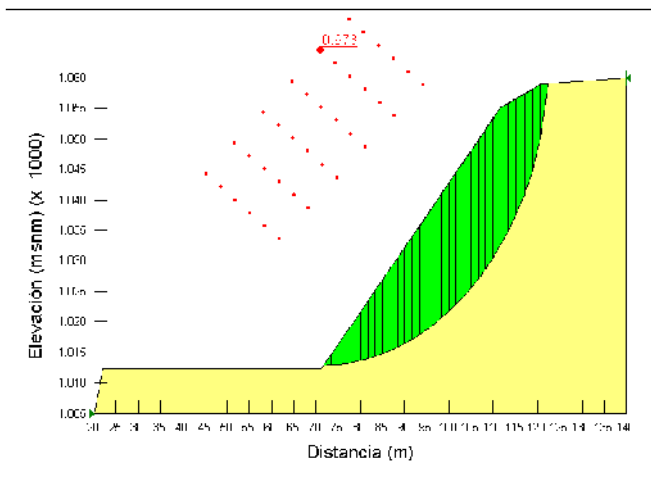


Figura 46: Perfil 2 – Talud 1. Método Janbu – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

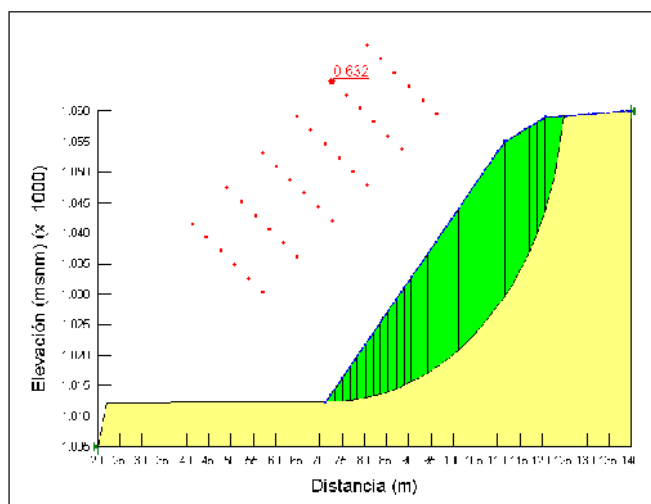


Figura 47: Perfil 2 – Talud 1. Método Janbu – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

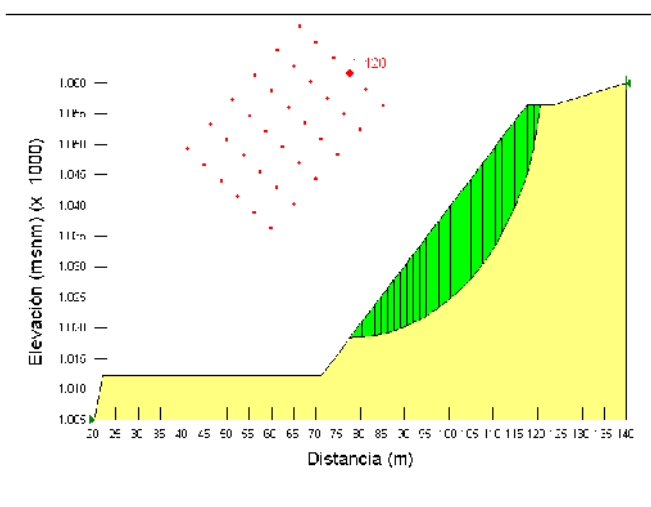


Figura 48: Perfil 2 – Talud 1. Método Janbu – cambio de geometría
Fuente: El autor

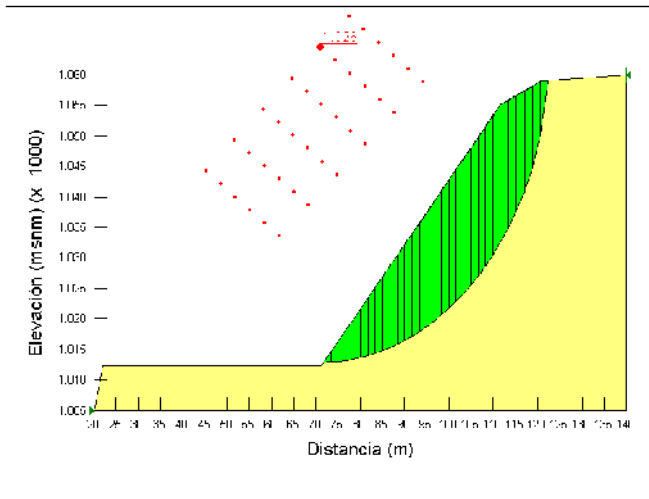


Figura 49: Perfil 2 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

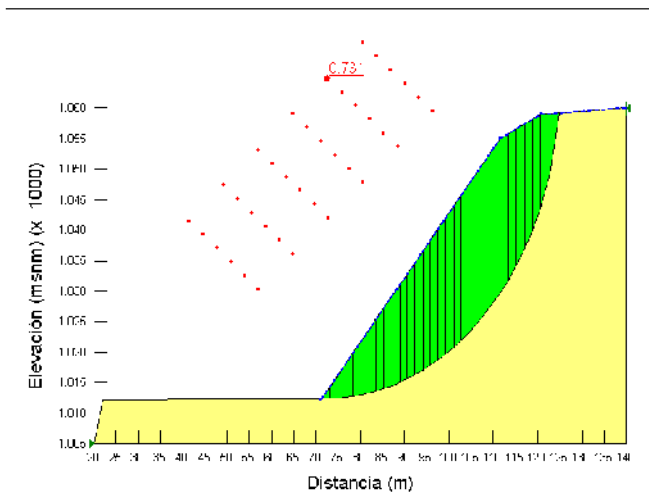


Figura 50: Perfil 2 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

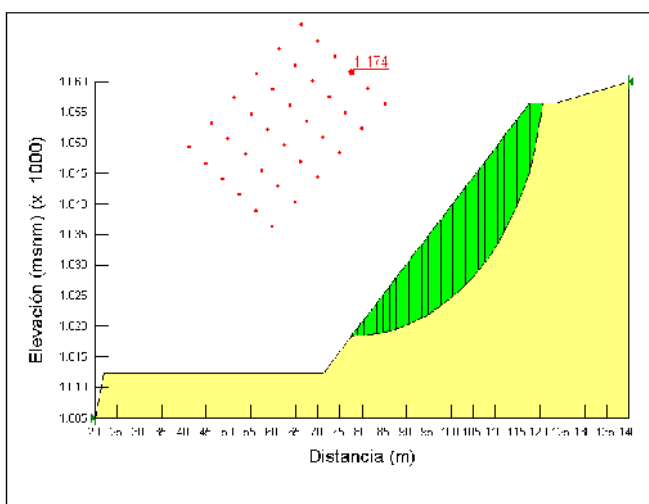


Figura 51: Perfil 2 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – cambio de geometría
Fuente: El autor

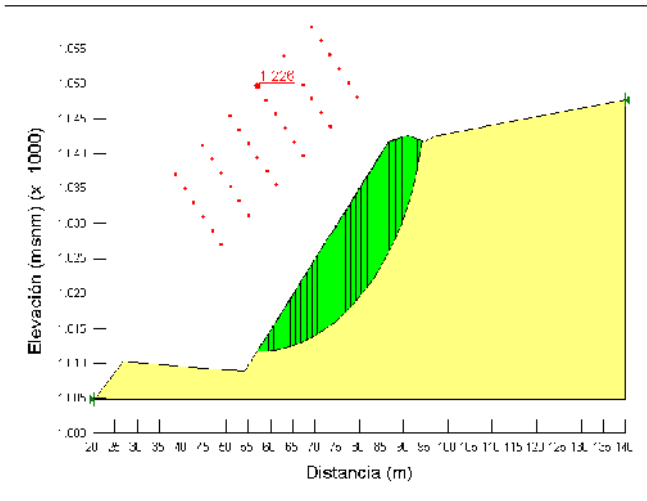


Figura 52: Perfil 3 – Talud 1. Método Bishop – sin escorrentía superficial
Fuente: El Autor

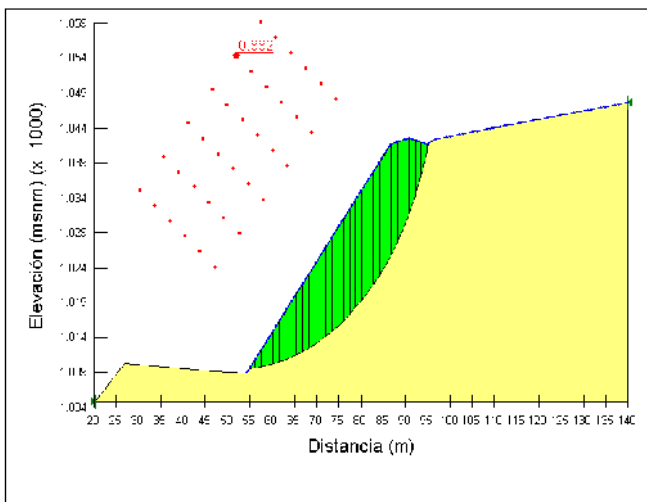


Figura 53: Perfil 3 – Talud 1. Método Bishop – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

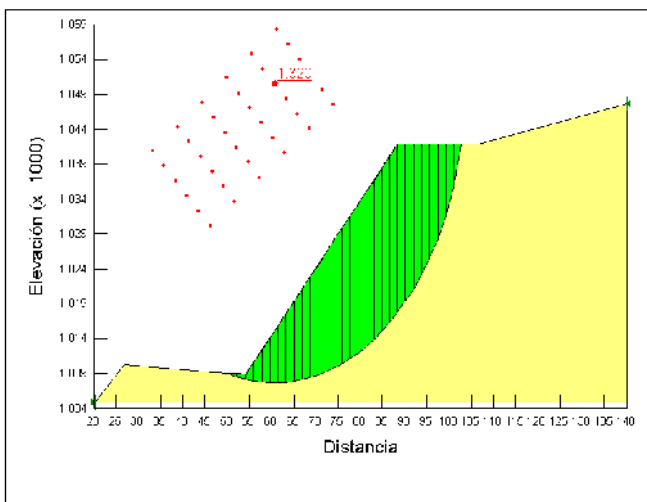


Figura 54: Perfil 3 – Talud 1. Método Bishop – cambio de geometría
Fuente: El autor

