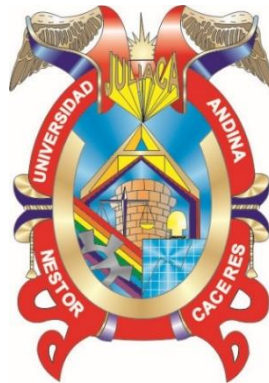




UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA
CARRETERA PUNO LARAQUERI DE
LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ
2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA
CARRETERA PUNO LARAQUERI DE
LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. EFRAIN PARIILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 370-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de agosto de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 085-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°260-2024 de fecha 18 de junio de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Civil** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **ROLY NEYDER FUENTES MAMANI**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **Asesor** : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **ROLY NEYDER FUENTES MAMANI**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 08 de agosto de 2024
- * **HORA** : 09:30
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 35531

C.c. Arch. 2024
Interesado
Escuela Profesional



RESOLUCIÓN DECANAL N° 260-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de junio de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 099-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Civil, **INFORME N° 066-2024-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 751-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **10 de agosto de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **20 de mayo de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **ROLY NEYDER FUENTES MAMANI**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 329-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **ROLY NEYDER FUENTES MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS



DR. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS



DR. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95631

cc. archivo 2024 interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 751-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de agosto 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 427-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 0142-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 096-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPIC** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **03 de agosto de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **ROLY NEYDER FUENTES MAMANI**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **ROLY NEYDER FUENTES MAMANI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

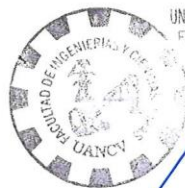
Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Mgtr. MILTON QUISPE HUANCA

DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 35531

cc.
archivo 2023
interesado (a)



EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA ZONA ARRIVESTI PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	10%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	1library.co Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%




Metadatos Complementarios



Título de la Tesis	
EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ROLY NEYDER FUENTES MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74618801
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-1062-8209
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Laraqueri Coordenadas: Latitud: -15.865305 Longitud: -70.0192916 URL Maps: https://maps.app.goo.gl/1spR5DnRUYF7t2cG8</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 – Agosto 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.htm - Librería	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 Dr. Efraim Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ROLY NEYDER FUENTES MAMANI, identificado con DNI Nro. 74618801, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

" EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGION PUNO "

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 12 de SETIEMBRE del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

Primeramente, dedico mi tesis a dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

La presente tesis esta dedicada con mi mas eterna gratitud y cariño a mi madre Alejandrina Mamani Canaza quien con su abnegación, bendición a largo de mi vida, me ha motivado y apoyado en la consecución de mi carrera profesional.

A mi padre Bibiano Juan Fuentes Mayta quien con sacrificio y lucha me enseñó a forjar la persona que soy en la actualidad y siempre salir adelante en familia.



ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Definición del problema.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Justificación técnica.....	4
1.4.2. Justificación económica.....	5
1.4.3. Justificación social.....	5
1.4.4. Justificación ambiental	5
1.5. Hipótesis	5
1.5.1. Hipótesis general.....	5



- 1.5.2. Hipótesis específicas..... 6
- 1.6. Variables e indicadores 6
 - 1.6.1. Variables independientes: Características geotécnicas del talud..... 6
 - 1.6.2. Variables dependientes: Estabilidad del talud..... 7
 - 1.6.3. Variables intervinientes: Estado de sismicidad - Capacidad de soporte..... 7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

- 2.1. Marco referencial 8
 - 2.1.1. Antecedentes del ámbito local 8
 - 2.1.2. Antecedentes del ámbito nacional 9
 - 2.1.3. Antecedentes del ámbito internacional 10
- 2.2. Base teórica 11
 - 2.2.1. Estabilidad de taludes..... 11
 - 2.2.2. Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes 12
 - 2.2.3. Suelos no saturados..... 13
 - 2.2.3.1. Composición 14
 - 2.2.3.2. Clasificación 15
 - 2.2.3.3. Estructura..... 16
 - 2.2.3.4. Succión 17
 - 2.2.4. Colapso y expansión 18
 - 2.2.4.1. Colapso 18
 - 2.2.4.2. Expansión 19
 - 2.2.4.3. Factores generantes de expansión..... 19



2.2.5.	Taludes	20
2.2.5.1.	Tipos de taludes	21
2.2.5.2.	Estudios geotécnicos.....	22
2.2.5.3.	Estabilidad de taludes	23
2.2.5.4.	Factores que generan la expansión.....	24
2.2.5.5.	Métodos de análisis.....	24
2.2.5.6.	Métodos de estabilización	27
2.2.6.	Ensayos y/o métodos requeridos.....	29
2.2.6.1.	Instrumentos de campo	29
2.2.6.2.	Instrumentos de laboratorio	30
2.3.	Bases conceptuales	31
2.3.1.	Ángulo de Fricción Interna.....	31
2.3.2.	Banqueta de taludes.....	31
2.3.3.	Buzamiento	31
2.3.4.	Caracterización geológica	31
2.3.5.	Clasificación geo mecánica	31
2.3.6.	Cohesión.....	32
2.3.7.	Deslizamiento.....	32
2.3.8.	Estabilidad de talud	32
2.3.9.	Evaluación.....	32
2.3.10.	Factor de seguridad.....	32
2.3.11.	Índice de plasticidad.....	32
2.3.12.	Meteorización	33



- 2.3.13. Macizo rocoso 33
- 2.3.14. Pie de talud 33
- 2.3.15. Remoción en masa..... 33
- 2.3.16. Roca..... 33
- 2.3.17. Suelos 33
- 2.3.18. Talud 33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Método de investigación..... 34
 - 3.1.1. Método general 34
 - 3.1.2. Métodos específicos..... 34
- 3.2. Tipo de investigación 35
- 3.3. Enfoque de investigación 35
- 3.4. Nivel de investigación 35
- 3.5. Diseño de investigación 35
- 3.6. Ámbito de estudio 35
 - 3.6.1. Ubicación del área en estudio..... 35
 - 3.6.2. Descripción del área de estudio 36
- 3.7. Población y muestra..... 36
 - 3.7.1. Población 36
 - 3.7.2. Muestra 37
- 3.8. Técnicas instrumentos de recolección de datos 37
 - 3.8.1. Identificación de las zonas de mayor riesgo 37



3.8.2.	Características geométricas	38
3.8.2.1.	Levantamiento topográfico	38
3.8.2.2.	Caracterización estratigráfica	39
3.8.3.	Cálculo de las precipitaciones	40
3.8.3.1.	Pluviómetro	40
3.8.3.2.	Datos históricos.....	41
3.8.3.3.	Predicción	41
3.8.4.	Características geotécnicas.....	41
3.8.4.1.	Propiedades visuales del suelo	41
3.8.4.2.	Muestreo en el campo	41
3.8.4.3.	Humedad natural del suelo.....	42
3.8.4.4.	Preparación de muestras en laboratorio.....	42
3.8.4.5.	Clasificación de suelos	42
3.8.4.6.	Pruebas de resistencia	45
3.8.5.	Determinación del Fs en zonas inestables.....	48
3.8.5.1.	Análisis determinístico	48
3.8.5.2.	Análisis probabilístico software SLIDE.....	50
3.8.6.	Evaluación de alternativas de estabilidad	51
3.8.6.1.	Propuestas de alternativas	51
3.8.6.2.	Análisis inicial	52
3.8.6.3.	Alternativas de solución propuestas	53
3.8.6.4.	Costo de implementación	57
3.9.	Validez y confiabilidad del instrumento.....	57



3.9.1. Validez del instrumento 57

3.9.2. Confiabilidad del instrumento 57

3.10. Diseño de la contrastación de la hipótesis 58

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación e interpretación de resultados..... 59

4.1.1. Zonas de mayor riesgo 59

4.1.2. Propiedades y características geotécnicas 61

4.1.2.1. Contenido de humedad natural:..... 61

4.1.2.2. Peso específico: 61

4.1.2.3. Análisis granulométrico 62

4.1.2.4. Estados de consistencia 63

4.1.2.5. Clasificación de suelos sistema SUCS 64

4.1.3. Factor de seguridad..... 65

4.1.4. Alternativa de estabilización de talud..... 66

4.2. Discusión 67

CONCLUSIONES 68

RECOMENDACIONES 69

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70

ANEXOS..... 71



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Talud en estudio.	2
Figura 2: Fases del suelo en estado saturado.....	15
Figura 3: Clasificación de suelos no saturados.	16
Figura 4: Taludes naturales y artificiales.....	20
Figura 5: Superficie de un talud	21
Figura 6: Construcción de taludes en vías.....	22
Figura 7: Métodos de análisis tipo cuña y circular.	26
Figura 8: Diagrama de fuerzas por el método Simplificado Janbú	26
Figura 9: Superficies de falla para el cálculo de estabilidad	27
Figura 10: Métodos geotécnicos de estabilidad.....	29
Figura 11: Métodos geomecánicos de estabilidad.....	29
Figura 12: Superficies de falla para el cálculo de estabilidad	29
Figura 13: Aparato de Corte Directo	30
Figura 14: Círculos de falla σ - τ	30
Figura 15: Descripción del área en estudio	36
Figura 16: Exploración del suelo DLP.....	37
Figura 17: Dimensiones topográficas del talud.....	38
Figura 18: Levantamiento topográfico.....	39
Figura 19: Identificación de las zonas con DPL.....	39
Figura 20: Estratigrafía de un talud software Slope/w®	40
Figura 21: Ensayo de humedad natural.	42
Figura 22: Ensayo de Análisis granulométrico.....	43
Figura 23: Ensayo de Límite líquido	44
Figura 24: Ensayo de Límite plástico.....	44
Figura 25: Ensayo de corte directo	46
Figura 26: Ensayo de DPL N° 01.....	47
Figura 27: Ensayo de corte directo N° 2.....	47
Figura 28: Extracción de muestras de roca	48
Figura 29: Ensayo de ruptura	48



Figura 30: Alimentación de datos al software Slide	49
Figura 31: Análisis del talud mediante al software Slide	50
Figura 32: Análisis inicial del talud mediante al software Slide	51
Figura 33: Análisis del talud con la alternativa 01	52
Figura 34: Análisis del talud con la alternativa 02.	54
Figura 35: Análisis del talud con la alternativa 03	55
Figura 36: Secciones inestables.	56
Figura 37: Secciones estables.	60
Figura 38: Cura granulométrica de suelo del talud.....	60
Figura 39: Análisis de la alternativa de estabilidad.....	62



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados del ángulo de fricción y cohesión.....	52
Tabla 2: Análisis inicial del talud – Software Slide.....	53
Tabla 3: Análisis de la alternativa 01– Software Slide.....	54
Tabla 4: Análisis de la alternativa 02– Software Slide.....	55
Tabla 5: Análisis de la alternativa 03– Software Slide.....	56
Tabla 6: Análisis de estabilidad de las zonas del tramo.....	59
Tabla 7: Análisis granulométrico de las zonas inestables.....	62
Tabla 8: Determinación del límite líquido LL.....	63
Tabla 9: Determinación del límite plástico LP.....	63
Tabla 10: Análisis del Fs para condiciones estáticas y dinámicas.....	65
Tabla 11: Análisis de la alternativa de estabilidad.....	66



RESUMEN

Una parte del camino que se está investigando tiene una pendiente inestable debido a la humedad, la mala geometría o ambas. Esta parte es muy inestable y podría derrumbarse en cualquier momento, provocando daños y desprendimientos. No especificado. El propósito de este estudio fue investigar las causas de la inestabilidad de taludes en el tramo de la carretera pavimentada Puno-Laraqueri entre los kilómetros 20+300 y 23+150. El objetivo de este esfuerzo es proponer una estrategia de estabilidad que beneficie a la región de Puno. Como resultado, esta tesis se hizo con una metodología cualitativa con un diseño no experimental y un nivel descriptivo. La investigación de nueve sectores, cada uno a 400 metros de distancia, fue el objetivo principal del estudio. El objetivo era identificar lugares en entornos dinámicos que tuvieran valores de F_s inferiores al umbral predeterminado de 1,5. Para realizar la investigación se utilizó el programa Slide y se utilizó la metodología simplificada Bishop. Se llevó a cabo un trabajo de campo, que incluyó levantamientos topográficos y pruebas DPL, con el fin de determinar las características geotécnicas y geomecánicas del área que pueden considerarse más cruciales. Los datos sugirieron que los lugares con circunstancias crecientes en los Km 21+520, 21+920 y 22+720 son las zonas más susceptibles en el segmento evaluado. La mayoría de estas áreas están compuestas por suelos del tipo CL, que tienen valores de F_s de 0,85, 0,97 y 0,93, respectivamente, con un alto contenido de humedad. Una evaluación de los taludes de la carretera pavimentada entre los kilómetros 20+300 y 23+150 de Puno a Laraqueri revela que estas zonas son más vulnerables a deslizamientos, particularmente en condiciones dinámicas. Los resultados que mostraron la investigación indicaron que la construcción de sencillos muros de contención de hormigón de 2,80 metros de altura era el método más eficaz para estabilizar estos sitios. En esta decisión influyeron factores técnicos, viabilidad económica, simplicidad de construcción y bajo impacto medioambiental.

Palabras clave: Estabilidad, talud, Factor de seguridad, inestabilidad y derrumbes.



ABSTRACT

The road being examined exhibits an unstable slope area as a consequence of poor material quality, geometry, and/or rainfall. This severe condition poses a constant risk of landslides owing to the presence of cracks, perhaps leading to irreversible damage. The objective of this study was to evaluate the factors or causes of slope instability in the section of the Puno - Laraqueri paved road that goes from km 20+300 to km 23+150 in the Puno region. The objective of this research is to provide a very important path of stability for the Puno region. This thesis used a non-experimental design and qualitative methodology. Additionally, the degree of description was high. The analysis focused on 9 sections. Furthermore, there was a great degree of description. Nine areas were the focus of the study, each. Additionally, the degree of description was high. The analysis focused on 9 sections, each analyzed at intervals of 400 m. The goal was to identify areas with F_s values below the established threshold of 1.5 under dynamic conditions. The analysis was conducted using the Slide Software, based on the simplified method of Bishop. To gather the necessary data, field work involved performing topographic surveys and DPL tests. The geotechnical and geo-mechanical properties of the most critical area were determined through this process. The findings indicated that the most hazardous regions in the examined section are the progressive slopes at Km 21 + 520, 21 + 920, and 22 + 720. These slopes are mostly composed of CL type soils with a significant amount of moisture, and have corresponding stability factors (F_s) of 0.85, 0.97, and 0.93 under dynamic circumstances. According to the data, there is a considerable risk of slipping on the Puno - Laraqueri paved road in the hills between kilometer 20+300 and km 23+150, especially in dynamic situations. Furthermore, the best way to reduce this danger is to build simple 2.80 meter high concrete retaining walls. Due to its low environmental impact, simplicity of construction, cost-effectiveness and technological efficiency, this approach is recommended.

Keywords: Stability, slope, factor of safety, instability and landslides.



INTRODUCCIÓN

Suárez (1998) define pendiente como un relieve que no es plano, sino que presenta una inclinación o fluctuaciones notables en altura. Una pendiente es un relieve que no es plano. Un talud se define como una estructura natural que es resultado de un proceso natural, y se considera una construcción artificial cuando es obra del hombre. Esta definición proviene de la literatura técnica.

Es esencial conocer los aspectos físicos, geotécnicos e hidráulicos del terreno para determinar si un talud es potencialmente inestable o no. Además, es de suma importancia conocer a fondo los numerosos tipos de deslizamientos que pueden producirse en función de las características específicas de cada talud.

La evaluación de la estabilidad del talud es sin duda uno de los componentes más importantes de la investigación. Hay un gran número de proyectos de ingeniería civil que implican con frecuencia el uso de taludes de roca. Estos proyectos incluyen carreteras, canales, puentes, túneles, presas, tuberías, excavaciones y canteras de piedra decorativa. Los estudios e investigaciones de estabilidad de taludes se realizan con el objetivo principal de garantizar que un talud siga siendo seguro. Esto puede lograrse llevando a cabo un programa de gestión de campo adecuado, realizando evaluaciones técnicas, realizando análisis de laboratorio, realizando investigaciones de campo y realizando experimentos. Para maximizar la estabilidad y la interacción con los programas de minería, es crucial tener un conocimiento sólido de cómo aprovechar las propiedades de las formaciones rocosas. Esto es especialmente importante para las aplicaciones relacionadas con la minería o las obras civiles.

Para evaluar el factor de seguridad, también conocido como F_s , uno de los factores que se tienen en cuenta es la posibilidad de que un talud se derrumbe en las condiciones más severas para las que fue diseñado. Se realiza una comparación entre la resistencia al cizallamiento real del material y la resistencia al cizallamiento que se había previsto para él. Según esto, ambas están relacionadas entre sí.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

Un reto geotécnico que se plantea con frecuencia en el ámbito de la ingeniería civil es la estabilidad de los taludes excavados o naturales. La estabilidad de los taludes viene determinada principalmente por los resultados de las investigaciones geológicas y geotécnicas.

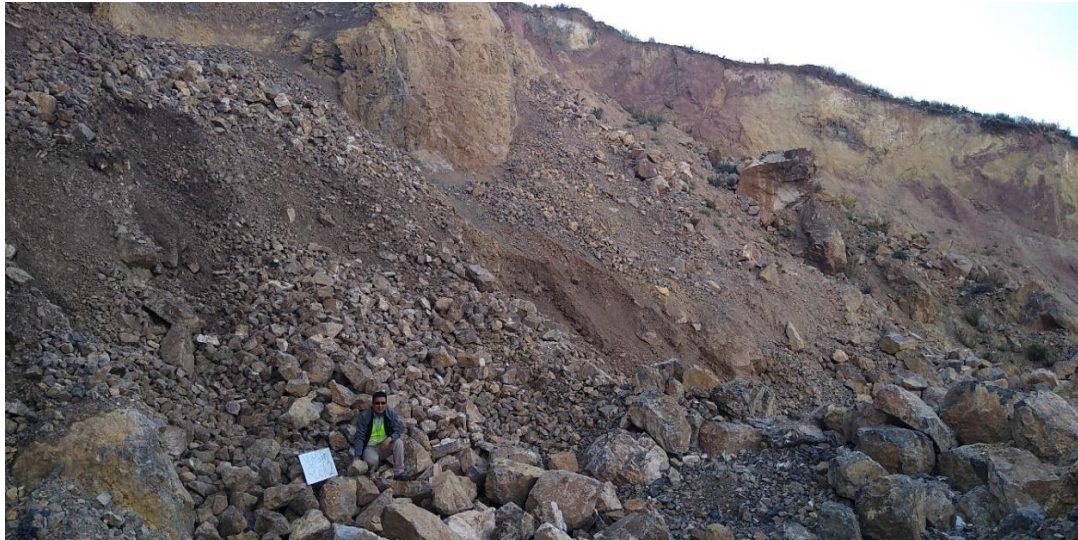
Las carreteras de nuestro mundo, particularmente en las regiones altoandinas, a menudo sufren muchos deslizamientos de tierra y movimientos masivos, lo que resulta en importantes víctimas sociales, económicas y humanas. Las pérdidas resultantes de un deslizamiento de tierra en una carretera pueden clasificarse como directas, que incluyen los gastos asociados con la remoción de cantos rodados, tierra u otros escombros, o indirectas, que incluyen los daños incurridos por bienes deteriorados y la pérdida de ingresos de los automóviles afectados. . La vía bajo investigación sirve como vía principal de comunicación en la zona, uniendo la región de Puno con la zona de Moquegua.

Hay un tramo del camino entre Puno y Laraqueri que se encuentra inestable esto a consecuencia de la mala calidad de los materiales, el diseño de la calzada y las frecuentes lluvias intensas. Este tramo de vía se encuentra entre los kilómetros 20+300 y 23+150. Esta porción en particular, que se puede observar poco después de ingresar a la ciudad de Puno, presenta fisuras mayores a los 10 milímetros. Conocidas como "grietas por tensión" en

algunas situaciones, estas grietas se encuentran en una condición precaria ya que tienen el potencial de colapsar en cualquier momento, lo que resulta en un daño irreversible.

Figura 1

Talud en estudio.



Nota. Elaboración Propia.

Sin embargo, en la zona previamente descrita se han observado fugas de fluidos tanto superficiales como subterráneos que fluyen por la pendiente inestable. Estas filtraciones han provocado que los materiales en la base del talud tengan niveles significativos de humedad, acercándose a un estado de saturación. Esta cuestión nos impulsa a plantear una serie de alternativas que, tras un estudio del trazado considerado, aportan sensatas recomendaciones económicas y mejoran eficazmente las condiciones de estabilidad de las pistas.

Ante esto, se hace necesario investigar la inestabilidad de taludes en el tramo particular de la vía pavimentada Puno – Laraqueri, que discurre en la región Puno desde el km 20+300 hasta el km 23+150. El análisis se realizará tanto en circunstancias estáticas como dinámicas para ofrecer una solución de estabilización adecuada.



1.2. Definición del problema

1.2.1. *Problema general*

¿Qué provoca que los taludes de la carretera pavimentada Puno-Laraqueri entre los kilómetros 20+300 y 23+150 en la zona de Puno se vuelvan inestables? ¿Qué factores o causas conducen a la inestabilidad para que se pueda ofrecer una solución técnica que asegure la estabilidad?

1.2.2. *Problemas específicos*

1. ¿En qué lugar exactamente de la carretera pavimentada Puno-Laraqueri en el área de Puno, entre la milla 20+300 y el km 23+150, es más probable que ocurra inestabilidad de pendientes?
2. ¿Cuáles son las características y aspectos geotécnicos de los taludes situados en la región de Puno entre los kilómetros 20+300 y 23+150 de la ruta asfaltada que une Puno y Laraqueri?
3. En la zona de Puno, ¿cuáles son los valores de los factores de seguridad F_s para las pendientes del tramo pavimentado entre Puno y Laraqueri, es decir del kilómetro 20+300 al kilómetro 23+150, teniendo en cuenta tanto las condiciones estáticas como las dinámicas?
4. ¿Cuál equipo de protección es el más efectivo, rentable y libre de riesgos para la estabilización de taludes en la vía pavimentada entre Puno y Laraqueri en la zona de Puno, es decir entre los tramos de la vía que se ubican entre los kilómetros 20+300 y 23+150?

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Examinar los elementos o variables que contribuyen a la inestabilidad de taludes del tramo de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri que va desde el kilómetro 20+300



al kilómetro 23+150 en la zona de Puno. Esta investigación se utilizará para recomendar una forma de garantizar la estabilidad.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar si determinados lugares de la región Puno, entre los kilómetros 20+300 y 23+150, son más vulnerables a la inestabilidad de pendientes a lo largo del tramo pavimentado Puno - Laraqueri.
2. Evaluar las características y cualidades geotécnicas de los taludes de la región Puno que se ubican entre los kilómetros 20+300 y 23+150 de la ruta pavimentada Puno-Laraqueri.
3. Determine los factores de seguridad F_s para las inclinaciones del tramo pavimentado Puno – Laraqueri, es decir desde el km 20+300 hasta el km 23+150, dentro de la región Puno. Tenga en cuenta las condiciones estáticas y dinámicas.
4. Dar una idea de un sistema de protección de estabilización de taludes que sea más efectivo, menos costoso y aumente la seguridad de los taludes que se ubican entre los kilómetros 20+300 y 23+150 de la vía pavimentada Puno - Laraqueri en la región Puno.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

El camino bajo evaluación tenía una pendiente inestable debido a la presencia de la mala calidad de materiales, la forma y/o las lluvias. Esta importante enfermedad plantea un peligro continuo de colapso debido a la presencia de fracturas, que pueden provocar daños irreversibles. Queremos utilizar este estudio para identificar los factores que provocan que las pendientes del tramo pavimentado entre los kilómetros 20+300 y 23+150, que une Puno y Laraqueri, se vuelvan inestables. Esta evaluación tiene gran importancia en la región Puno.



1.4.2. Justificación económica

El examen de la vulnerabilidad de las carreteras nos permite evaluar los gastos relacionados con el mantenimiento, reparación y rehabilitación. Este análisis nos proporciona herramientas para evaluar los recursos para garantizar la funcionalidad adecuada, determinar cambios de diseño o realizar evaluaciones de vulnerabilidad y evaluar sus consecuencias. El deslizamiento de tierra impidió que se completara el proyecto. Proporcionaré una técnica para calcular la vulnerabilidad de un proyecto vial.

1.4.3. Justificación social

El pueblo está bastante cerca de las colinas. Debido a la pendiente del terreno, el agua temporal o la lluvia tienden a acumularse, provocando deslizamientos de tierra. Cuando el suelo se satura, puede provocar un deslizamiento de tierra masivo que afecte a la población que se encuentra debajo.

1.4.4. Justificación ambiental

El examen de la estabilidad de la pendiente en el camino bajo investigación tiene un efecto ambiental significativo en respuesta a fenómenos naturales, incluyendo actividad sísmica, condiciones climáticas, deslizamientos de tierra y desprendimientos de rocas que afectan tanto el camino como las residencias cercanas. Las pérdidas son materiales, financieras y personales como consecuencia de esta influencia. de personas que son vulnerables al tipo de inestabilidad que causa los desastres.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La inestabilidad de taludes se presenta en la región Puno a lo largo de la ruta asfaltada entre el kilómetro 20+300 y el kilómetro 23+150. Debido a esta inestabilidad, los valores del factor de seguridad (FS) caen por debajo de los límites permisibles en condiciones dinámicas. Es fundamental diseñar una medida de protección para aumentar la seguridad en este tramo de la vía.



1.5.2. Hipótesis específicas

1. La mayor parte del suelo en los tramos pavimentados de la carretera Puno-Laraqueri entre la milla 20+300 y el km 23+150 tiene un factor de seguridad (Fs) mayor a 1, lo que sugiere un mayor riesgo de inestabilidad de la pendiente.
2. Los taludes en el tramo comprendido entre el kilómetro 20+300 y el km 23+150 de la vía pavimentada Puno – Laraqueri presentan rasgos y características geotécnicas que pueden clasificarse como CL arenoso arcilloso mal graduado según la clasificación SUCS.
3. Factores que apoyan la seguridad Los taludes en la zona de Puno que van desde el km 20+300 hasta el km 23+150 de la ruta pavimentada entre Puno y Laraqueri tienen valores de Fs menores a 1, lo que indica que son vulnerables a los sismos.
4. La mejor estrategia para preservar y estabilizar el talud en la carretera pavimentada Puno-Laraqueri en la región Puno es utilizar muros de contención con valores Fs más altos. Esto se aplica al tramo de la carretera que va desde el km 20+300 hasta el km 23+150. Esto se debe a que los valores de Fs son mayores que los parámetros que se consideran aceptables. Este enfoque garantiza tanto la rentabilidad como la máxima seguridad.

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. Variables independientes: Características geotécnicas del talud.

INDICADORES:

- Granulometría del material.
- Contenido de humedad.
- Límites de consistencia.
- Peso específico.
- Tipo de suelos.



1.6.2. Variables dependientes: Estabilidad del talud.

INDICADORES:

- Factor de seguridad Fs.

1.6.3. Variables intervinientes: Estado de sismicidad - Capacidad de soporte.

INDICADORES:

- Movimiento sísmico.
- DPL del suelo.
- Ruptura de rocas.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco referencial

2.1.1. *Antecedentes del ámbito local*

Se publicó un estudio que García realizó en 2005 y que tituló "Análisis de estabilidad de taludes en macizos rocosos utilizando el método de elementos finitos". La investigación fue realizada en la Universidad Nacional del Altiplano Puno, específicamente en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Algunos de sus descubrimientos más importantes son los siguientes:

La evaluación estática MEL del talud sureste de la mina de Cuajone, sometido a sequías periódicas, reveló que el talud era estable en cuanto a su estabilidad, con un factor de seguridad (FS) de 1,213. Esta fue la conclusión a la que se llegó tras la exhaustiva evaluación. En contraste con los resultados del MED, que sugieren que el talud se encuentra en un estado inestable en el límite de diseño ($FS=1,2$) y está extremadamente cerca del fallo ($FS=1,100$), el talud se encuentra en el límite del fallo con la metodología del MED. Varios elementos diferentes son responsables de la inestabilidad que existe en el talud sureste de la mina de Cuajone. La estabilidad del talud se ve afectada por una serie de factores, como la geometría del talud (incluida su altura y ángulo de inclinación), las formaciones geológicas que allí se encuentran, el nivel del agua y la cantidad de actividad sísmica que se produce con el talud.



Una investigación sobre la estabilidad de taludes fue realizada por Cabrera (2005) en los tajos sur y norte de Mina Virgen. En la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno se presentaron los resultados de esta investigación. La investigación arrojó una serie de descubrimientos significativos.

Se realizó un mapeo geológico-geotécnico del macizo rocoso en la región de investigación, que incluyó el análisis de la información estructural y características geotécnicas. Para realizar este mapeo, examinamos los cortes superficiales que se crearon durante la explotación actual. Utilizamos una técnica exhaustiva de líneas y células para mapear con precisión las estructuras. Además, se utilizaron el índice RQD, el sistema RMR, el índice Q y el índice GSI, para determinar una categorización sólida como una roca para cada uno de los sitios examinados. Con esta información, pudimos identificar diez dominios estructurales únicos.

2.1.2. Antecedentes del ámbito nacional

En el año 2008, Urritia llevó a cabo una investigación sobre la estabilidad de los taludes de la región de Miraflores. Para presentar los resultados se publicó un artículo titulado "Análisis de estabilidad dinámica por elementos finitos de taludes de la Costa Verde en el distrito de Miraflores". Utilizando el enfoque de elementos finitos, el propósito de esta tesis es realizar un análisis de estabilidad dinámica de los taludes de la Costa Verde, los cuales se encuentran ubicados en el distrito 20 de Miraflores. Para cumplir con los objetivos de esta investigación se utilizó GeoStudio 2004 versión 6.20. Para obtener el título de Ingeniero Civil de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú es necesario realizar una tesis de grado. Este es un requisito indispensable para optar al cargo. En esta investigación se utiliza una técnica descriptiva-explicativa, con especial énfasis en una muestra de cuatro porciones de pendiente. Después de hacer una investigación de las cuatro porciones, se descubrió que los factores de seguridad nunca cayeron por debajo de uno mientras ocurría el terremoto. Con base en el análisis de factores geotécnicos, calidades de materiales, geometría y registros sísmicos supuestos, se puede



determinar que los taludes se mantienen estables bajo las condiciones evaluadas.