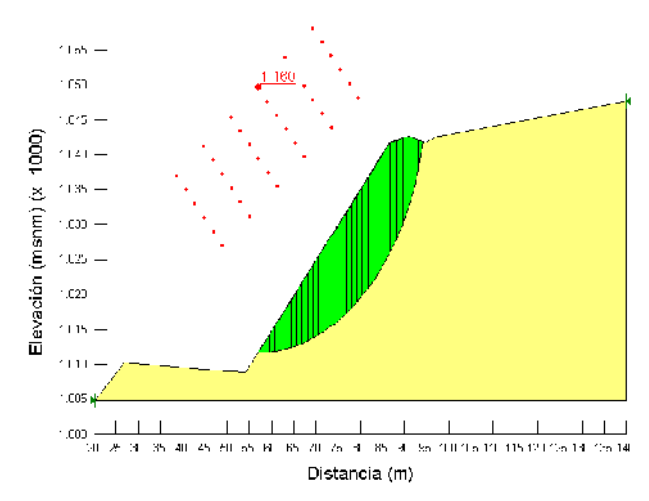


Figura 55: Perfil 3 – Talud 1. Método Janbu – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

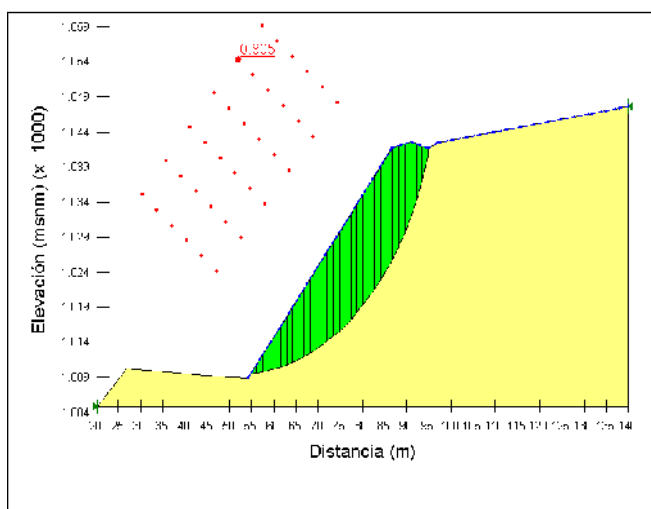


Figura 56: Perfil 3 – Talud 1. Método Janbu – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

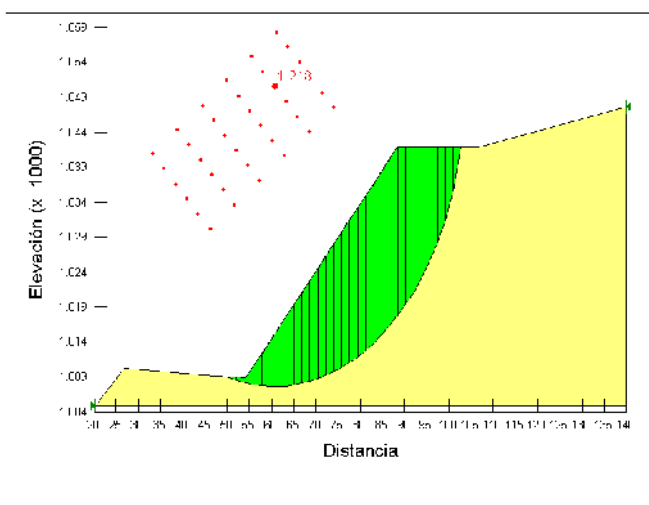


Figura 57: Perfil 3 – Talud 1. Método Janbu – cambio de escorrentía
Fuente: El autor

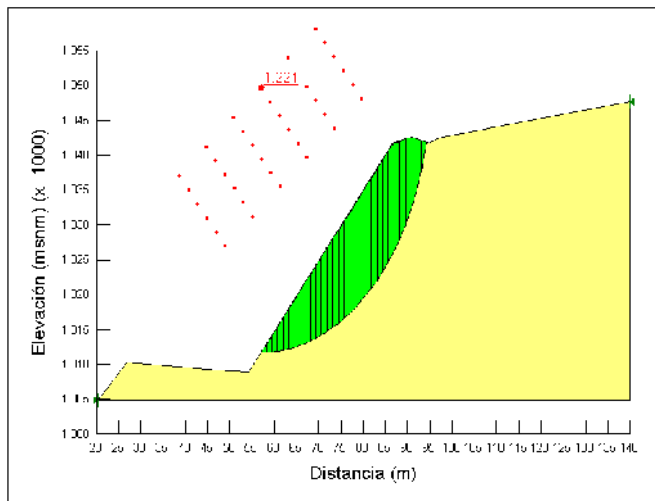


Figura 58: Perfil 3 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

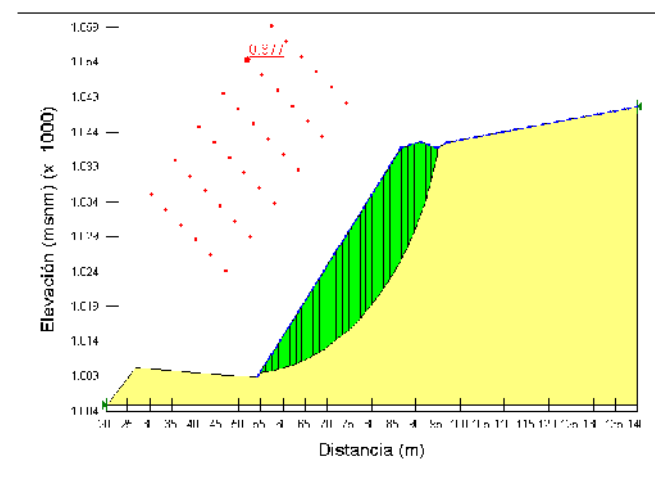


Figura 59: Perfil 3 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

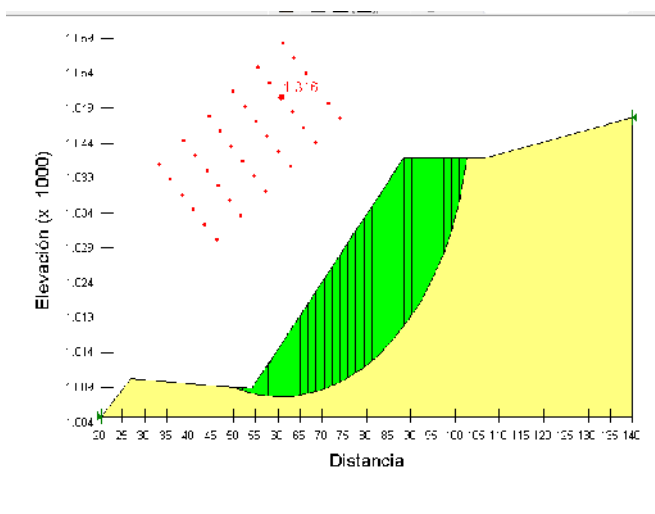


Figura 60: Perfil 3 – Talud 1. Método Morgenstern-Price – cambio de geometría
Fuente: El autor

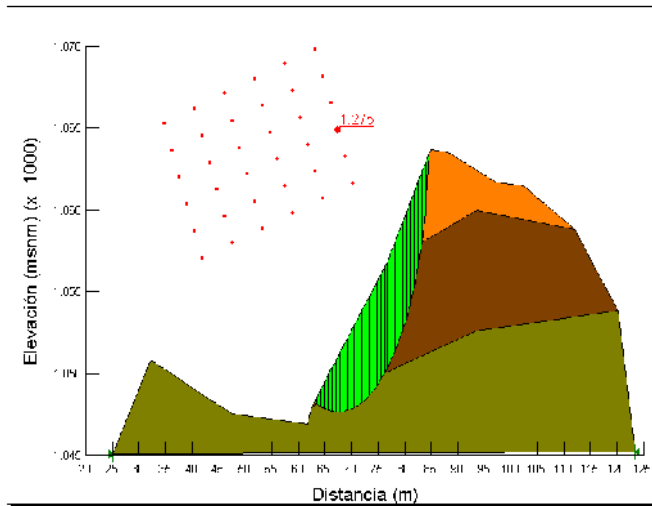


Figura 61: Perfil 1 – Talud 2. Método Bishop – sin correntía superficial
Fuente: El autor

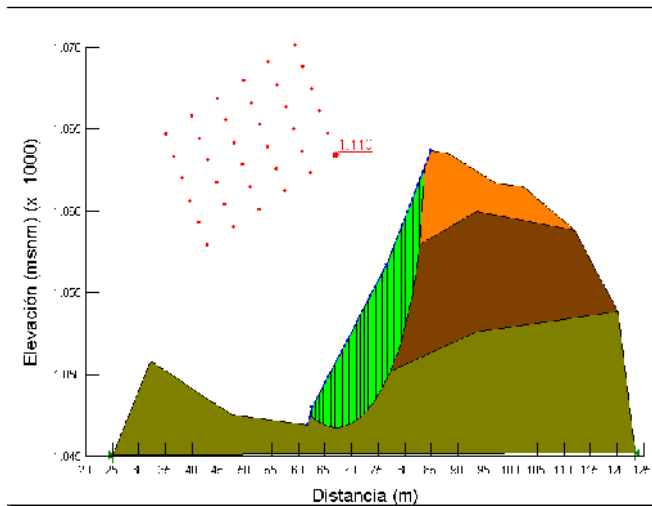


Figura 62: Perfil 1 – Talud 2. Método Bishop – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