Se trata de Granada, que fue publicado en el año 2006. Como parte de los requisitos para obtener el título de Ingeniero de Caminos, el autor realizó un estudio con el título "Estabilización del talud de la Costa Verde en la zona del barrio de la Quebrada." Según su tesis, esta investigación fue un componente esencial. En la Pontificia Universidad Católica del Perú, la institución en cuestión es la Facultad de Ciencias de la Ingeniería. El objetivo de este proyecto es lograr la estabilización de un trozo del talud de la Costa Verde que tiene 560 metros de longitud y está ubicado en la zona de Barranco. Adicionalmente, el proyecto desea mejorar el análisis de estabilidad de taludes. El estudio se concentrará en las fuerzas esenciales que son ejercidas por un sismo de manera más particular. No es posible que esta sección sobreviva a condiciones sísmicas importantes (con aceleraciones del terreno superiores a 0,27 g), lo que pondría en peligro la vida humana y las propiedades privadas recién construidas que están situadas a 20 metros de la base del talud. Los resultados de la investigación indican que este tramo concreto no puede cumplir estos requisitos. En consecuencia, urge estudiar la opción de estabilizar el talud de la Costa Verde en los sitios afectados.

2.1.3. Antecedentes del ámbito internacional

En su estudio, Carrera y Carlosama (2017) realizaron una evaluación de riesgos de fenómenos de sustracción de masa que ocurren en un área específica de la quebrada metropolitana de Quito donde se llevó a cabo su investigación. Investigadores de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador fueron quienes realizaron la investigación. El propósito de esto fue determinar el nivel de riesgo asociado con los sucesos de remoción masiva. Se utilizó el enfoque del Límite de Equilibrio para llevar a cabo un examen de la estabilidad del talud. Este análisis implicó el muestreo de suelo y el modelado de los taludes existentes en la sección utilizando el software Slide 6.0. Para realizar este modelado de manera efectiva, es importante poseer un conocimiento profundo de la geometría y las propiedades geomecánicas de los taludes. Los movimientos de masa se pueden clasificar en dos tipos



según los procesos subyacentes: resistencia al corte y variables que mejoran el esfuerzo cortante. Los factores que contribuyen al deterioro del material incluyen la composición inicial del material, su capacidad limitada para deformarse bajo tensión, su tendencia a romperse en pedazos pequeños y desarrollar grietas, su vulnerabilidad a los efectos de la intemperie, su susceptibilidad a daños por derrames de agua y su sensibilidad a los impactos de la deforestación. Además, existen algunas condiciones que aumentan el esfuerzo cortante ejercido sobre los materiales.

"Influencia del descenso del nivel freático en el factor de seguridad de estabilidad de taludes" fue el título de un estudio que Leuro y Sánchez realizaron en 2015 desde la Universidad de Colombia. A través de una investigación sobre las formas en que la reducción del nivel freático influye en el cómputo del factor de seguridad (FS), el propósito de este estudio fue analizar el impacto que tienen los subdrenajes horizontales en el equilibrio de taludes. Se construyeron varios modelos de software además de las características geomecánicas y geométricas que se derivaron para este propósito. Los drenajes se caracterizaron por sus cualidades geométricas y se modelaron los sistemas de estabilidad para obtener los valores de F_s , los cuales luego se utilizaron. En conclusión, se puede determinar que la reducción del nivel freático aumenta a medida que aumenta la longitud del drenaje. La magnitud de la reducción varía según la región donde se toman las mediciones. Además, en la mayoría de los taludes simulados, la resistencia al corte (F_s) presenta una elevación respecto a la F_s inicial, que es el valor obtenido en la simulación sin drenajes, con incrementos que alcanzan como máximo alrededor del 50%.

2.2. Base teórica

2.2.1. Estabilidad de taludes

Los taludes son superficies inclinadas inherentes a las formaciones terrestres, ya sea que ocurren de forma natural o como resultado de la intervención humana en proyectos de ingeniería, como lo mencionan Juárez y Rico (1996). Existe una conexión entre la horizontal



y el grado de inclinación. (página 53)

El análisis de la estabilidad del talud involucra una serie de pasos, incluyendo la evaluación de la capacidad del suelo para soportar fuerzas, el examen de la estructura del talud, la consideración de las condiciones hidrológicas, la identificación de posibles superficies de deslizamiento o falla y el cálculo del factor de seguridad. Al final del día, es muy importante identificar la superficie de falla primaria. Es posible localizar la fuente de este material en el artículo de Jaime de 2013, específicamente en la página 34.

Según Keefer (1984), la inestabilidad de las laderas está limitada por ciertas condiciones, y los deslizamientos ocurren cuando hay un desequilibrio entre las presiones ejercidas sobre una región geográfica específica (p. 85).

Ferré (1987) clasifica los componentes que conducen a la inestabilidad del talud en dos grupos: factores internos, que son inherentes a las propiedades de resistencia del talud, y factores externos, que están relacionados con la geometría del talud y las circunstancias ambientales (p. 85). La inestabilidad de las laderas se atribuye principalmente a fuerzas internas. Las fallas ocurren cuando factores externos impactan el material y provocan cambios en las condiciones iniciales de los taludes. Estas causas resultan en fallas debido a las alteraciones que generan en la condición de equilibrio.

2.2.2. Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes

La estabilidad de las pendientes está influenciada por varias combinaciones de componentes. Estas combinaciones también dictan la forma específica de falla que ocurre a lo largo de una o más superficies y permiten la modificación de un volumen de masa determinado. Los factores que tienen una influencia pueden ser: geológicos, geométricos, hidrogeológicos y geotécnicos.

Como beneficio adicional, se podrá determinar los principales elementos que son responsables de la inestabilidad de las pendientes. Es apropiado clasificar las variables que contribuyen a la inestabilidad del talud, lo que incluye tanto las influencias que condicionan



el talud como las causas que provocan que éste se vuelva inestable.

- **Factores condicionantes (o “pasivos”):** Entre las características inherentes a los materiales naturales se encuentran sus características geométricas o morfológicas, así como sus componentes geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos y estructurales. Las características del terreno y las acciones que éste ejerce sobre el suelo vienen determinadas por la litología, la morfología y las condiciones hidrogeológicas de la zona y su estratigrafía.
- **Factores desencadenantes (o “activos”):** Los factores externos son fuerzas que afectan al suelo, alterando sus características, cualidades y la estabilidad de pendientes o laderas. Estas fuerzas pueden crear o iniciar inestabilidades cuando se presentan ciertas circunstancias. Los movimientos suelen estar bajo su control, tanto en términos de amplitud como de ritmo.

2.2.3. Suelos no saturados

En el tipo de suelo se incluyen agujeros que normalmente se rellenan con una mezcla de componentes de agua y gas. Pueden descubrirse en su condición natural, sin haber sido dañados por la intervención humana, o pueden ser fabricados intencionalmente por humanos mediante la compactación del relleno del suelo. Tanto el estado natural como el artificial son posibles. Según la página 14, los suelos pueden tener un origen sedimentario o residual.

Es más, se dice que estos suelos tienen comportamiento volumétrico, que puede caracterizarse por expansión o colapso, y que este comportamiento se ve impactado por una variedad de circunstancias, incluyendo el grado de saturación y el estado de condiciones estresantes. Hay grandes cambios volumétricos, expansión y contracción que ocurren en suelos no saturados como resultado de las variaciones en el grado de saturación que demuestran. En consecuencia, estos suelos son susceptibles de experimentar cambios significativos en la condición de estrés en la que se encuentran (Valverde, 2010, página 14).



2.2.3.1. Composición

Hay muchos componentes diferentes que forman un suelo no saturado. Hay tres componentes que están presentes dentro del sistema, y son las partículas sólidas del suelo, el agua líquida y los elementos gaseosos del aire. Según Fredlund y Rahardjo (1993), Fredlund y Morgenstern (1977) ofrecen una aclaración del límite entre el aire y el agua libre. Esta barrera se describe en la frase anterior. Esta cuarta fase no tiene relación con las anteriores. Esta fase tiene características únicas que varían de las del agua y el aire individualmente, como señala Barrera (2002).

1. Fase sólida

La presencia de partículas minerales en el suelo es el principal determinante de la formación de esta fase. La función principal que proporciona es brindar soporte a una parte de las cargas. Las cualidades del suelo están determinadas por diversos factores, como puede ser el tipo de suelo, el tamaño de grano y la porosidad. (Valverde, 2010, p. 15).

2. Fase líquida

Los poros tienen la función de recoger agua. El agua presente en el suelo se puede clasificar en tres categorías diferentes: agua higroscópica, que es absorbida por partículas y no puede ser separada por el flujo de agua; agua capilar, que queda retenida en el suelo debido a fuerzas capilares; y agua gravitacional, que puede ser drenada por la fuerza de la gravedad. (Valverde, 2010, p. 15).

3. Fase gaseosa

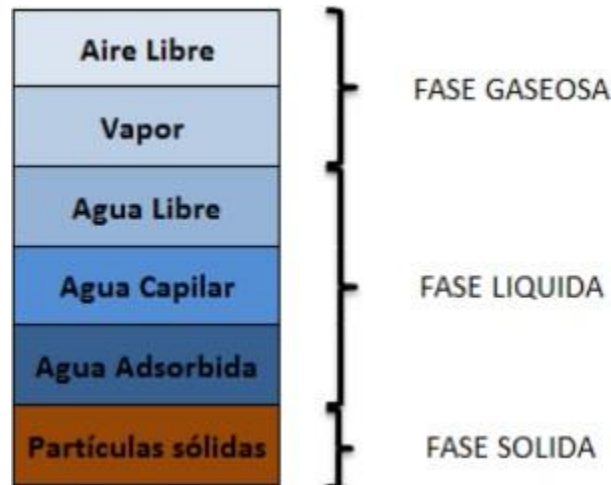
La propiedad más favorable del aire es su compresibilidad, que se refiere a su capacidad para comprimirse. En menores periodos de tiempo y menores niveles de presión, se acerca mucho al principio fundamental de los gases ideales conocido como ley de Fick, según Barrow (1961), el cual es mencionado por Barrera (2002) (Valverde, 2010, p. 15). Así lo dice el artículo.

Valverde (2010) afirma que existen interacciones conectadas entre las fases líquida y gaseosa. Los vínculos mencionados en el párrafo quince incluyen las condiciones de equilibrio de la presión de vapor y de líquido.

Basado en el ejemplo proporcionado:

Figura 2

Fases del suelo en estado saturado.



Nota. Valverde, 2010, p. 15.

2.2.3.2. Clasificación

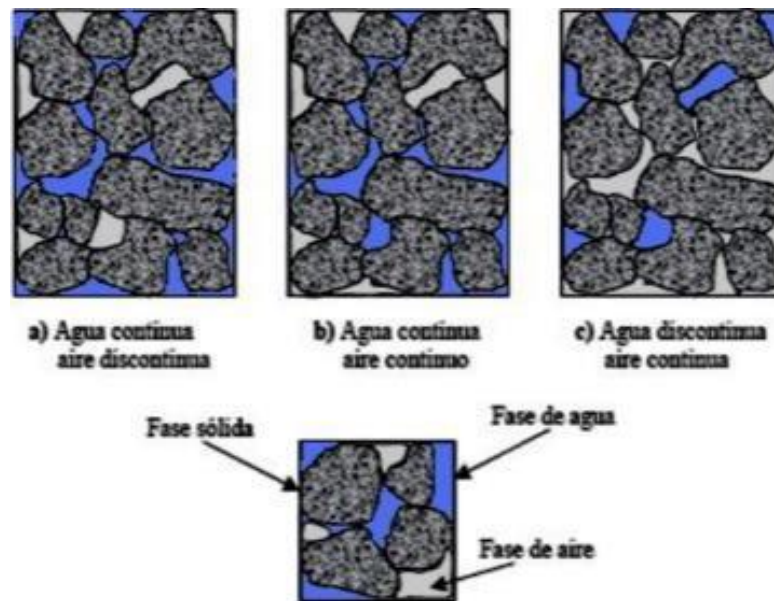
La composición y características del suelo varían según los procedimientos a los que se ha sometido para alcanzar la condición de insaturación. En el diagrama anterior, Wroth y Houlsby (1985) introdujeron un sistema de categorización para suelos no saturados de la siguiente manera:

- a. En el sistema hay una fase acuosa continua y una fase aérea discontinua. Desarrolla una determinación resuelta e inquebrantable. Se encuentra en suelos con un alto grado de saturación, lo que es característico de los suelos que lo contienen. Cuando el aire está presente, adopta la forma de burbujas.
- b. El aire y el agua fluyen en una fase continua. La condición en cuestión es de saturación parcial. La presencia de esta sustancia es evidente en depósitos densamente poblados de partículas finas como limo y arcilla, así como en la región intermedia entre diferentes tipos de suelo.

- c. Una fase aérea persistente acompañada de una fase acuosa ocasional. Exhibe un modesto nivel de saturación. Se puede encontrar en suelos naturales poco profundos y en rellenos espesos compuestos de materiales macizos.

Figura 3

Clasificación de suelos no saturados.



Nota. Valverde, 2010, p. 15.

2.2.3.3. Estructura

En su mayor parte, la composición interna del suelo está formada por tres componentes principales: las partículas elementales, que están formadas por partículas de arcilla; las partículas compuestas, que están formadas por partículas de arena; y los poros, que son los espacios que existen entre las partículas. La decimosexta página. Además, existe la posibilidad de más permutaciones, lo que finalmente dará lugar al desarrollo de una matriz formada por partículas fundamentales que juntas tienen la capacidad de proteger a los agregados.

Según Barrera (2002), cuando la succión de la matriz es significativa, la rigidez de la estructura se restringe. La matriz es el componente capilar que está conectado al agua que se encuentra entre los agregados. Por otro lado, el componente de adsorción que está presente en las partículas de arcilla dificulta su trituración.



2.2.3.4. Succión

Se define el término "presión" como la táctica utilizada para atraer o mantener el agua. "Además de la gravedad, la temperatura y la inercia, al fenómeno de la atracción también contribuyen la capilaridad, la hidratación y los mecanismos osmóticos".

Se argumenta que el agua es libre cuando no contiene ningún soluto disuelto y no interactúa con ninguna otra fase que cree curvatura en la interfaz entre el aire y el medio acuoso. Es posible localizar el material en cuestión en Baltodano (2006), más concretamente en la página 56.

$$S = S_m + S_o$$

La letra S significa succión, la letra S_m significa succión matricial y la letra S_o significa succión osmótica.

Resistencia cortante

Según Valverde (2010), en la página 19, es importante realizar un análisis de la relación entre el suelo y una curva de tensión o perturbación para determinar si el suelo es capaz o no de reaccionar a las tensiones que se le imponen. De acuerdo con Barrera (2002), es vital tener una comprensión fundamental de la teoría de Terzaghi para comprender la condición de estrés cuando un suelo no saturado está presente. Esta teoría simplifica los cálculos al ignorar la influencia de la succión.

La ecuación que define el esfuerzo útil es la siguiente:

$$\sigma' = \sigma + \mu$$

Para determinar la tensión efectiva, que se representa con el símbolo σ' , se utiliza como medida la diferencia entre la tensión total (σ) y la presión de poro (μ). La tensión efectiva puede definirse como la diferencia entre ambos escenarios.