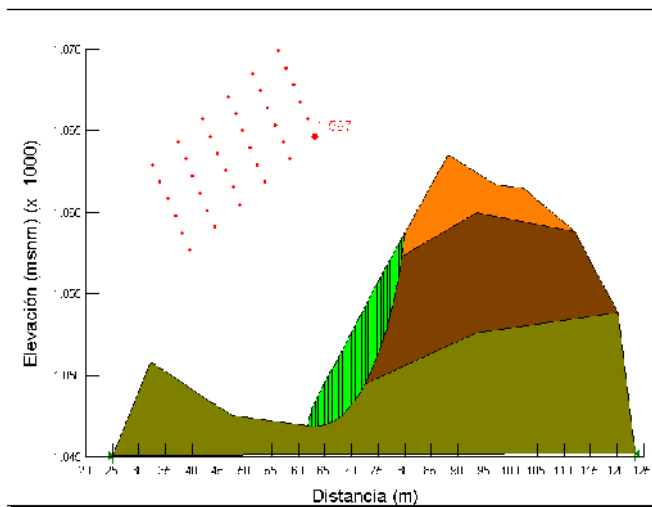


Figura 63: Perfil 1 – Talud 2. Método Bishop – cambio de geometría
Fuente: El autor

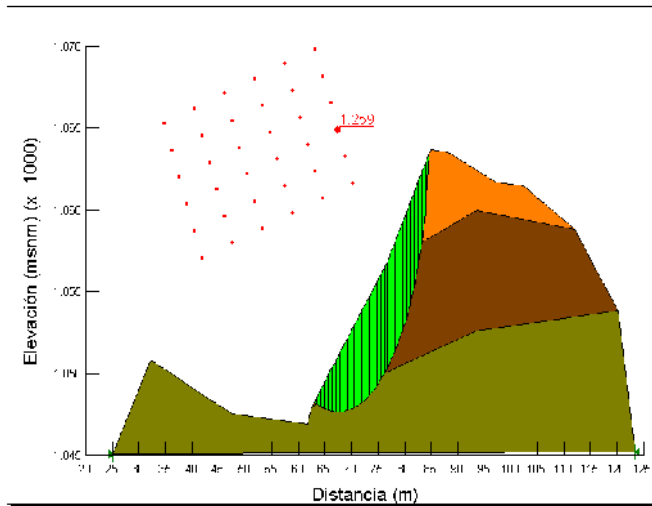


Figura 64: Perfil 1 – Talud 2. Método Janbu – sin escorrentía superficial.
Fuente: El autor

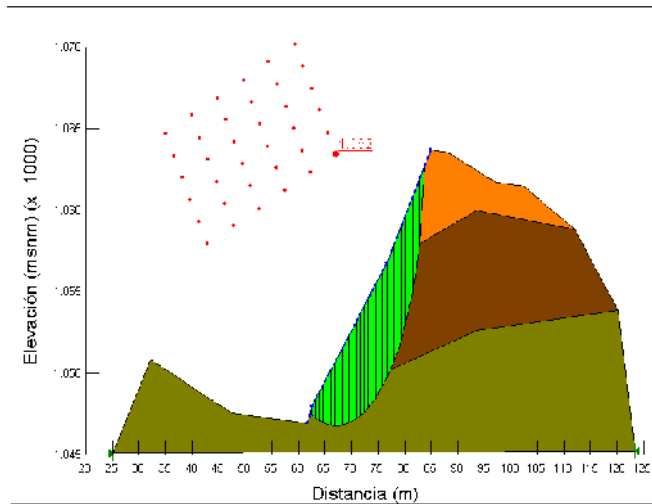


Figura 65: Perfil 1 – Talud 2. Método Janbu – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

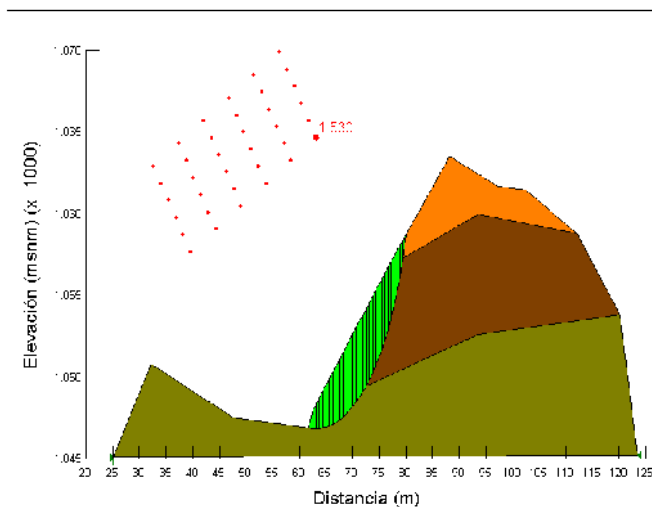


Figura 66: Perfil 1 – Talud 2. Método Janbu – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

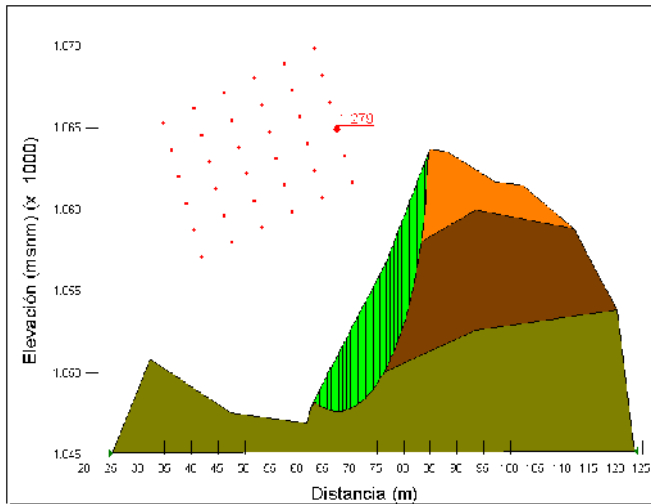


Figura 67: Perfil 1 – Talud 2. Método Morgenstern-Price –sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

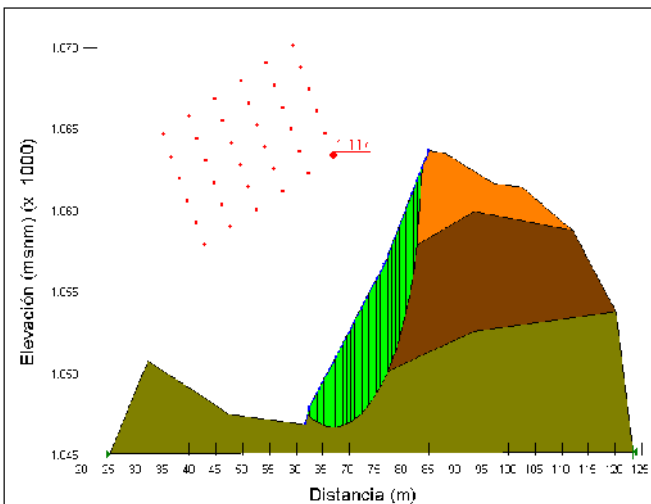


Figura 68: Perfil 1 – Talud 2. Método Morgenstern-Price –con escorrentía superficial
Fuente: El autor

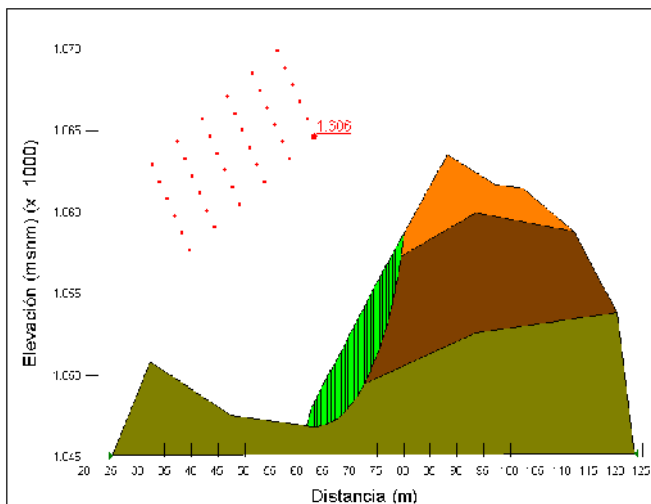


Figura 69: Perfil 1 – Talud 2. Método Morgenstern-Price –cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

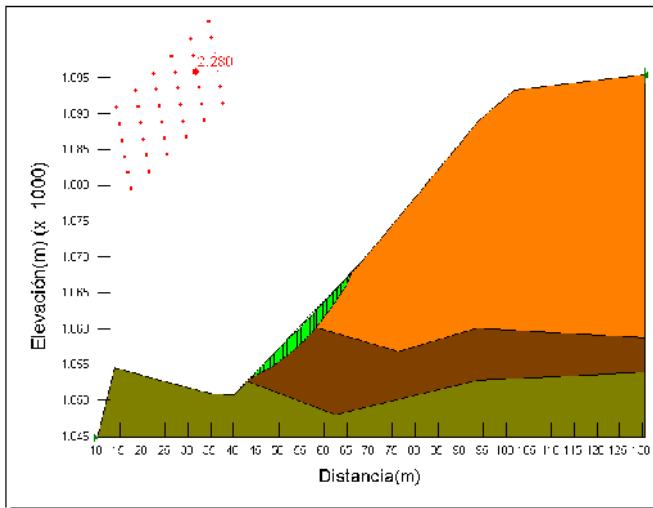


Figura 70: Perfil 2 – Talud 2. Método Bishop – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

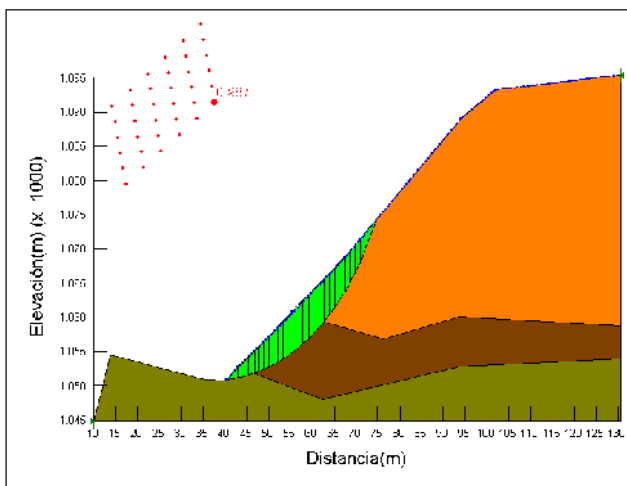


Figura 71: Perfil 2 – Talud 2. Método Bishop – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

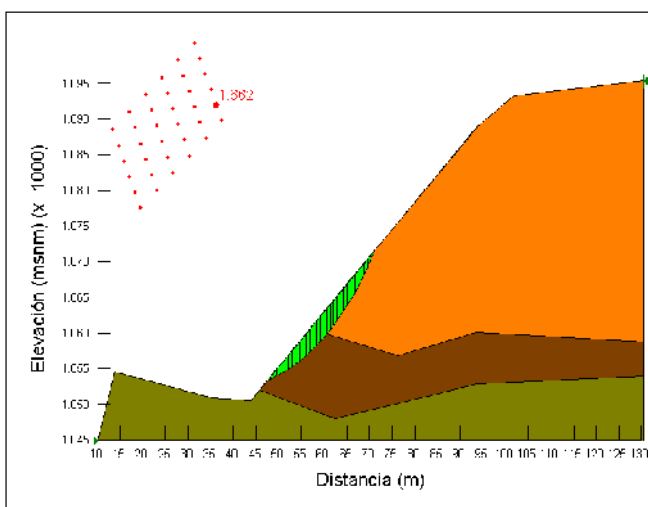


Figura 72: Perfil 2 – Talud 2. Método Bishop – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

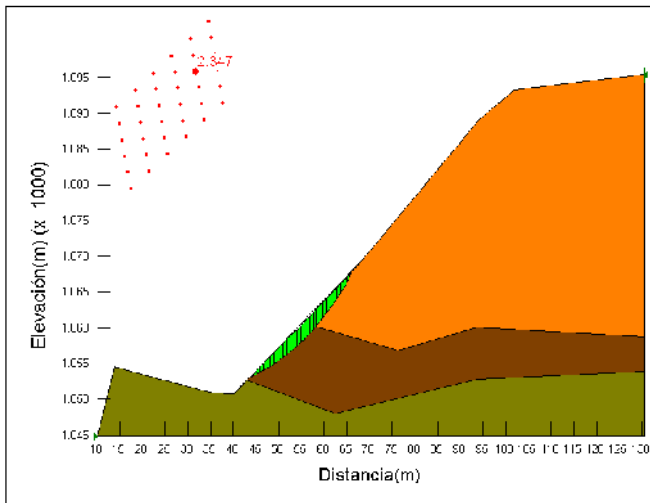


Figura 73: Perfil 2 – Talud 2. Método Janbu – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

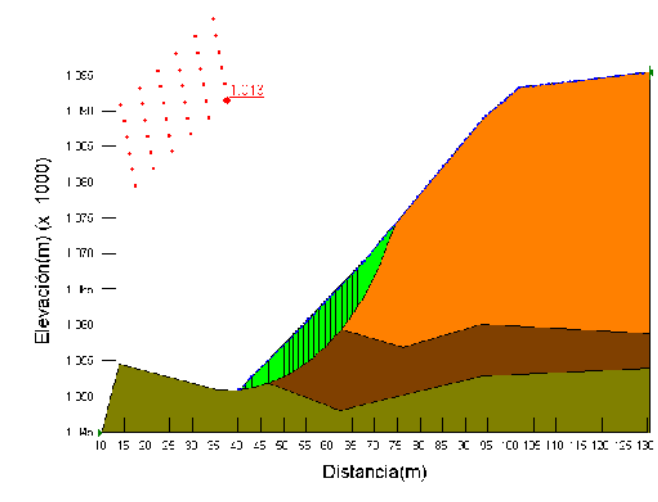


Figura 74: Perfil 2 – Talud 2. Método Janbu – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

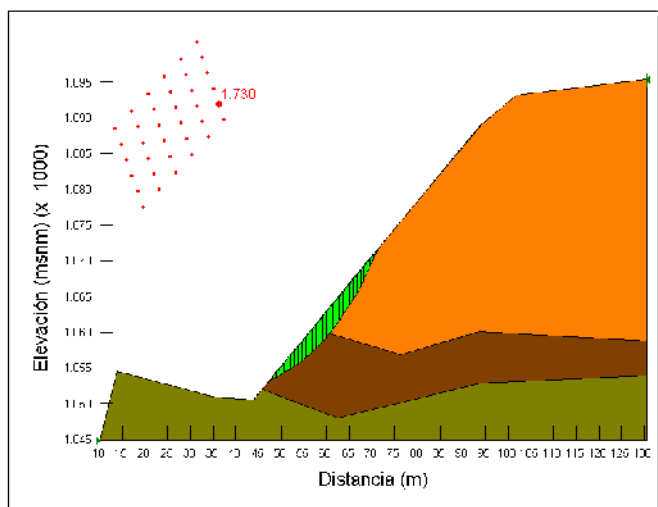


Figura 75: Perfil 2 – Talud 2. Método Janbu – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

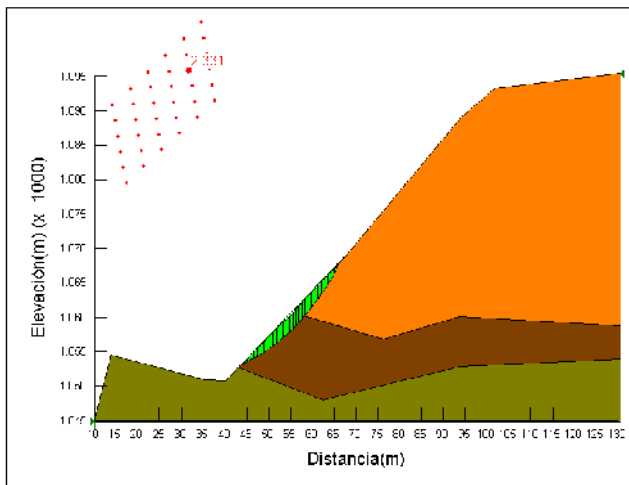


Figura 76: Perfil 2 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

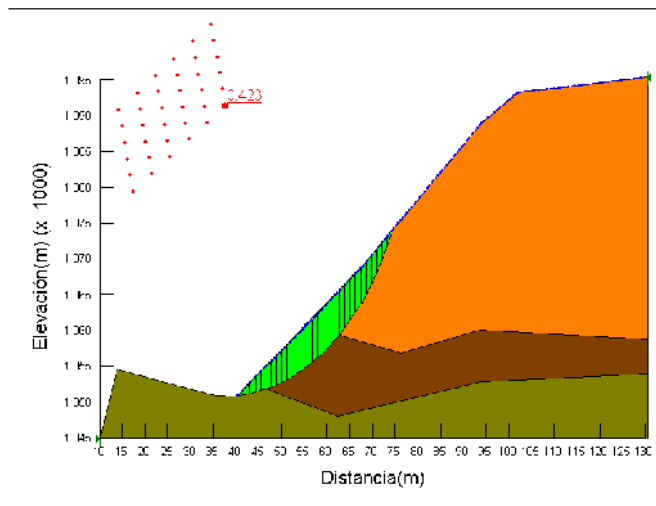


Figura 77: Perfil 2 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

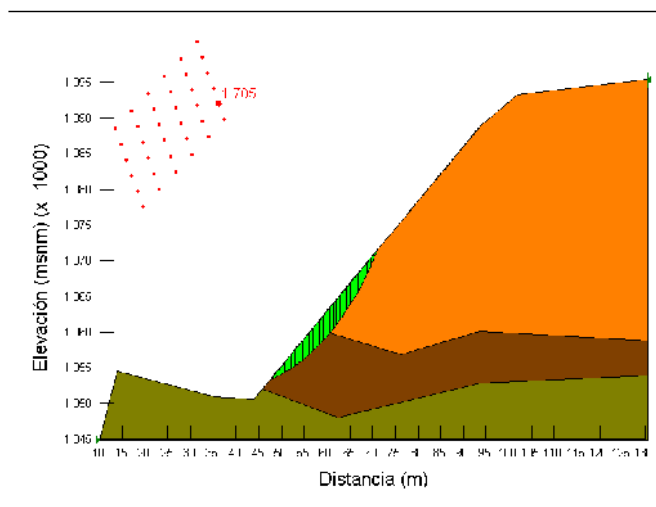


Figura 78: Perfil 2 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

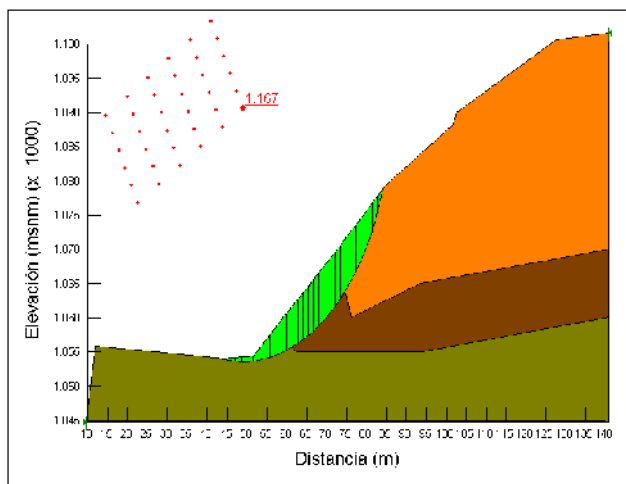


Figura 79: Perfil 3 – Talud 2. Método Bishop – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