Por otra parte, es posible lograr la creación de una relación entre la resistencia

al cizallamiento y la tensión efectiva normal haciendo uso del criterio de fallo de Mohr-Coulomb:

$$r = c + \sigma' + \tan\varphi$$

Resistencia de los suelos saturados

Para comprender plenamente su comportamiento, es crucial establecer una conexión clara entre los cambios de variación de agua y los cambios en la resistencia, dados los importantes niveles de saturación del suelo en su estado inherente. Con respecto a suelos no saturados, la resistencia al corte puede expresarse mediante la ecuación desarrollada por Fredlund, Morgenstern y Widger (1978).

$$r = c + (\sigma' - \mu_a)\tan\varphi + (\mu_a - \mu_w)tn\varphi^b$$

2.2.4. Colapso y expansión

El suelo influenciado por la saturación en su comportamiento depende enteramente de su grado de saturación. Las varianzas volumétricas se consideran positivas cuando hay colapso y negativas cuando hay extensión.

2.2.4.1. Colapso

Se afirma que la deducción de volumen que no se puede recuperar ocurre cuando aumenta la saturación del suelo, pero el estrés externo se mantiene constante. Esta condición, conocida como suelo insaturado, ocurre cuando el agua del suelo no está totalmente saturada. Para que ocurra un colapso masivo, el suelo debe poseer una disposición permeable que pueda contraerse en tamaño cuando hay una reducción en el volumen de los poros. Esta disminución de volumen reacciona fuertemente a los cambios en los niveles de estrés. Las débiles conexiones entre las partículas del suelo, especialmente cuando hay agua, son las principales responsables del colapso. Se pueden crear combinaciones que resulten en el colapso de una estructura relativamente cerrada bajo presiones muy fuertes o que logren el efecto contrario. La cita de esta información es Valverde, 2010, página 21.



2.2.4.2. Expansión

Se explica que la expansión del suelo no saturado se produce cuando el suelo se humedece, lo que se conoce como suelo arcilloso. Se produce un aumento de volumen como resultado de la relajación de las tensiones intergranulares, que se produce porque las partículas del suelo absorben agua, lo que hace que se produzca esta expansión. Hay que tener en cuenta que esta expansión se produce bajo el mismo estado de tensión (p. 21).

Según Barrera y Garnica (2002), la pérdida de succión es la causa de la reducción de las fuerzas de contacto entre partículas que se produce cuando se introduce humedad en la mezcla a lo largo del proceso. En el caso de que la estructura sea propensa a volverse inestable, provocará su propio colapso. La relajación intergranular, en cambio, tendrá lugar si la estructura es suficientemente compacta. Año 2002 Esto es lo que han afirmado Barrera y Garnica.

Existe un vínculo entre la expansión y las propiedades de la piedra caliza. La presencia de cargas eléctricas es crucial en este proceso ya que la polaridad de las partículas de arcilla y del agua conduce a la generación de fuerzas de absorción.

2.2.4.3. Factores generantes de expansión

- **Tipo de minerales:** El tipo de partículas de arcilla dentro de un suelo viene determinado por la composición de las partículas de arcilla en relación con otras partículas del suelo.
- **Densidad Seca:** Si un suelo tiene una mayor densidad seca, entonces tiene mejor potencial de crecimiento (potencial de desarrollo).
- **Estado de esfuerzo:** Cuanto más esfuerzo se pone, menos crecimiento se produce; más bien, podría provocar un colapso.
- **Estructura del suelo:** La expansión alveolar, flocculenta o discontinua de las partículas está influenciada por la estructura y disposición de las

partículas dentro del panal.

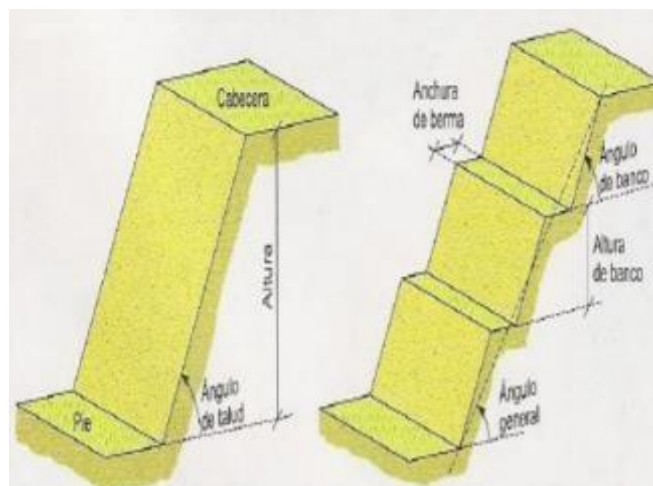
- **Tiempo:** Si se tiene en cuenta la porosidad del suelo y sus propiedades generales, es posible que continúe la aparición de cambios volumétricos.
- **Fluidos intersticiales:** Además, el comportamiento del agua intersticial en relación con el suelo es un componente esencial en el proceso de expansión.
- **Humedad:** Debido a la alta capacidad de absorción de agua presente en el suelo, la capacidad de crecimiento puede aumentar a medida que disminuye la humedad.

2.2.5. Taludes

Según Velarde (2010), una superficie inclinada es una superficie de terreno que tiene una cierta pendiente. Esta pendiente puede formarse por procesos naturales o por la acción humana. Además, una superficie inclinada puede ser una pendiente pronunciada. El proceso de corte y relleno se utiliza en carreteras en regiones montañosas, lo que da lugar a la formación de pendientes (p. 23). Una pendiente artificial consta de tres componentes principales: el pie, la cabecera y las bermas, como se ve en la ilustración.

Figura 4

Taludes naturales y artificiales.



Nota. Valverde, 2010, p. 23.

2.2.5.1. Tipos de taludes

1. Taludes naturales

El término "superficies naturales" se refiere a aquellas que no han sido modificadas por la intervención humana y poseen atributos intrínsecos como densidad, forma y materiales, entre otras características. La parte superior tiene forma curva y se distingue por el agotamiento de sólidos o fluidos.

Por el contrario, la sección central es lineal y está definida principalmente por el paso de partículas o fluidos; y la parte inferior, que está curvada hacia el interior y sirve como zona de almacenamiento de sedimentos y depósito de sólidos transportados por el agua, son los tres segmentos que se pueden distinguir entre sí.

La forma del formulario variará según la zona climática, lo que dicta la progresión más prominente de algunos componentes sobre otros. La cita es del trabajo de Valverde publicado en 2010 en la página 23.

Figura 5

Superficie de un talud.



Nota. Valverde, 2010, p. 23.

2. Taludes artificiales

Las pistas artificiales son pendientes que han sido alteradas por el hombre utilizando equipos mecánicos para modificar su forma y garantizar la estabilidad. Esto se puede ver en la cifra proporcionada por Valverde (2010, p. 23).

Como afirma Valverde (2010, página 23), es posible que el ser humano diseñe estructuras que sean seguras y estables empleando conceptos geotécnicos para modificar la densidad, el material y la geometría de la pendiente del entorno.

Figura 6

Construcción de taludes en vías.



Nota. Valverde, 2010, p. 24.

2.2.5.2. Estudios geotécnicos

Antes de iniciar un proyecto en un talud, Velarde (2010) enfatiza la necesidad de realizar una investigación previa. Al realizar estas investigaciones, es importante recopilar toda la información necesaria para analizar y poner en marcha las acciones esenciales para estabilizar y consolidar el talud. Esta es la página 24.

Los estudios pueden afirmar que las investigaciones necesarias a realizar son:

1. Topografía

"El examen de las características espaciales y medidas de un talud". Las



medidas de profundidad y longitud son las principales variables que se buscan. Debido a que son necesarias para representar con precisión el terreno con sus magnitudes para poder realizar el análisis correcto, estas mediciones son de suma importancia. (Valverde, 2010, p. 24).

2. Nivel freático

El nivel freático, que se refiere a la cantidad de agua presente en el suelo, así como las condiciones hidrogeológicas son extremadamente importantes de comprender, ya que tienen un impacto directo en la estabilidad del suelo, que a su vez repercute en la estabilidad del talud.

3. Litología y geológica

La afirmación coincide que es importante poseer conocimientos de la litología y estructura geológica, así como una comprensión de las presiones a las que estaría sometido el talud, para poder gestionarlo eficazmente. Para realizar la caracterización del suelo y determinar sus propiedades resistentes, es fundamental obtener muestras de suelo y someterlas a análisis de laboratorio. El procedimiento para realizar evaluaciones de estabilidad y generar soluciones de estabilización eficaces se va a simplificar como resultado de esta investigación.

2.2.5.3. Estabilidad de taludes

1. Generalidades

El estado conocido como estabilidad de taludes puede verse amenazado debido a una serie de características individuales. El estado de una pendiente puede verse influenciado por factores geológicos, incluidas discontinuidades, características geológicas y la geometría de la pendiente. Además, el agua tiene un impacto adverso sobre la estabilidad del suelo en la pendiente, disminuyendo su capacidad para resistir fuerzas



externas y aumentando su masa. Además, ejerce tensión sobre las fracturas que están sometidas a tensión, lo que quizás provoque un deslizamiento.

2.2.5.4. Factores que generan la expansión

- **Sobrecargas Estáticas:** Las mediciones de las masas de edificios, vertederos y automóviles están totalmente documentadas. en lugar de experimentar una elevación en el peso de la parte superior de la pendiente.
- **Cargas Dinámicas:** Las perturbaciones sísmicas, ya sean naturales o producidas, son modificaciones y vibraciones que se producen debido a actividades de voladuras en proximidad inmediata.
- **Cambios hidrogeológicos:** Existe una relación entre el aumento de las precipitaciones y el aumento de la cantidad de agua presente en el suelo. Como consecuencia de ello, se produce un aumento de la saturación, lo que a su vez provoca una disminución de la resistencia.
- **Variaciones geométricas:** Cualquier alteración, como disminuir el peso en la base del talud o aumentar la carga en la parte superior, provocaría el colapso del talud.
- **Reducción de la resistencia:** Las cualidades de la resistencia cambian como consecuencia del proceso de meteorización.

2.2.5.5. Métodos de análisis

Determine un factor de seguridad (FS) para implementar medidas adecuadas para mejorar esta característica. El objetivo principal del análisis de estabilidad de taludes es hacer esto. El valor estándar de este parámetro es 1,5; si bien, podrá elevarse a 2 en el caso de que se requiera un mayor grado de seguridad.



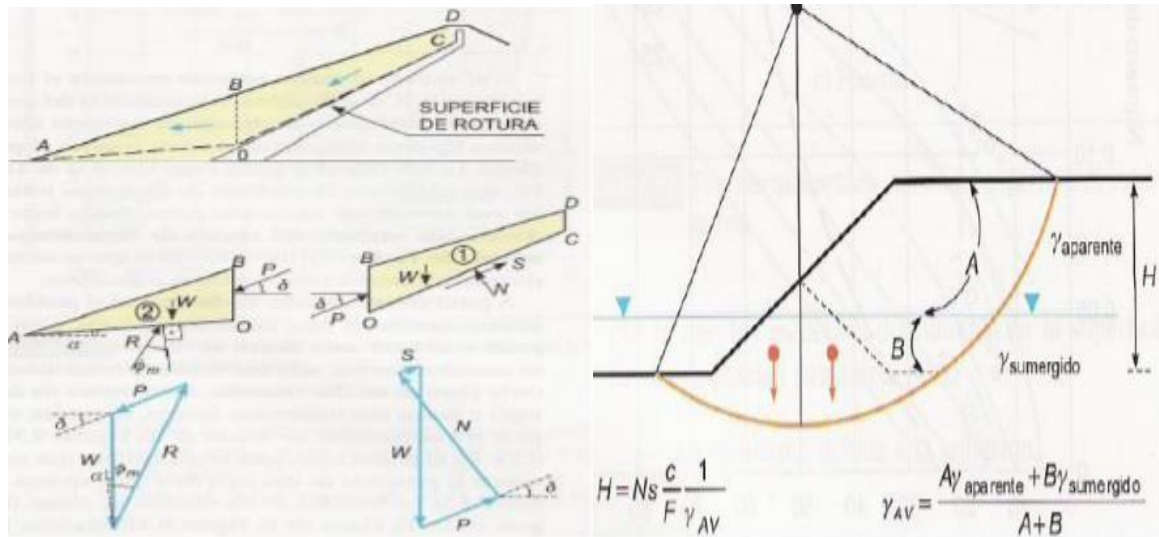
Las principales metodologías de investigación para adquirir información sobre FS son:

- a. Talud infinito:** Según Ramírez (2007), la frase implica que la longitud de un plano poco profundo paralelo a la pendiente puede considerarse infinitamente largo en comparación con el espesor del deslizamiento.
- b. Método de las cuñas:** Para calcular los componentes de seguridad, primero se segmenta la superficie de falla del polígono en varias secciones geométricas distintas. Esto se puede ver en la figura que sigue.
- c. Ábacos de Hoek y Bray:** Permiten un cálculo rápido y sencillo del factor de seguridad para taludes que sufren fallas circulares en la base, utilizando los atributos geométricos del talud y las cualidades cohesivas del suelo.
- d. Método ordinario o de Fellenius:** Cuando se utiliza en pendientes planas con alta presión de poro, este método es bastante impreciso. Tiene un rendimiento de seguridad inadecuado y se utiliza para superficies de falla circular. Año 2006. Según Poblete.
- e. Método Simplificado de Janbú:** Además. El equilibrio se alcanza en relación a las fuerzas, pero no en relación a los momentos. Los FS tienen una deficiencia en conservadurismo. Todos los modos de superficie de falla son relevantes. En 2006, según afirma Poblete.
- f. Método Morgenstern – Price:** Supongamos que ya se ha elaborado el plan para las fuerzas laterales. Debido a la consiguiente disminución de rigidez entre las dovelas, tiene una cualidad muy distintiva.
- g. Método de Bishop:** Este método se basa en la noción de que la masa deslizante se divide en aproximadamente "n" partes. Los pares ejercidos por las fuerzas en

cada segmento en relación con el centro del circuito están en equilibrio, lo que genera fuerzas equilibradas que no afectan el circuito.

Figura 7

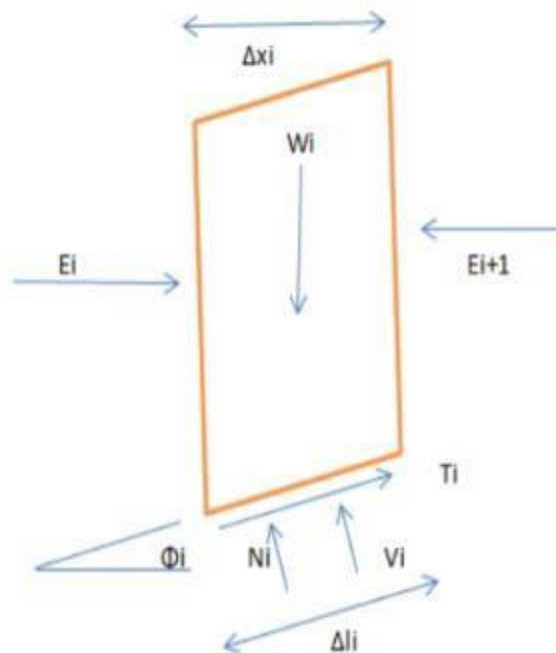
Métodos de análisis tipo cuña y circular.