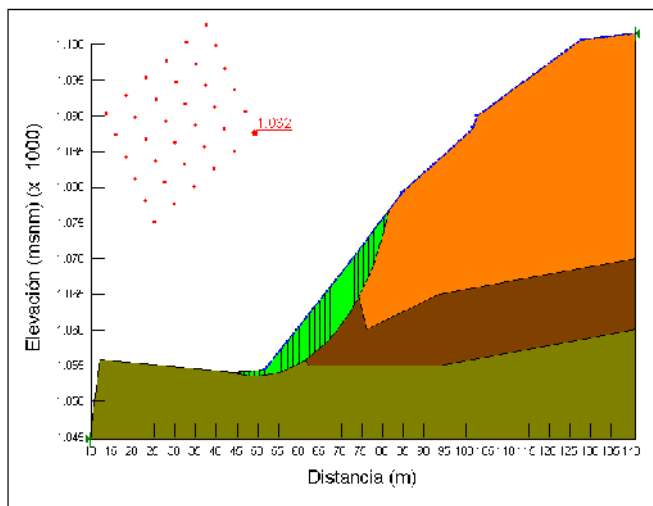


Figura 80: Perfil 3 – Talud 2. Método Bishop – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

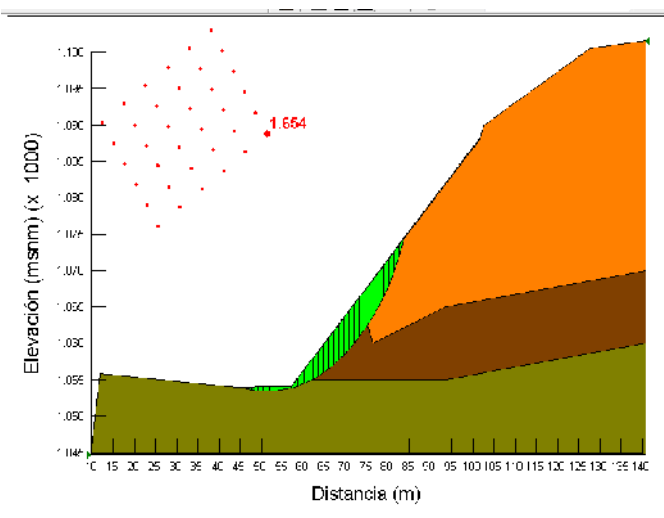


Figura 81: Perfil 3 – Talud 2. Método Bishop – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

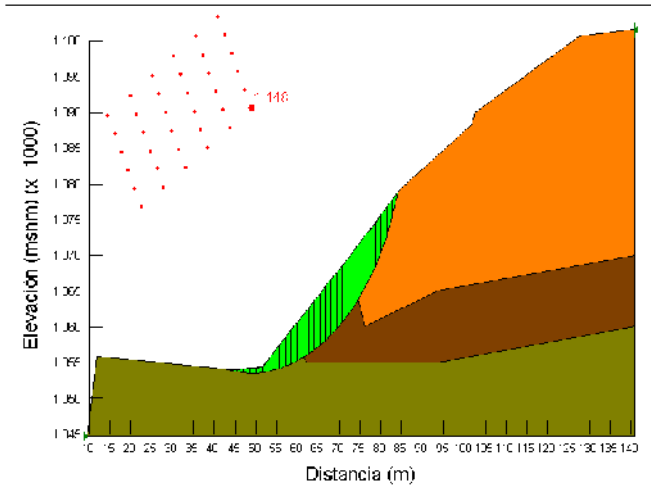


Figura 82: Perfil 3 – Talud 2. Método Janbu – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

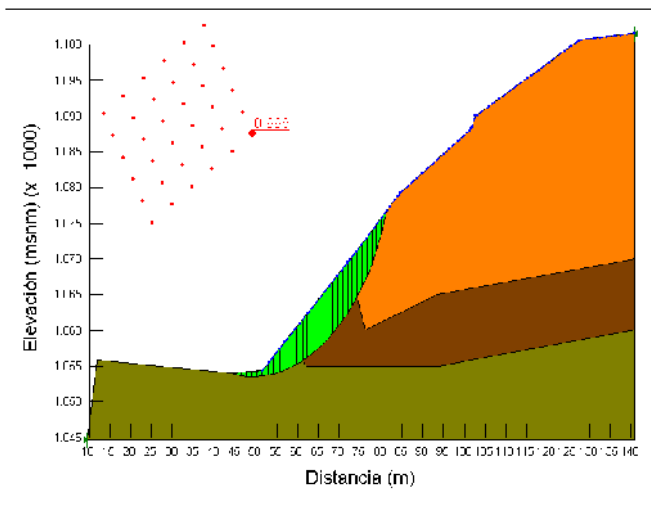


Figura 83: Perfil 3 – Talud 2. Método Janbu – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

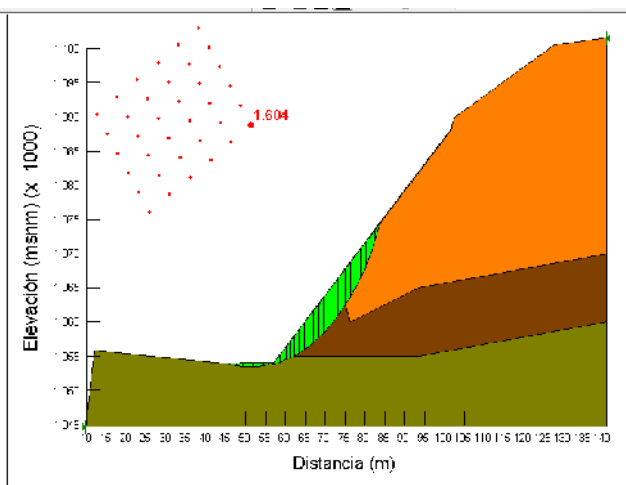


Figura 84: Perfil 3 – Talud 2. Método Janbu – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

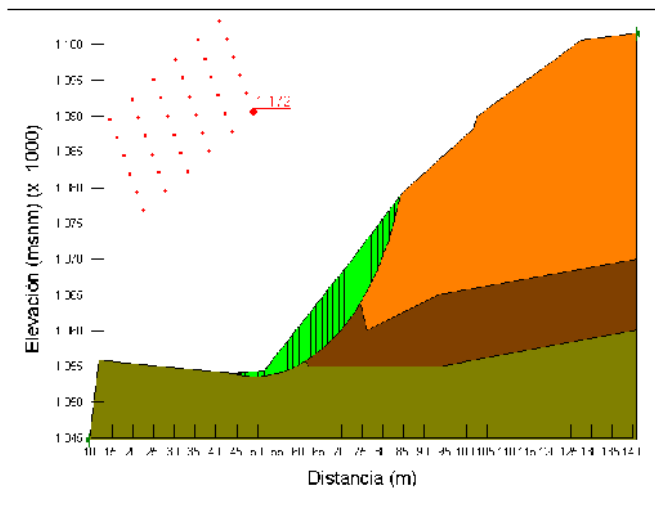


Figura 85: Perfil 3 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

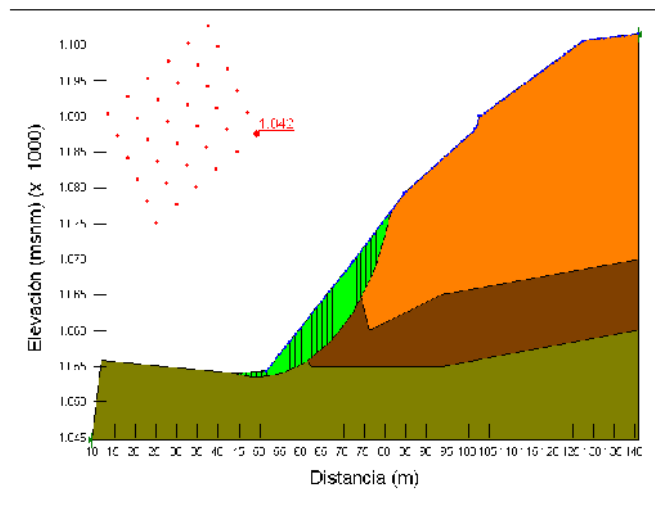


Figura 86: Perfil 3 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

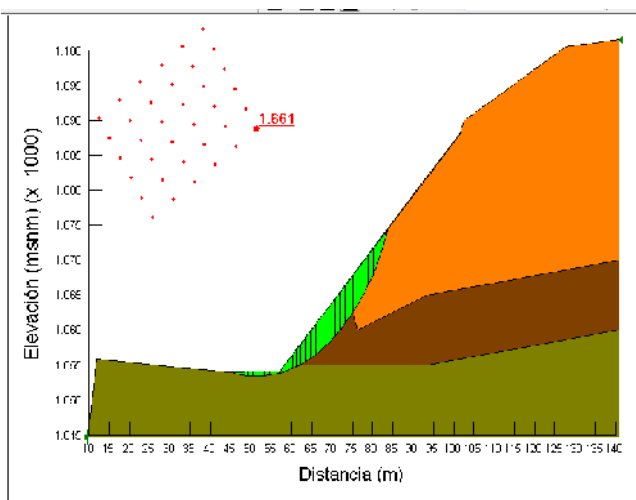


Figura 87: Perfil 3 – Talud 2. Método Morgenstern-Price – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