Nota. Bañón & Beví, 2010, 2010, Volumen II, p. 15/6.

Figura 8

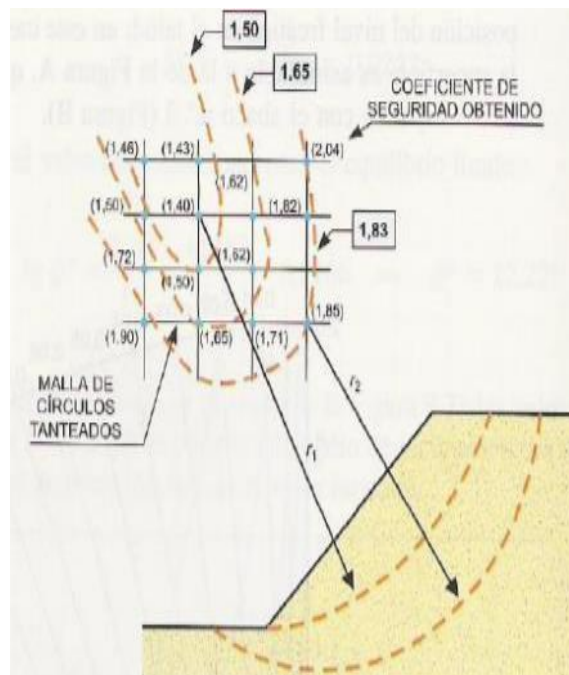
Diagrama de fuerzas por el método Simplificado Janbú.



Nota. Bañón & Beví, 2010, 2010, Volumen II, p. 15/6.

Figura 9

Superficies de falla para el cálculo de estabilidad.



Nota. Bañón & Bevíá, 2010, 2010, Volumen II, p. 15/6.

2.2.5.6. Métodos de estabilización

Después de realizar el análisis de estabilidad de acuerdo con los principios dados, es crucial implementar medidas para garantizar que la pendiente permanezca estable incluso en caso de inestabilidad.

1. Modificación geométrica

Se refiere al proceso de realizar incisiones en el terreno. Estos cortes examinan el proceso de determinación del peso en cabecera, mejorando la forma del muro talud, reduciendo su pendiente y dividiendo el talud en secciones mediante bermas.

2. Anclajes

El método de anclaje es una técnica comúnmente utilizada para estabilizar taludes. Esta técnica consiste en la introducción de componentes metálicos en el suelo, mejorando así su resistencia al corte.

3. Muros de contención

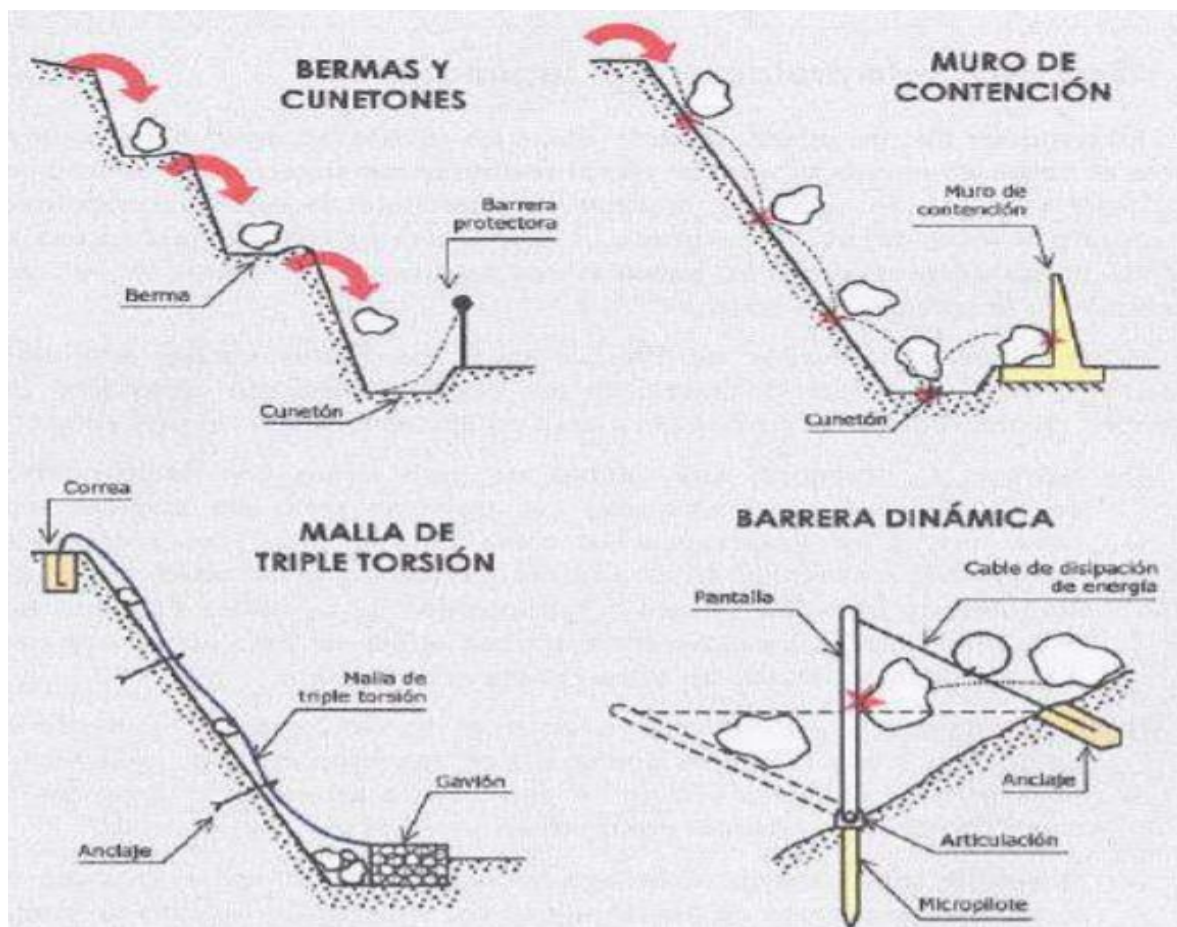
Estos edificios están destinados específicamente a brindar soporte a masas de tierra en circunstancias en las que no se pueden esperar cambios de elevación debido a factores geológicos, hidrológicos u otros. Los elementos que poseemos incluyen: estructuras de gravedad (compuestas por enormes hormigón, gaviones y materiales prefabricados), componentes estructurales (muros de hormigón armado) y suelos reforzados (compuestos por geotextiles y materiales de malla).

4. Otras alternativas

La vegetación tiene la particularidad de tener raíces que se extienden verticalmente hasta cuatro metros de longitud, a modo de anclas.

Figura 10

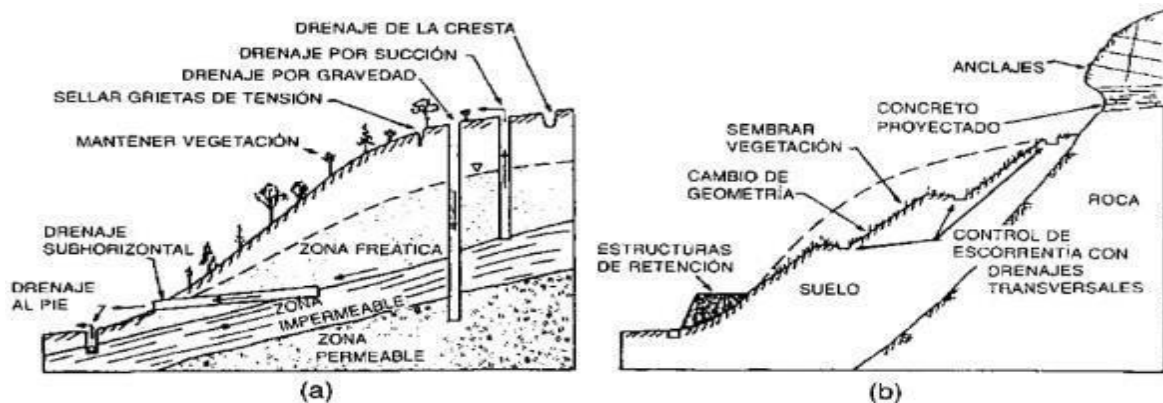
Métodos geotécnicos de estabilidad.



Nota. Bañón & Beví, 2010, 2010, Volumen II, p. 17/18.

Figura 11

Métodos geomecánicos de estabilidad.



Nota. Bañón & Beví, 2010, 2010, Volumen II, p. 17/8.

2.2.6. Ensayos y/o métodos requeridos

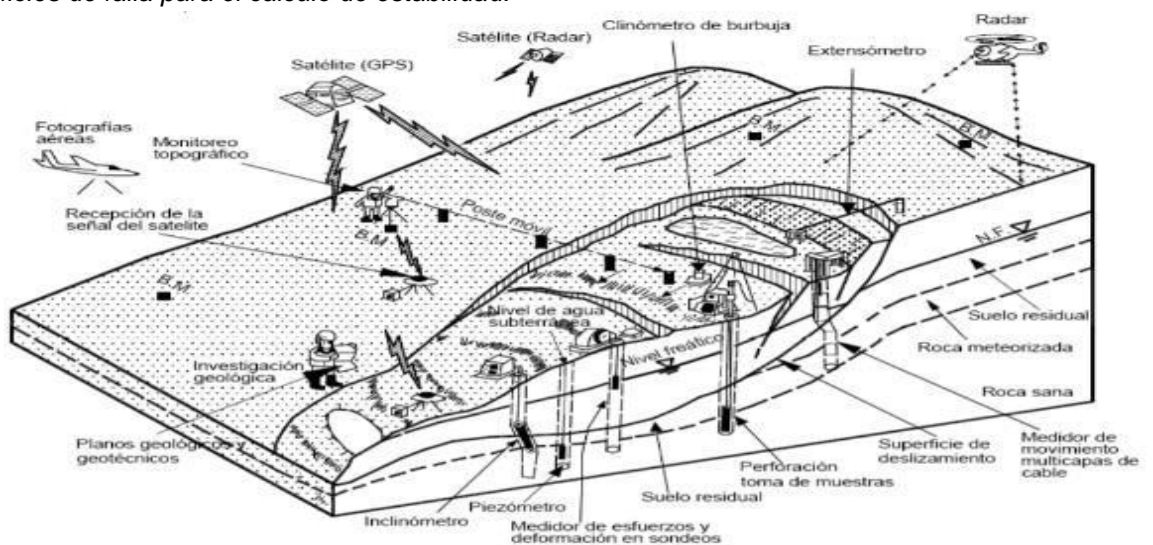
Se enfatiza la necesidad de construir un gradiente para observar y gestionar efectivamente los factores que influyen en la estabilidad.

2.2.6.1. Instrumentos de campo

La actividad del suelo se analiza mediante seguimiento topográfico, como se ve en el gráfico siguiente. La figura que se muestra ilustra que existe potencial para mejorar el uso de GPS diferencial, deflectometría, piezómetros y métodos y equipos similares.

Figura 12

Superficies de falla para el cálculo de estabilidad.



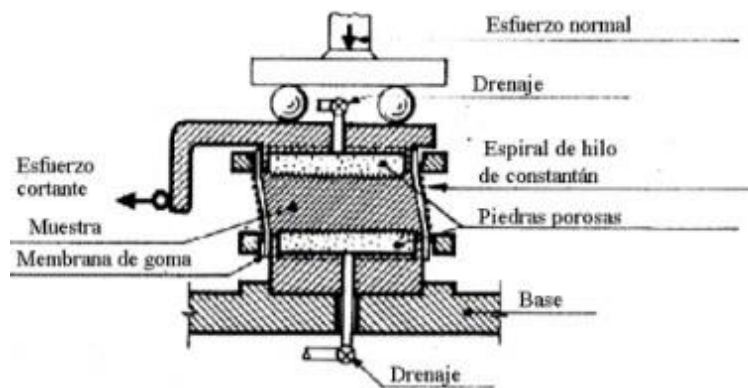
Nota. <https://slideplayer.es/slide/12245134/>.

2.2.6.2. Instrumentos de laboratorio

Cuando se trata de determinar la compacidad de los suelos, el cizallamiento directo es el único método que se utiliza. En los últimos años, sin embargo, la existencia de otros métodos, como el ensayo triaxial, ha provocado un descenso en la utilización de esta metodología en particular. El corte recto incluye varios accesorios de la siguiente manera:

Figura 13

Aparato de Corte Directo.

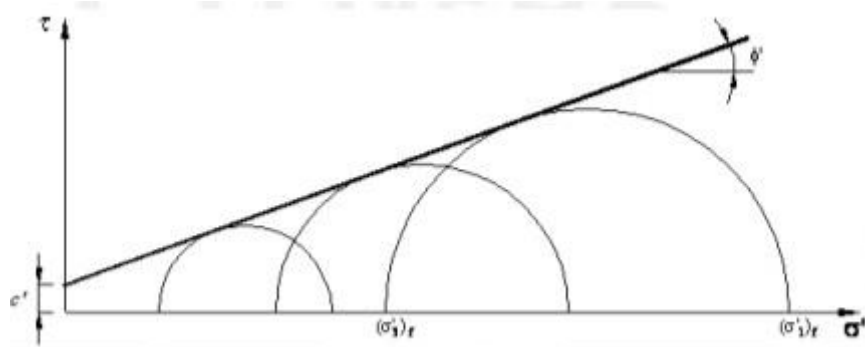


Nota. Mendoza, 2016, p. 32.

Esta prueba calcula las tensiones normal y cortante y produce un gráfico que contiene tres puntos de datos. El ángulo de rozamiento es igual al ángulo de inclinación, y el punto en el que la línea inclinada hace contacto con el eje vertical se denomina punto de cohesión.

Figura 14

Círculos de falla σ - τ .



Nota. Mendoza, 2016, p. 33.



La resistencia al corte, la rigidez y las cualidades de deformación se determinan mediante el uso de ensayos triaxiales. Las cualidades de permeabilidad y consolidación también pueden describirse de manera complementaria, donde se tiene tres formas diferentes de realizar esta prueba.

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Ángulo de Fricción Interna

El coeficiente de fricción es una función matemática que varía en función de una serie de circunstancias. Entre estos elementos se encuentran el tipo de material, el volumen y la forma de las partículas, la distribución de los tamaños de las partículas, el tamaño de las micropartículas y la distribución de los tamaños de las partículas.

2.3.2. Banqueta de taludes

Los bancos de colina se refieren a la creación de una o más terrazas consecutivas en una colina.

2.3.3. Buzamiento

El término "ángulo de máxima inclinación" se refiere al ángulo que se produce entre la línea que representa la pendiente más pronunciada de un plano y la línea horizontal. El Instituto Geológico y Minero de España, más concretamente a partir del año 2006, es el origen de esta información.

2.3.4. Caracterización geológica

Esta sección proporciona una descripción clara de las características fundamentales de la roca, incluidas sus discontinuidades y la estructura de dureza.

2.3.5. Clasificación geo mecánica

Un sistema de categorización permite la correlación de indicadores de calidad con factores de preparación y mantenimiento.