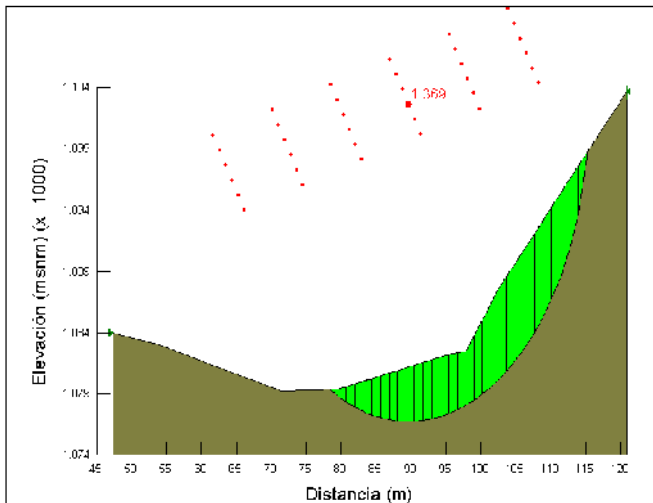


Figura 88: Perfil 3 – Talud 3. Método Bishop – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

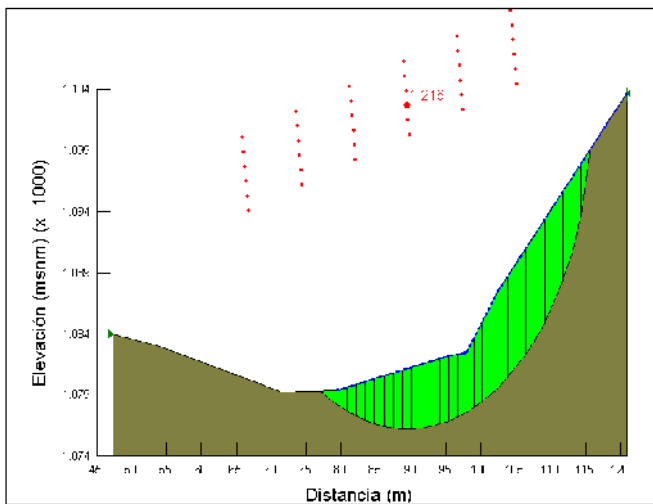


Figura 89: Perfil 3 – Talud 3. Método Bishop – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

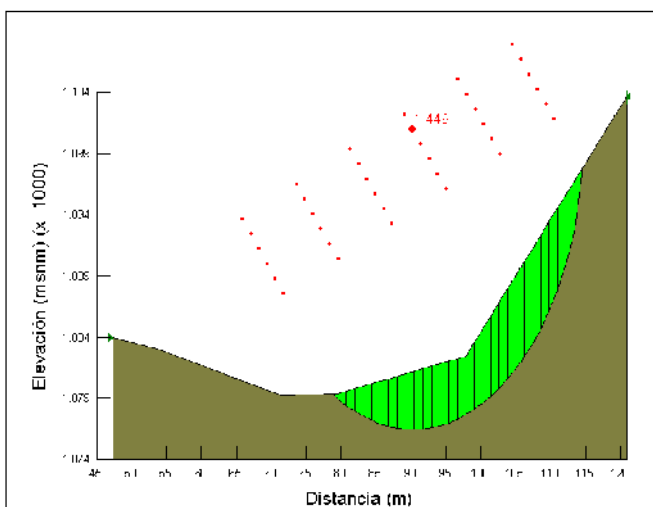


Figura 90: Perfil 3 – Talud 3. Método Bishop – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

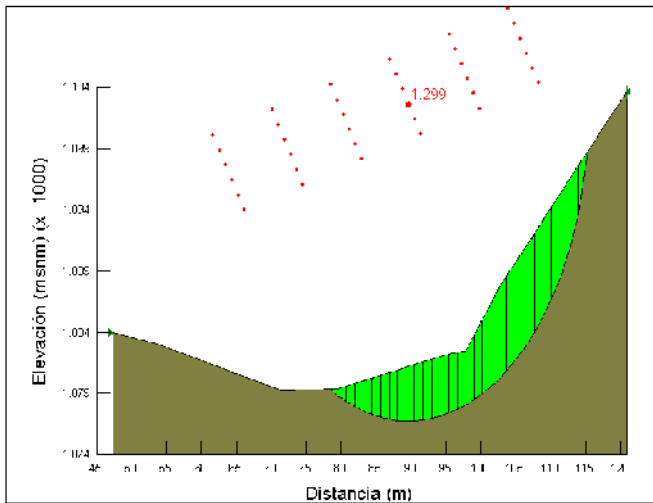


Figura 91: Perfil 3 – Talud 3. Método Janbu – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

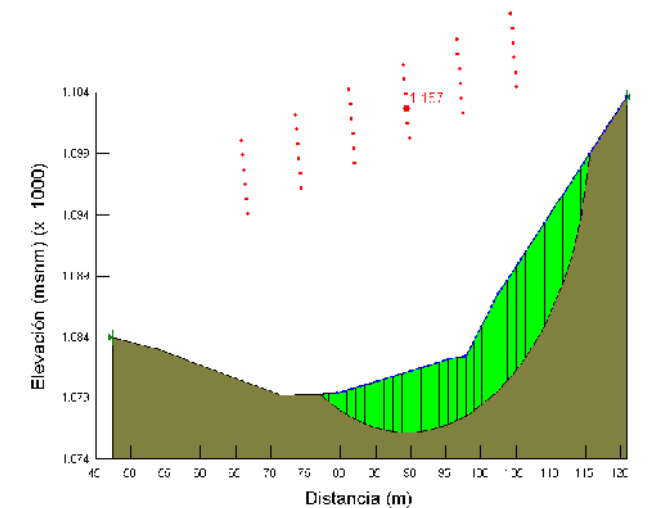


Figura 92: Perfil 3 – Talud 3. Método Janbu – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

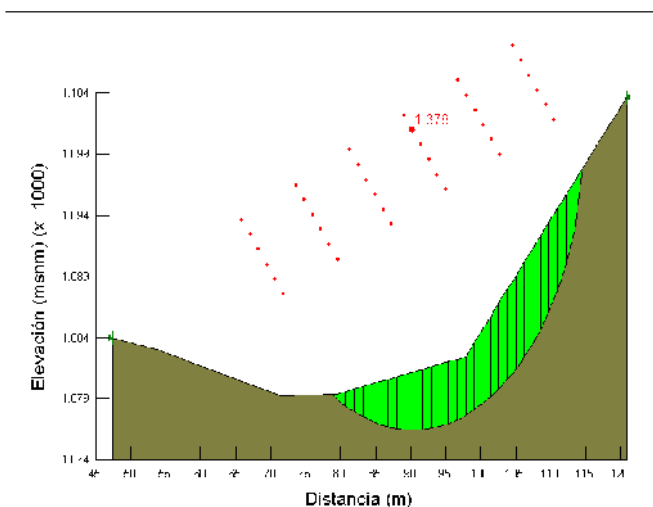


Figura 93: Perfil 3 – Talud 3. Método Janbu – cambio de geometría
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

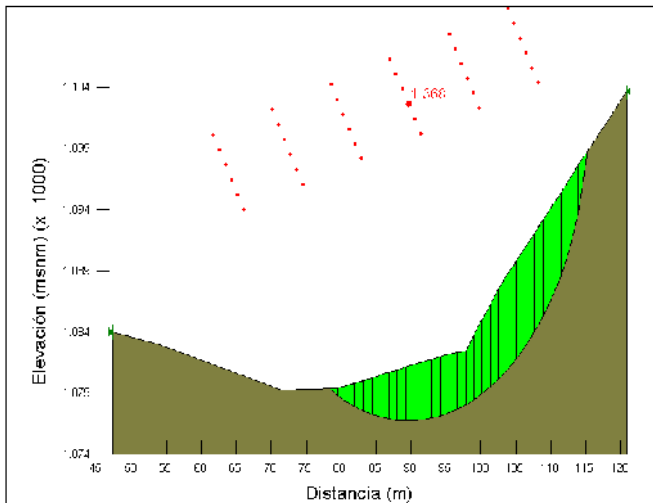


Figura 94: Perfil 3 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

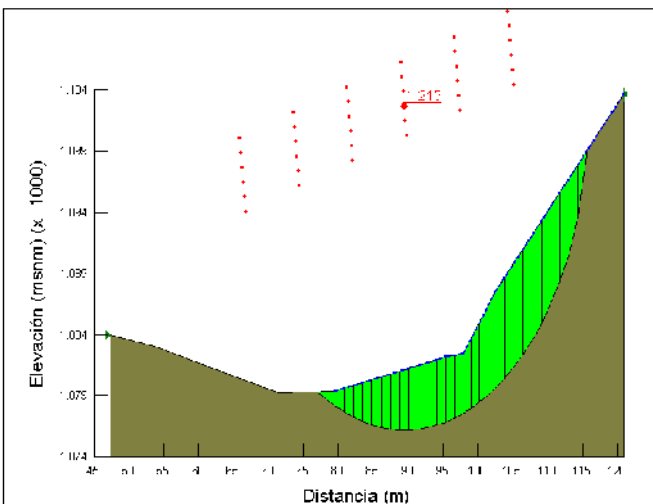


Figura 95: Perfil 3 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

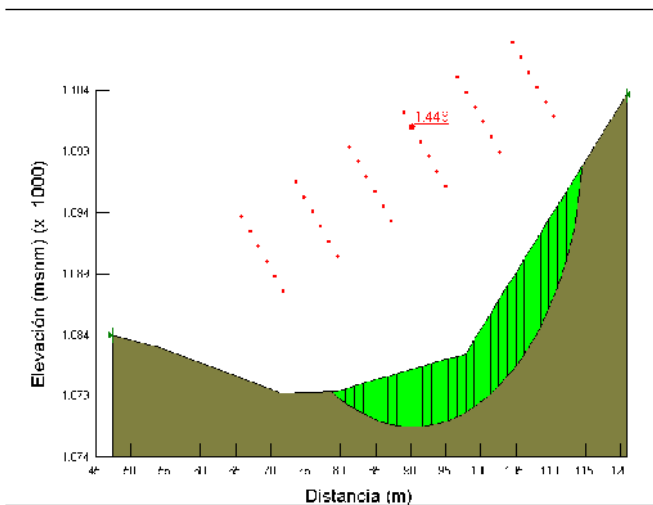


Figura 96: Perfil 3 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

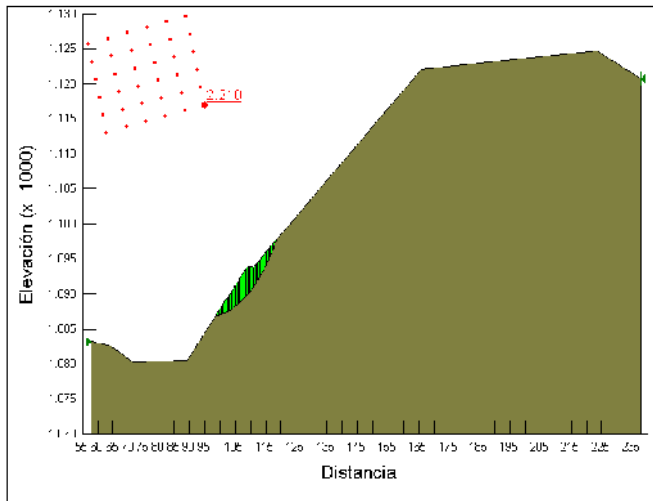


Figura 97: Perfil 1 – Talud 3. Método Bishop – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