2.3.6. Cohesión

Medida de las fuerzas que actúan conjuntamente para mantener unidas las partículas individuales del suelo. La frase se utiliza para referirse a la resistencia al cizallamiento que se produce como resultado del proceso de cementación que tiene lugar entre las partículas en el campo de la mecánica del suelo.

2.3.7. Deslizamiento

Cuando grandes cantidades de tierra o roca se deslizan y engloban parcialmente la superficie que tienen debajo a lo largo de una o varias superficies de fractura, este fenómeno se conoce como deslizamiento. La fuente utilizada es Gonzales de Vallejo (2002).

2.3.8. Estabilidad de talud

Un análisis de estabilidad de taludes es un examen teórico que analiza la estabilidad de un talud a lo largo del desarrollo de un proyecto o de la ejecución de una obra de ingeniería civil. Esta evaluación se lleva a cabo para medir la estabilidad de un talud. Es posible llevar a cabo esta actividad mientras se construye un talud. El estudio de la geotecnia está estrechamente relacionado con este campo de estudio.

2.3.9. Evaluación

Evaluar las circunstancias y fallas de un talud implica definir y cuantificar sus efectos mediante procesos controlados de mediciones y observaciones. Esta evaluación tiene como objetivo mitigar los problemas prácticos y estructurales relacionados con las pistas.

2.3.10. Factor de seguridad

En el entorno del sistema dado, la medida determinista representa cuantitativamente la relación entre la capacidad del sistema y las fuerzas impulsoras de la demanda.

2.3.11. Índice de plasticidad

Es importante entender qué se entiende por "índice plástico" para comprender la distinción entre las fases líquida y plástica.



2.3.12. Meteorización

Las propiedades físico-químicas de las rocas en la superficie pueden variar como resultado de sus interacciones con soluciones líquidas o gaseosas en la atmósfera.

2.3.13. Macizo rocoso

Una colección de diversas matrices de rocas que exhiben una estructura específica, experimenta diversos grados de alteración y muestran varias discontinuidades.

2.3.14. Pie de talud

El término "cóncavo" se refiere a la sección inferior de una pendiente cuando hay un cambio abrupto en su inclinación, dando como resultado una forma cóncava.

2.3.15. Remoción en masa

La erosión es el proceso por el que grandes cantidades de roca, tierra o escombros migran ladera abajo, provocando cambios en los materiales de la escarpa. La erosión puede deberse a distintos factores. La consecuencia que se deriva del paso de fuerzas gravitatorias.

2.3.16. Roca

La sustancia está formada por partículas minerales que están estrechamente unidas entre sí mediante fuerzas de cohesión fuertes y estables.

2.3.17. Suelos

Los agregados son definidos por Del Castillo y Rodríguez (1976) como partículas no reactivas que se producen como resultado de la desintegración de rocas mediante la combinación de procesos químicos y mecánicos. Existe la posibilidad de que estas partículas tengan zonas de vacío que incluyan propiedades tanto líquidas como gaseosas.

2.3.18. Talud

Determine la pendiente de los lados del camino, ya sea una pendiente en una sección donde el terreno está cortado o una pendiente en un área donde el terreno está construido, utilizando formaciones rocosas o de suelo que han sido creadas por causas naturales o humanas. -procesos realizados.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

Para evaluar los componentes que influyen en la estabilidad del talud es necesario realizar una serie de investigaciones preliminares, tanto en el sitio como en la oficina. Es necesario realizar estas investigaciones en una secuencia determinada. Los resultados de estas investigaciones sirven de base sustancial sobre la que construir posteriores investigaciones y conclusiones.

3.1.1. Método general

Borja (2012) afirma que la investigación que incluye pruebas y ensayos de laboratorio donde se utiliza procedimientos de observación y a su vez la medición de los mismos.

3.1.2. Métodos específicos

El proceso de evaluación de pendientes incluyó dos pasos principales: identificación y formulación de problemas e identificación de objetivos. Inspección in situ y experimentos científicos realizados en un ambiente controlado. Agregación de datos de la región de investigación especificada. Mediante el uso de análisis heurístico se realiza una evaluación del grado de resistencia a los deslizamientos de tierra. Se determinó que el análisis determinista era el más apropiado para calcular el factor de seguridad. Más concretamente,



se utilizaron los métodos de equilibrio límite y de análisis de elementos finitos. Se incluye el análisis y la discusión de los resultados. Métodos y técnicas de estabilización. Como conclusión, algunas recomendaciones.

3.2. Tipo de investigación

La clasificación fundamental de este sistema es Técnica o Sistemática, ya que tiene como objetivo recopilar datos y brindar información organizada, práctica y adaptada al tema.

3.3. Enfoque de investigación

La investigación utiliza un enfoque híbrido, integrando metodologías cuantitativas (factor de seguridad) y cualitativas (estabilidad de la pendiente) con el fin de recopilar datos y evaluar la validez de los hallazgos.

3.4. Nivel de investigación

El estudio se realiza a Nivel Descriptivo – Explicativo, enfocándose en la profundidad y tipo de investigación. Su objetivo es dilucidar la relación causa-efecto del evento, alineándose con los objetivos del estudio.

3.5. Diseño de investigación

Debido a que los factores que se investigan no se manipulan intencionalmente, esta investigación no se considera experimental. En cambio, proporciona un resumen de las variables y evalúa la frecuencia con la que ocurren en un determinado momento determinado.

3.6. Ámbito de estudio

3.6.1. Ubicación del área en estudio

La región de Puno tiene su ubicación en la región sur de la nación y limita con los siguientes departamentos: Madre de Dios al norte, Lago Titicaca al este, Tacna al sur,

Moquegua al suroeste y Arequipa y Cuzco al sur. Oeste. El área mide 66.997 kilómetros cuadrados (fuente: Wikipedia, 2019).

3.6.2. Descripción del área de estudio

La región investigada se ubica sobre la ruta asfaltada Puno – Laraqueri, comprendiendo desde el kilómetro 20+300 hasta el kilómetro 23+150. Las coordenadas UTM-WGS84 son 8676364.00 Norte y 754342.00 Este. El paisaje tiene una estructura aparentemente sólida, adornada con parches de follaje y pequeñas estructuras. Además, muestra un deslizamiento de tierra reactivado de la antigüedad compuesto por rocas desprendidas provocadas por el proceso de meteorización. Durante el examen se observó que había movimientos continuos en el cuerpo del portaobjetos.

Figura 15

Descripción del área en estudio.



Nota. Elaboración Propia.

3.7. Población y muestra

3.7.1. Población

La población para este trabajo de investigación está conformada por los pobladores que residen en las faldas del tramo comprendido entre el kilómetro 20+300 y el km 23+150 de la ruta pavimentada Puno – Laraqueri en la región Puno.

3.7.2. Muestra

Las muestras a estudio estuvieron compuestas por 9 tramos, espaciados cada uno de ellos a 400 metros, de acuerdo con las normas marcadas en el Manual de Carreteras.

3.8. Técnicas instrumentos de recolección de datos

En la investigación se utilizó el enfoque de observación, registrando los resultados de las pruebas en fichas técnicas adecuadas mediante métodos visuales.

3.8.1. Identificación de las zonas de mayor riesgo

El camino analizado consta de superficies planas, onduladas e inclinadas. Para identificar los lugares con mayor riesgo de inestabilidad, se realizaron experimentos de laboratorio, perforaciones DPL para investigación de suelos profundos y estudios topográficos para escalar pendientes.

Figura 16

Exploración del suelo DLP.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 17

Dimensiones topográficas del talud.



Nota. Elaboración Propia.

3.8.2. Características geométricas

Las pruebas realizadas en campo evaluaron directamente los factores de esta investigación, como realizar un análisis topográfico del terreno para identificar las dimensiones del talud y utilizar perforaciones DPL para realizar un estudio estratigráfico y determinar la capacidad de soporte del terreno.

3.8.2.1. Levantamiento topográfico

Para iniciar el proceso de recopilación de datos, se utilizó un sistema de posicionamiento global (GPS) para registrar las coordenadas. Se tomó un punto en el punto más alto de la pendiente y el otro punto en la posición más baja. El desnivel de altura que se midió fue de aproximadamente 630,00 metros.

Luego de referenciar estos sitios o coordenadas, se procedieron a registrarlos mediante el equipo topográfico conocido como Estación Total. La plantilla estaba equilibrada en las tres dimensiones. El equipo se reubicó a intervalos regulares hasta llegar a la conclusión del segmento. Además, era fundamental generar las curvas de nivel topográficas del terreno, así como comprender las fluctuaciones de elevación y pendientes. Estos fueron creados usando el software Civil 3D.

Figura 18

Levantamiento topográfico.



Nota. Elaboración Propia.

3.8.2.2. Caracterización estratigráfica

Se utilizó el programa Slope/w® (licencia de estudiante) para calcular los disparos en el estudio de estabilidad del talud.

Figura 19

Identificación de las zonas con DPL.



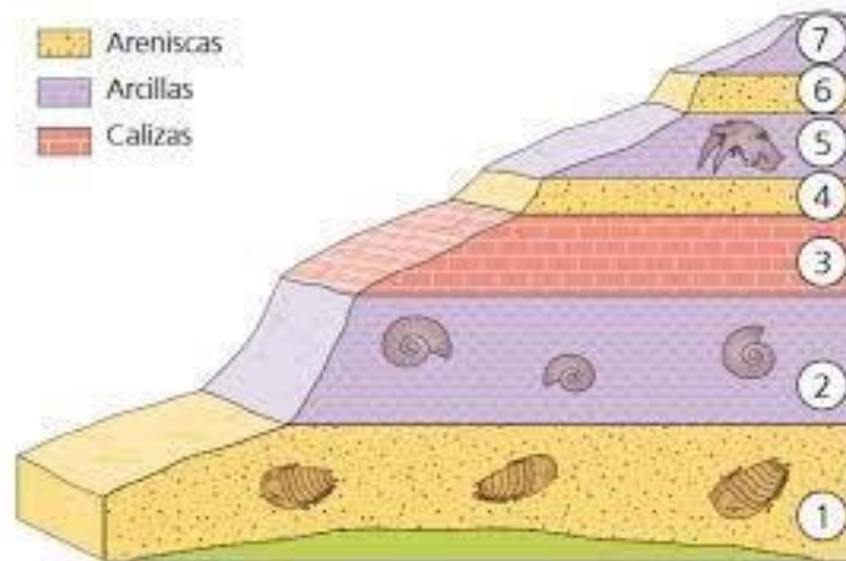
Nota. Elaboración Propia.

Los datos adquiridos de la topografía y las mediciones de laboratorio son dos tipos de datos que se incorporan al modelado de pendientes. El examen se realizará a diferentes profundidades, y el nivel freático se considerará una variable durante todo el proceso. El nivel freático es muy difícil de predecir, y esta es la razón. Métodos

como el enfoque de Fellenius, el método de Bishop, el método de Janbu reducido y la metodología de Morgenstern-Price son ejemplos de análisis continuo. Esto se logró midiendo la superficie de falla proporcionada por el software para determinar la profundidad de los agujeros.

Figura 20

Estratigrafía de un talud software Slope/w®.



Nota. Elaboración Propia.

3.8.3. Cálculo de las precipitaciones

Para explorar las consecuencias de la precipitación, es necesario tener una comprensión completa del comportamiento de la precipitación. Para el propósito de recopilar información sobre la precipitación se utilizó el período de enero a marzo entre los años 2010 y 2022. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, conocido como SENAMHI, fue la entidad que se encargó de proporcionar estas observaciones.

3.8.3.1. Pluviómetro

Macetas de plástico con marcas graduadas se utilizan como pluviómetros durante la temporada de lluvias. Su importancia radica en su provisión inmediata de una métrica cuantificable de precipitación. Las mediciones se realizarán semanalmente e incluirán lectura directa del recipiente de plástico.



3.8.3.2. Datos históricos

Las estaciones meteorológicas seleccionadas poseen el mayor grado de representatividad, longitud de registros, frecuencia de actualización y durabilidad. Luego se sumó la precipitación mensual para obtener la precipitación anual. Los datos se clasificaron en tres grupos según una distribución de frecuencia: la situación normal, el escenario seco y el escenario lluvioso. Los valores que excedieron la desviación estándar positiva se colocaron en un grupo, mientras que los valores que estuvieron entre las dos desviaciones estándar se colocaron en el grupo del escenario normal.

3.8.3.3. Predicción

Se predijeron precipitaciones para finalizar el modelo. Hay varios enfoques para hacer esto. La técnica de la media móvil y el enfoque del índice de estacionalidad serán los temas que se tratarán en esta sección.

3.8.4. Características geotécnicas

3.8.4.1. Propiedades visuales del suelo

La investigación científica contemporánea exige realizar estudios de laboratorio para determinar las cualidades resistentes del suelo, ya que debe ser capaz de soportar pesos. Esto se logra mediante pruebas diseñadas específicamente para identificar el suelo en cuestión.

3.8.4.2. Muestreo en el campo

Para caracterizar las propiedades geológicas y geomecánicas de suelos y rocas, fue necesario recolectar muestras de seis pozos de prueba diferentes. Esto se realizó de acuerdo con la norma MTC E 101 para pisos. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) tomó las medidas necesarias para asegurar que esto se llevara a cabo de acuerdo con las reglas que se establecieron en el Manual de Pruebas (2016). La evidencia.

3.8.4.3. Humedad natural del suelo

Previo a la realización de los ensayos de caracterización se tuvo en cuenta el contenido de humedad inherente. El procedimiento se realizó de acuerdo con la norma MTC E 108 y las muestras se guardaron en bolsas que contenían la cantidad necesaria para el examen.

Figura 21

Ensayo de humedad natural.



Nota. Elaboración Propia.

3.8.4.4. Preparación de muestras en laboratorio

Cuando la muestra atraviesa la malla utilizando un tamiz número 4 (4,46 mm), se aprovecharon las características físicas del suelo para separar la muestra en partículas finas y gruesas. Esto se logró siguiendo la muestra a través del tamiz. A continuación, las muestras se cortaron minuciosamente a mano en cuatro mitades iguales. Esto nos permitió determinar los volúmenes precisos necesarios para cada prueba individual.

3.8.4.5. Clasificación de suelos

Una comprensión profunda de las características del suelo en una variedad de contextos y la capacidad de aplicar este conocimiento a análisis relevantes son componentes cruciales del proceso de identificación del suelo.

1. Análisis granulométrico

Para la prueba se utilizaron aproximadamente 5000 gramos de material total. Para los fines de la prueba, se utilizó el conjunto de mallas de la serie ASTM. Después de dividir la muestra con un tamaño de malla de 4, la fracción gruesa se lavó con un tamaño de malla de 4 y la fracción fina se lavó con un tamaño de malla de 200. Ambas porciones se deshidrataron en un horno a una temperatura de unos 110 grados centígrados. Después del procedimiento de secado, se midieron las dos porciones y luego se sometieron a filtración utilizando un juego de tamices.

Figura 22

Ensayo de Análisis granulométrico.



Nota. Elaboración Propia.

2. Estados de consistencia

– Limite líquido

Es fundamental comprender los límites tanto del plástico como del líquido para poder establecer eficazmente el grado de uniformidad. Para estas pruebas es necesario utilizar una muestra compuesta por los componentes que pasan por un tamiz de malla #40, con un peso de 500 gramos.