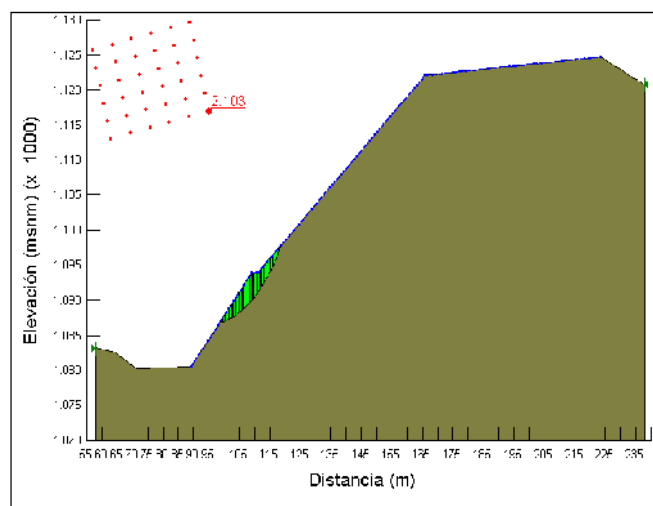


Figura 98: Perfil 1 – Talud 3. Método Bishop – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

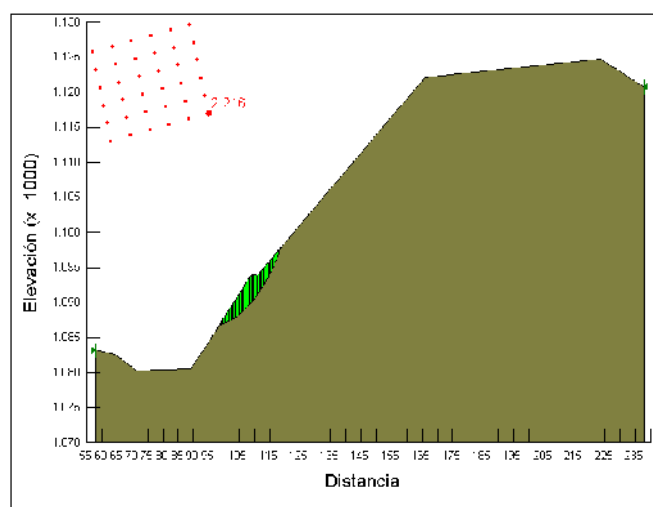


Figura 99: Perfil 1 – Talud 3. Método Janbu – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

ANEXO V. MODELACIÓN NUMÉRICA DE TALUDES

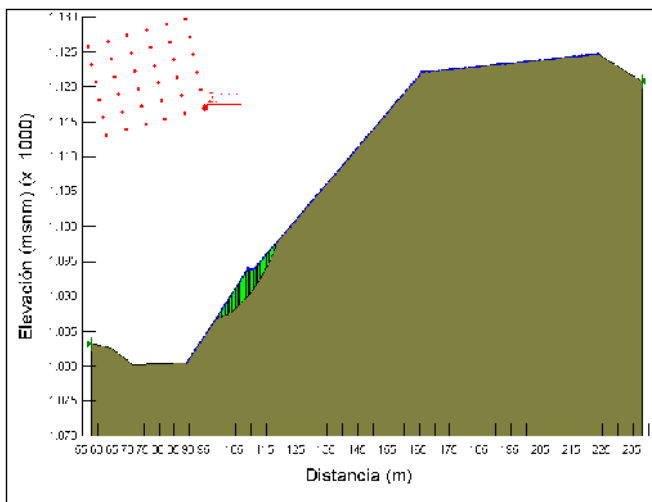


Figura 100: Perfil 1 – Talud 3. Método Janbu – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

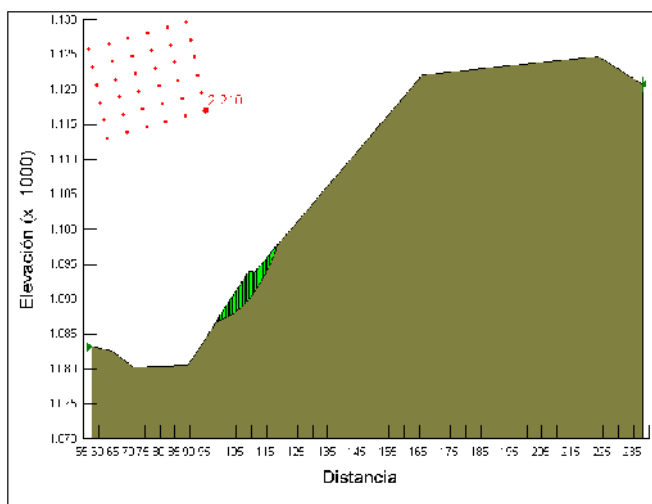


Figura 101: Perfil 1 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – sin escorrentía superficial
Fuente: El autor

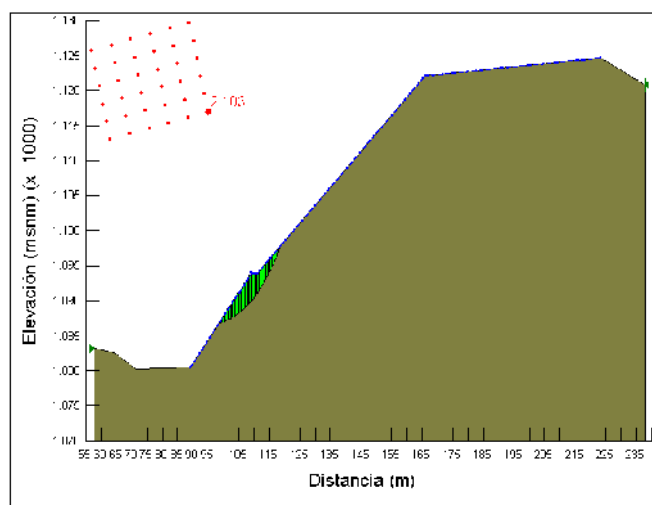


Figura 102: Perfil 1 – Talud 3. Método Morgenstern-Price – con escorrentía superficial
Fuente: El autor

ANEXO VII

**CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DE LOS PERFILES PARA DISEÑO DE
ESTABILIZACIÓN**

ANEXO VII. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DE LOS PERFILES PARA DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN

TALUD 1 – PERFIL 1

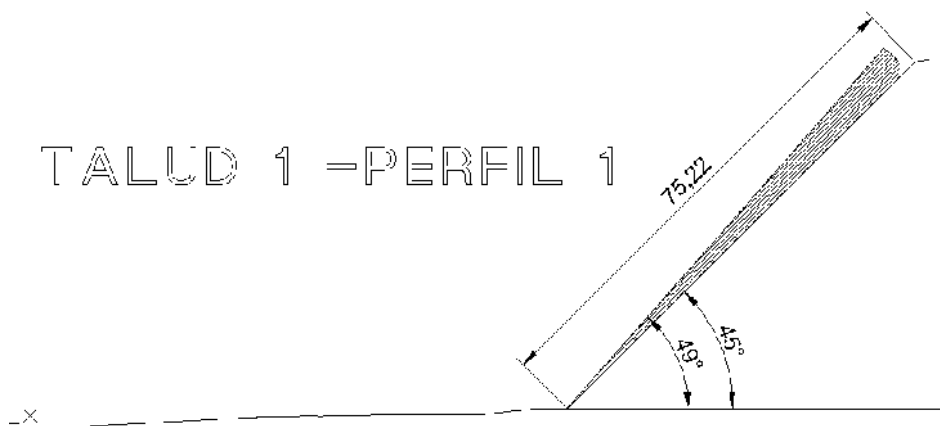


Figura 103: Características topográficas del perfil 1 – Talud 1
Fuente: El autor

TALUD 1 – PERFIL 2

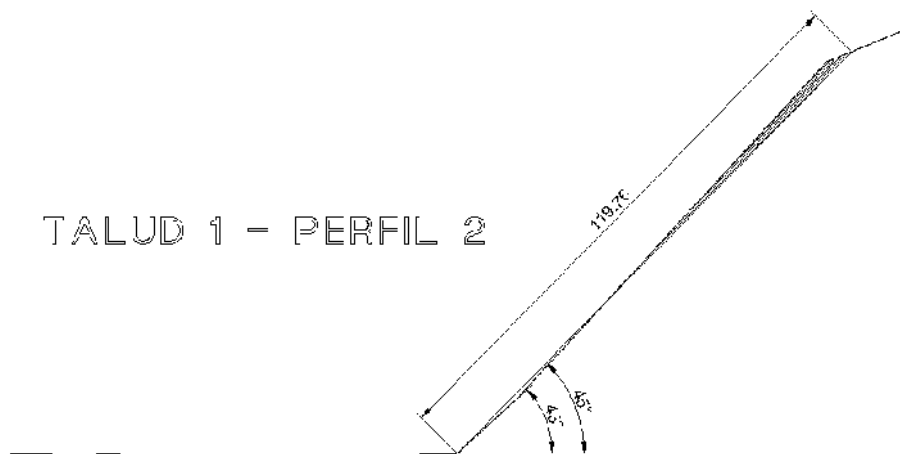


Figura 104: Características topográficas del perfil 2 – Talud 1
Fuente: El autor

TALUD 1 – PERFIL 3

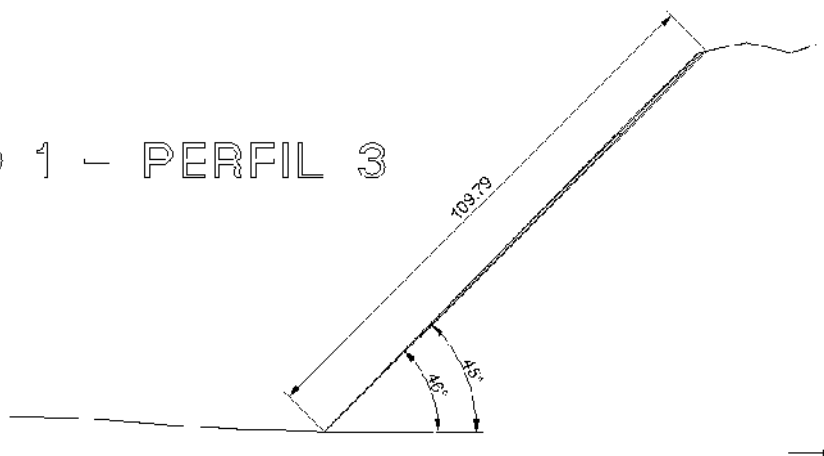


Figura 105: Características topográficas del perfil 3 – Talud 1
Fuente: El autor

ANEXO VII. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DE LOS PERFILES PARA DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN

TALUD 2 – PERFIL 1

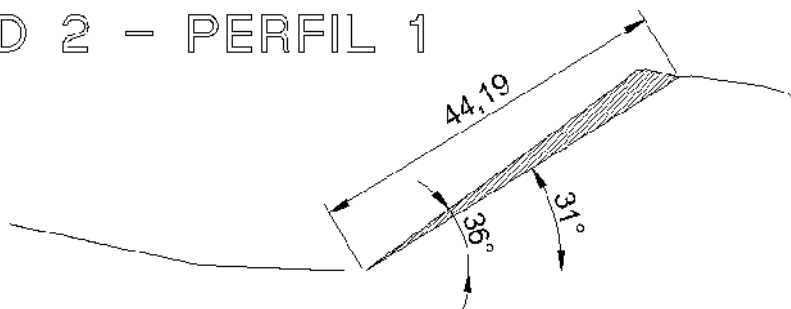


Figura 106: Características topográficas del perfil 1 – Talud 2
Fuente: El autor

TALUD 2 – PERFIL 2

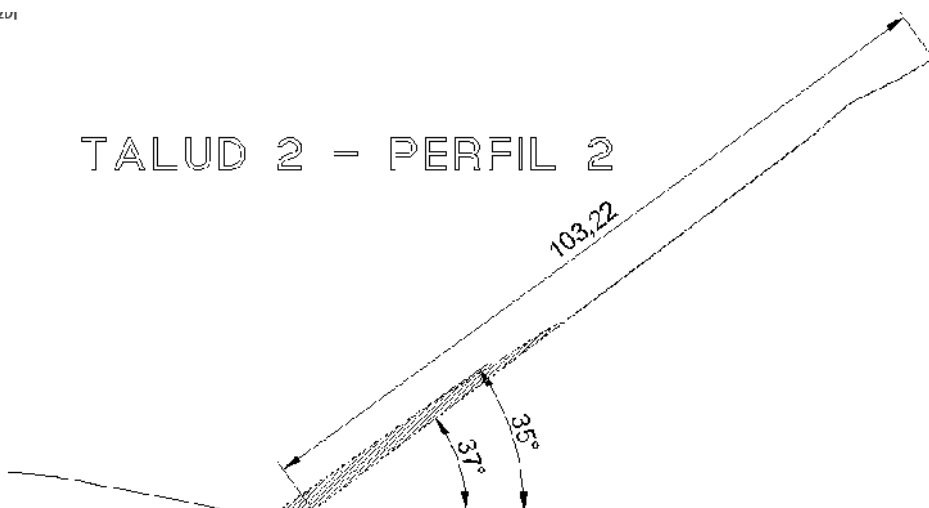


Figura 107: Características topográficas del perfil 2 – Talud 2
Fuente: El autor

TALUD 2 – PERFIL 3

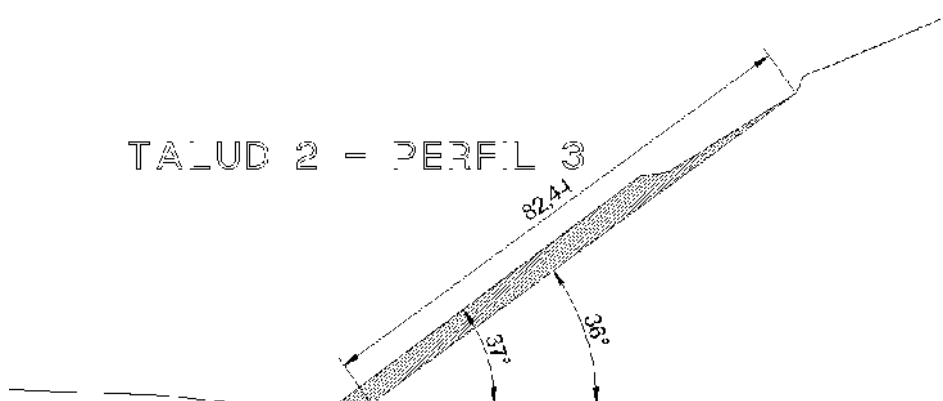


Figura 108: Características topográficas del perfil 3 – Talud 2
Fuente: El autor

ANEXO VII. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DE LOS PERFILES PARA DISEÑO DE ESTABILIZACIÓN

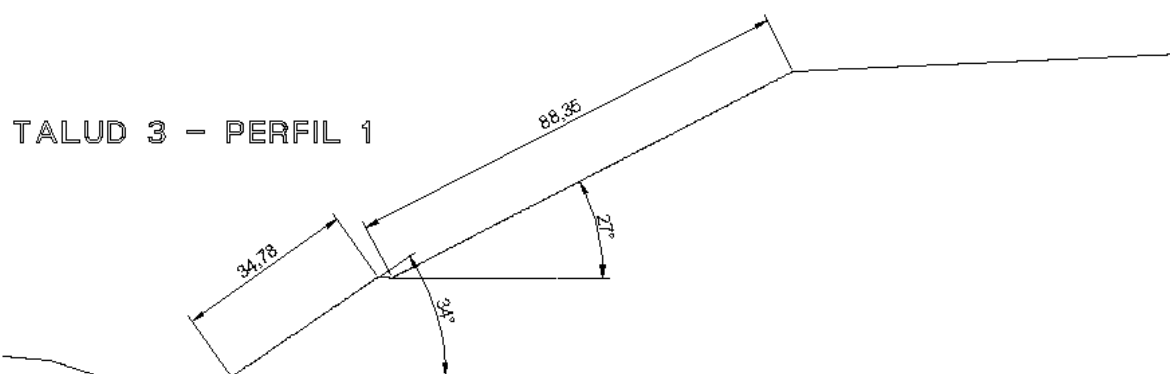


Figura 109: Características topográficas del perfil 1 – Talud 3
Fuente: El autor

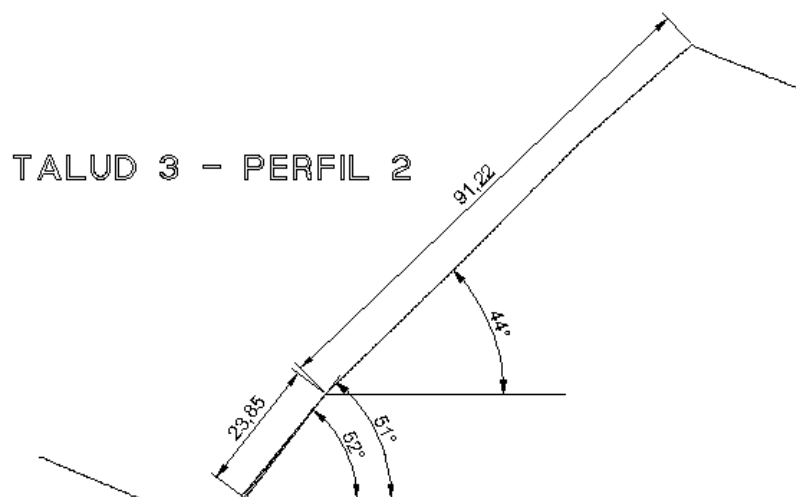


Figura 110: Características topográficas del perfil 2 – Talud 3
Fuente: El autor

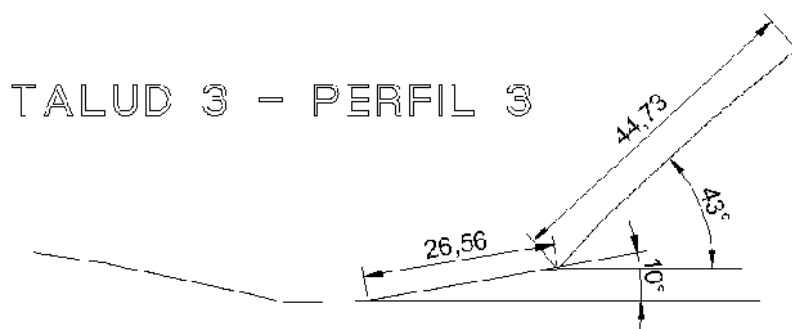


Figura 111: Características topográficas del perfil 3 – Talud 3
Fuente: El autor