Figura 23

Ensayo de Límite líquido.



Nota. Elaboración Propia.

– **Límite plástico e Índice plástico**

Posteriormente, las muestras se calentaron en un horno durante un período de veinticuatro horas para llegar a la conclusión del método de evaluación.

Actualmente se está llevando a cabo un estudio para investigar la evaluación del Índice de Plasticidad (PI). El límite plástico se puede derivar del límite líquido para lograr el objetivo de determinar la diferencia.

Figura 24

Ensayo de Límite plástico.



Nota. Elaboración Propia.



3.8.4.6. Pruebas de resistencia

1. *Ensayo de Corte directo*

La prueba se llevó a cabo de acuerdo con la norma técnica MTC E 123 durante un período de tiempo considerable dentro de un sistema de drenaje excepcionalmente bien diseñado. Fue posible recolectar una muestra de suelo que estaba en perfectas condiciones y luego moldearla en un círculo perfecto con un diámetro de cincuenta centímetros. Se evaluó que la muestra tenía un espesor de 50 cm. Para determinar su humedad se recolectó una muestra de 100 gramos.

Este número representa la velocidad a la que se produce el corte. Después de esto, la muestra se corta por la mitad, lo que permite recopilar datos en galgas extensométricas que monitorean no solo la deformación horizontal y vertical sino también el tiempo y la fuerza de corte en la muestra. Se recomienda que cada medición se realice a intervalos de compensación separados por la mitad del diámetro de la muestra. En el siguiente paso, se calcula el contenido de humedad y se genera un gráfico para ilustrar la conexión entre el esfuerzo cortante y la deformación. El término "ángulo de fricción" se refiere al grado de inclinación que existe entre la curva y el plano que se extiende horizontalmente.

Mediante el uso de esta prueba, obtuvimos con éxito cálculos tanto para el ángulo de fricción como para la cohesividad.

Figura 25

Ensayo de corte directo.



Nota. Elaboración Propia.

2. Ensayo DPL (Penetración dinámico Ligero)

La investigación se realizó en campo mediante pozos de exploración a cielo abierto, también conocidos como Calicatas. Además, el ambiente del laboratorio fue utilizado para la realización de experimentos convencionales y particulares. Con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas fundamentales del suelo, como su resistencia y deformabilidad, se llevaron a cabo las investigaciones. Con el uso de esta información pudimos conocer el perfil estratigráfico, el tipo de cimentación, la profundidad de la cimentación y la capacidad portante certificada. Además, los hallazgos sirvieron de impulso para la formulación de conclusiones y sugerencias generales sobre la distribución geotécnica.

Para determinar los atributos físicos adicionales de los sitios perforados, se seleccionó una selección de esos sitios.

Figura 26

Ensayo de DPL N° 01.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 27

Ensayo de corte directo N° 2.



Nota. Elaboración Propia.

3. Cálculo del RQD y resistencia de rocas

Para determinar la resistencia a la compresión inherente de la roca aún intacta, fue necesaria una prueba de laboratorio. Entre las pruebas que se llevaron a cabo se encontraban exámenes petrográficos, pruebas de carga puntual axial y pruebas de resistencia a la compresión ilimitada.

Debido a que el laboratorio de la UANCV no contaba con los aparatos necesarios, las pruebas se realizaron en el laboratorio comercial conocido

como GEOCALI & CONS. En el laboratorio de la mencionada institución sólo se realizaron los experimentos más esenciales de compresión de rocas.

Figura 28

Extracción de muestras de roca.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 29

Ensayo de ruptura.



Nota. Elaboración Propia.

3.8.5. Determinación del F_s en zonas inestables

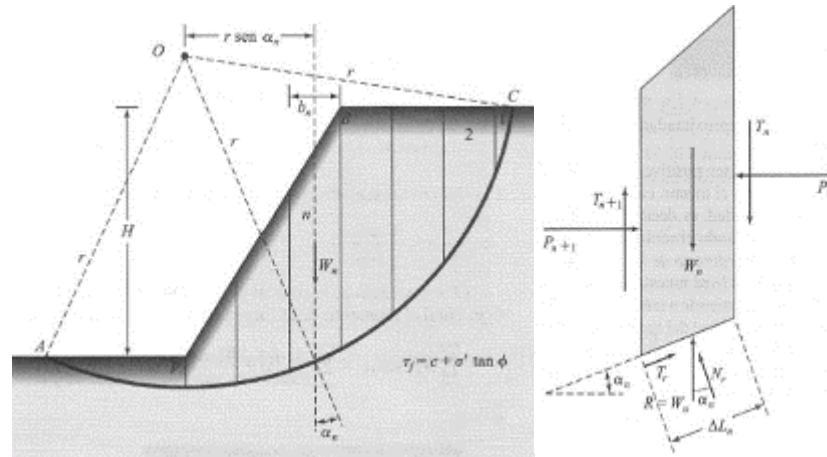
3.8.5.1. Análisis determinístico

Para determinar el factor de seguridad (F_s) utilizando el enfoque simplificado de Bishop, el análisis de estabilidad del talud implicó la utilización de segmentos durante el proceso de cálculo. Para realizar los cálculos se utilizó una hoja de cálculo

Excel. La gravedad específica, la cohesividad y el ángulo de fricción del suelo, así como el conocimiento de la geometría de la pendiente, los límites de varios tipos de suelo y la posición de la sobrecarga, son datos extremadamente importantes que se deben tener.

Figura 30

Método de dovelas.



Nota. Mendoza, 2016, p. 47.

Este enfoque presupone que todas las fuerzas cortantes entre segmentos son insignificantes.

El ángulo de fricción interna en el estrato donde ocurre la falla se combina con un ángulo separado conocido como "ángulo de fricción de succión" (Fredlund, 1993). Este ángulo adicional se utiliza en el proceso de convertir la succión en cohesión mientras se realiza un análisis de suelos no saturados.

Para realizar un análisis de la idea de succión en la estabilidad de taludes se utiliza la técnica de cohesión completa, introducida por Fredlund y Rahardjo (1993). Para completar este proceso, la succión debe transformarse en cohesión y luego incluirse.

El producto potencia la cohesión del grupo. Al final del día, se utiliza el enfoque de Fellenius para calcular las fuerzas resistivas y desestabilizadoras con el

fin de determinar el valor de F_s . En el caso de Bishop, se especifica el valor F_s deseado y se llevan a cabo iteraciones hasta alcanzar ese valor.

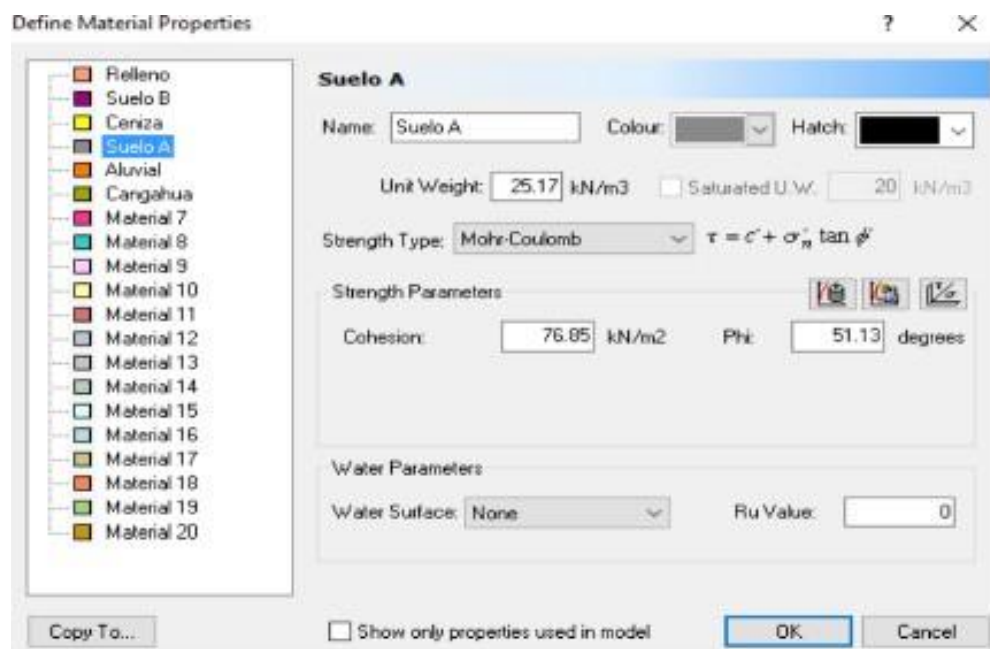
3.8.5.2. Análisis probabilístico software SLIDE

La metodología utilizada fue la de Rosenblueth, que busca derivar una probabilidad de encontrar fracaso. El primer paso es determinar las variables. Las combinaciones de variables se realizan en función de la cantidad de variables. Cada variable se caracteriza por su media (μ_i) y desviación estándar (σ_i).

El programa Slide exige el uso de criterios de falla de Mohr Coulomb para deslizamientos de tierra activos con el fin de determinar parámetros geotécnicos. Estos parámetros incluyen cohesión, ángulo de fricción, gravedad específica y resistencia al corte residual. Los valores geotécnicos obtenidos se ingresaron al programa Slide para especificar las propiedades de las capas a simular. Sin embargo, el software no tuvo en cuenta los niveles de agua subterránea que afectan a estas capas.

Figura 31

Alimentación de datos al software Slide.



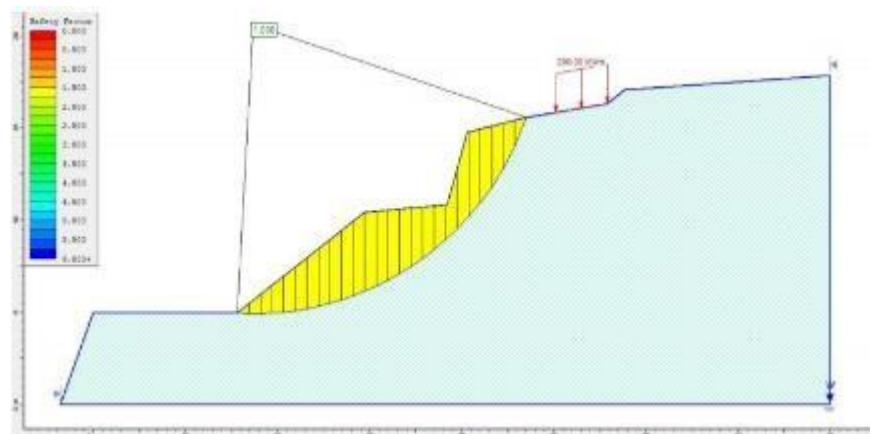
Nota. Elaboración Propia.

Según Das (2010), una pendiente estable es aquella que mantiene el equilibrio entre las fuerzas que actúan sobre ella y las fuerzas que ejercen oposición, siendo la gravedad un componente importante de este equilibrio. Por otro lado, la inestabilidad en la base podría ser causada por un aumento de las cargas en la parte superior del talud o una disminución de las cargas en la base.

En el curso de la investigación de estabilidad de taludes que se llevó a cabo se utilizó la teoría del "Equilibrio Límite" y la técnica de Bishop Simplificada (1995). En este método, se supone una superficie de falla circular y se toma en consideración la falta de fuerzas cortantes entre los segmentos.

Figura 32

Análisis del talud mediante al software Slide.



Nota. Elaboración Propia.

3.8.6. Evaluación de alternativas de estabilidad

3.8.6.1. Propuestas de alternativas

El objetivo principal de las técnicas de estabilización de taludes es abordar consideraciones económicas y de seguridad. El resultado final fue el desarrollo de procesos comparativos con el propósito de evaluar diversos métodos para la resolución de problemas. Pudimos determinar la mejor opción con la ayuda de los hallazgos y el análisis de costos de F.

3.8.6.2. Análisis inicial

El talud se estudió en su estado inicial, así como en las opciones de solución propuestas, haciendo uso de datos reales de resistencia y sismicidad que se obtuvieron mediante el uso de técnicas estadísticas que se incorporaron al software:

Tabla 1

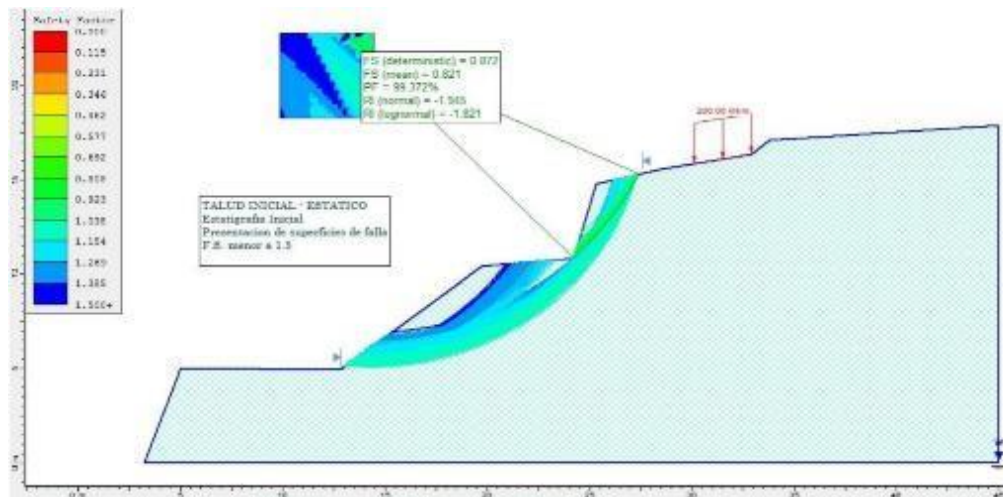
Resultados del ángulo de fricción y cohesión.

Datos estadísticos	Cohesión (gr/m2)	Ángulo de fricción (°)	Peso Esp. (gr/m3)
Promedio	2.25	20.50	2.10
Desviación estándar	0.34	2.55	0.25
Máximo	2.75	25.50	2.08
Mínimo	1.80	17.00	2.09
Valor característico	2.30	20.50	-

Nota. Elaboración Propia.

Figura 33

Análisis inicial del talud mediante al software Slide.



Nota. Elaboración Propia.

Del examen de estabilidad del talud objeto de investigación y que se realizó con la aplicación de software se pudieron obtener los resultados siguientes:



Tabla 2

Análisis inicial del talud – Software Slide.

Análisis inicial del talud – Software SLIDE	
Fs Determinístico	0.87
Fs Promedio	0.86
Probabilidad de Falla	99.21%
Radio de Incertidumbre Normal	-1.92
Radio de Incertidumbre Logarítmica	-1.81
Factor de Seguridad ESTABLE	1.51
Estado	INESTABLE

Nota. Elaboración Propia.

Es posible concluir, con base en los valores que se obtuvieron en la tabla siguiente, que la pendiente crítica no es estable cuando se analiza tanto en circunstancias estáticas como dinámicas. Esto se debe a que los umbrales de seguridad para los distintos análisis están por debajo de los límites permitidos.

La implementación de subdrenajes a una profundidad de 2,50 metros conduce a una reducción del nivel freático.

3.8.6.3. Alternativas de solución propuestas

- 1. Control del nivel freático (alternativa 01):** Una reducción del flujo subterráneo manteniendo la densidad inherente del talud. Esto conduce a un aumento de la resistencia, lo que resulta en un aumento de Fs.
- 2. Muro de contención (alternativa 02):** Un muro de hormigón ciclópeo, de cuatro metros de altura, colocado en estado saturado, y sugerido sobre la superficie de falla que se había estimado anteriormente.
- 3. Por combinación ambas 01 y 02 (alternativa 03):** Esta solución dará un margen de seguridad mayor que el recomendado anteriormente, ya que combinaría la construcción de un muro de contención el cual pueda regular el nivel freático.

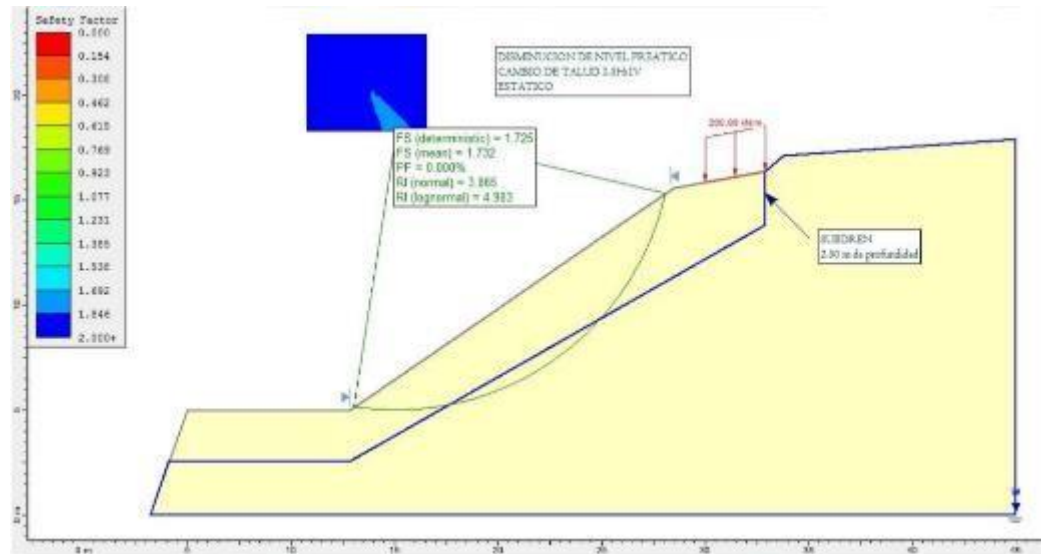
- Alternativa 01:

Vamos a ofrecer dos situaciones reales como parte de las posibles opciones.

En el primer caso se aplica una superficie estacionaria, pero en el segundo caso se aplica una superficie en movimiento con una aceleración horizontal de 0,30 gy una aceleración vertical de 0,15 g.

Figura 34

Análisis del talud con la alternativa 01.



Nota. Elaboración Propia.

Con ayuda del programa pudimos determinar las siguientes conclusiones del examen de estabilidad del talud luego de aplicar la alternativa 01:

Tabla 3

Análisis de la alternativa 01– Software Slide.

Alternativa 01 (Control del nivel freático)	
Fs Determinístico	1.68
Fs Promedio	1.72
Probabilidad de Falla	5.01%
Radio de Incertidumbre Normal	3.97
Radio de Incertidumbre Logarítmica	5.02
Factor de Seguridad ESTABLE	1.51
Estado	ESTABLE

Nota. Elaboración Propia.

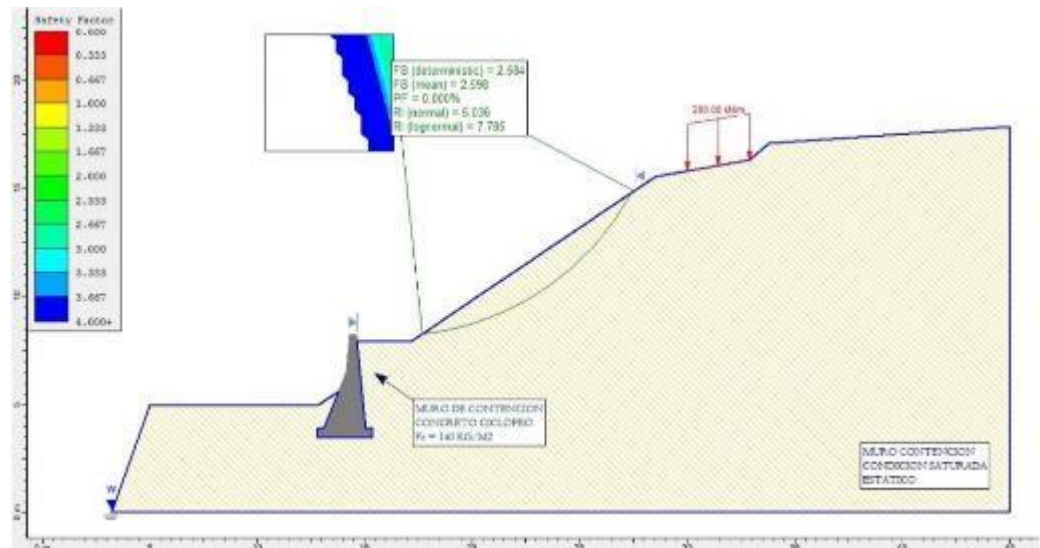
De la tabla se desprende que la opción 01 del talud que se está investigando es estable, como lo muestra el programa.

- Alternativa 02:

Vamos a ofrecer dos situaciones reales como parte de las posibles opciones. La primera superficie aplica una fuerza estacionaria, mientras que la segunda superficie aplica una fuerza en movimiento con una aceleración horizontal de 0,30 gy una aceleración vertical de 0,15 g.

Figura 35

Análisis del talud con la alternativa 02.



Nota. Elaboración Propia.

Usando la opción 02, el software nos ayudó a extraer los siguientes hallazgos del examen de estabilidad de la pendiente:

Tabla 4

Análisis de la alternativa 02– Software Slide.

Alternativa 01 (Control del nivel freático)	
Fs Determinístico	2.61
Fs Promedio	2.63
Probabilidad de Falla	5.01%
Radio de Incertidumbre Normal	5.14
Radio de Incertidumbre Logarítmica	7.94
Factor de Seguridad ESTABLE	1.51
Estado	ESTABLE

Nota. Elaboración Propia.

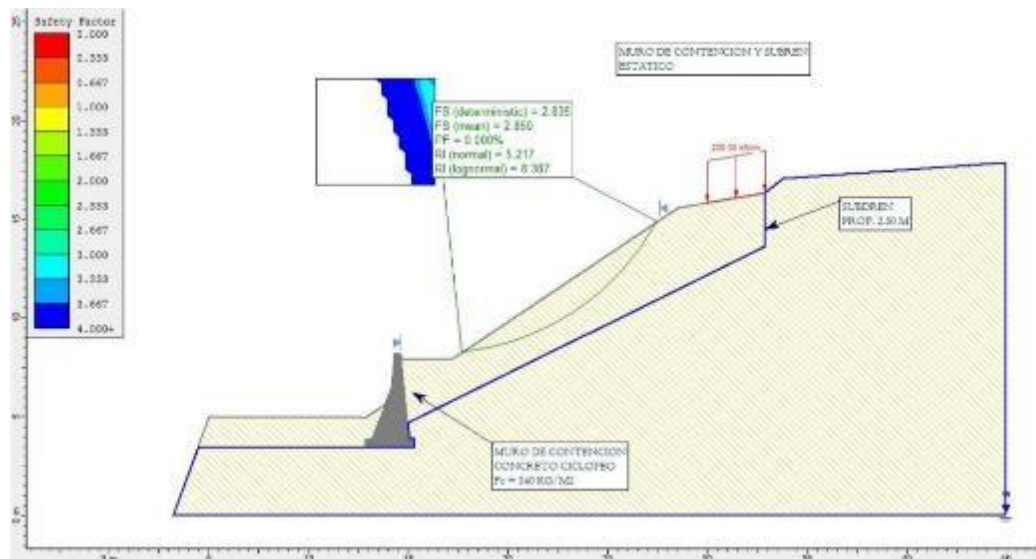
De la tabla se desprende que la opción 02 del talud que se está investigando es estable, como lo muestra el programa.

- Alternativa 03:

Vamos a ofrecer dos situaciones reales como parte de las posibles opciones. El primero aplica una superficie estacionaria, mientras que el segundo aplica una superficie en movimiento con una aceleración horizontal de 0,30 g y una aceleración vertical de 0,15 g.

Figura 36

Análisis del talud con la alternativa 03.



Nota. Elaboración Propia.

Con ayuda del programa pudimos determinar las siguientes conclusiones del examen de estabilidad del talud luego de aplicar la alternativa 01:

Tabla 5

Análisis de la alternativa 03– Software Slide.

Alternativa 01 (Control del nivel freático)	
Fs Determinístico	2.88
Fs Promedio	2.92
Probabilidad de Falla	5.01%
Radio de Incertidumbre Normal	5.61
Radio de Incertidumbre Logarítmica	8.14
Factor de Seguridad ESTABLE	1.51
Estado	ESTABLE

Nota. Elaboración Propia.



De la tabla se desprende que la opción 03 del talud que se está investigando es estable, como lo muestra el programa.

3.8.6.4. Costo de implementación

El presupuesto se derivó de un análisis de los precios unitarios de las APU, que se pueden encontrar en los anexos al final de este trabajo de investigación, donde se ilustran el costo de ejecutar las soluciones de estabilización de taludes que se están investigando, teniendo en cuenta los precios y gastos reales en los que se está incurriendo actualmente. Asimismo, las cosas que se van a sugerir se van a enumerar en el siguiente párrafo.

Crear el presupuesto proporcionado es sencillo después de reunir la lista de productos básicos, analizar sus mediciones y determinar los precios unitarios.

3.9. Validez y confiabilidad del instrumento

3.9.1. Validez del instrumento

Según Horna (2008), la validez se define como el grado en que un instrumento particular evalúa con precisión el aspecto de la variable que se pretende medir. Se determinará las cualidades geotécnicas del talud objeto de la investigación de acuerdo con las especificaciones que se establecen en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC. El contenido de humedad, el análisis granulométrico, los estados de consistencia y la gravedad específica son características que deben considerarse. Para realizar la validación de estabilidad se utilizó el software SLIDE.

Este software hace uso del criterio de falla de Coulomb, que es una teoría que utiliza la idea de "equilibrio límite" y adopta el método simplificado que desarrolló Bishop (1995).

3.9.2. Confiabilidad del instrumento

Se afirma que la precisión y consistencia con la que la aplicación realiza su análisis está relacionada con la confiabilidad de la aplicación. El laboratorio de mecánica de suelos



y asfaltos de la UANCV en la ciudad de Juliaca fue el lugar donde se realizaron las pruebas que se detallaron anteriormente. Además, este laboratorio está certificado para realizar calibraciones y podrá ofrecer la certificación asociada a esta acreditación.

3.10. Diseño de la contrastación de la hipótesis

Según Borja (2012), el uso de técnicas estadísticas es necesario para el diseño de la prueba de contraste o de hipótesis. La razón de esto es que las herramientas utilizadas para la recopilación de datos se someten a una verificación exhaustiva y son muy confiables. Además, el uso de un diseño descriptivo y un nivel no estándar requiere el uso de técnicas estadísticas. Esta comparación se realizará comparando directamente los resultados generados y recopilados del examen del estudio experimental.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación e interpretación de resultados

Los hallazgos se muestran en un orden de ejecución coherente y se proporciona información adicional complementaria.

4.1.1. Zonas de mayor riesgo

El programa Slide sirve como base para esta investigación, que se centra en el examen de pendientes, superficies de pendientes y las propiedades de los materiales (suelo y/o roca). Con una duración de retorno de doscientos años, la investigación se lleva a cabo en estado de saturación y en condiciones estáticas.

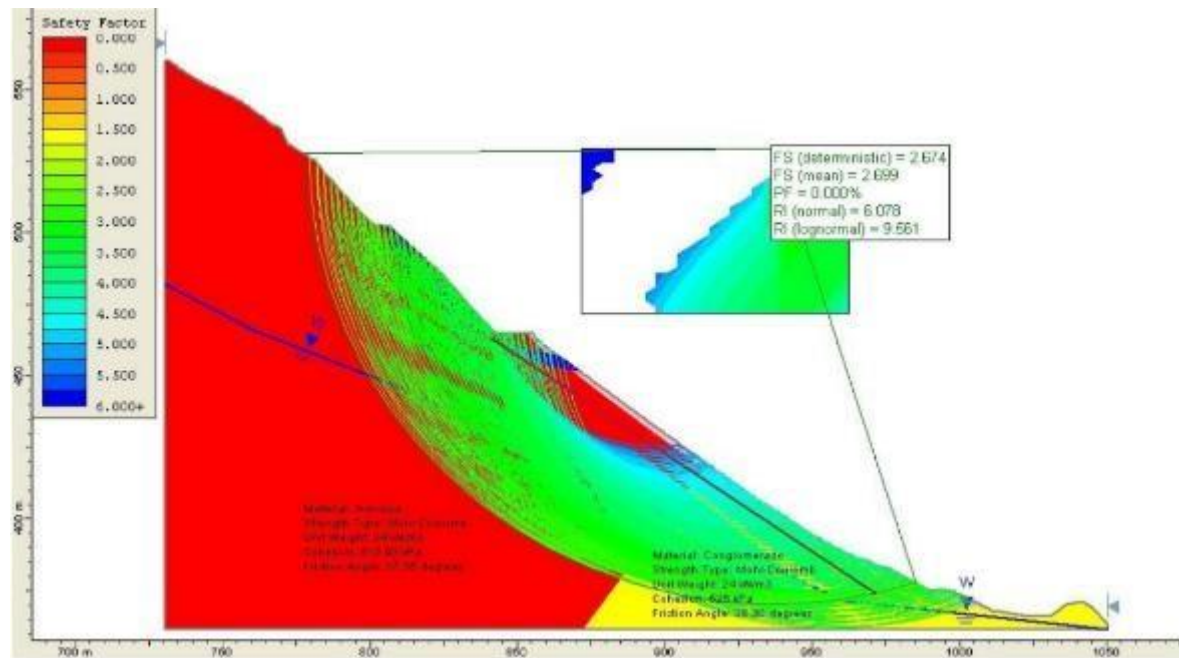
Tabla 6:
Análisis de estabilidad de las zonas del tramo.

Sección Slide	Tramo km	Tipo de Material	Carga Admisible	Pendiente Grados	FS	Estado
1 – 1	20 + 320	Roca	4.52 kg/cm ²	79°	2.24	Estable
2 – 2	20 + 720	Roca	5.17 kg/cm ²	64°	2.12	Estable
3 – 3	21 + 120	Roca	4.89 kg/cm ²	72°	1.82	Estable
4 – 4	21 + 520	Suelo	0.54 kg/cm ²	54°	0.84	Inestable
5 – 5	21 + 920	Suelo	0.65 kg/cm ²	47°	0.92	Inestable
6 – 6	22 + 320	Roca	4.54 kg/cm ²	55°	1.74	Estable
7 – 7	22 + 720	Suelo	0.62 kg/cm ²	44°	0.98	Inestable
8 – 8	23 + 120	Suelo	0.63 kg/cm ²	36°	1.14	Estable
9 – 9	23 + 150	Suelo	0.59 kg/cm ²	27°	1.31	Estable

Nota. Elaboración Propia.

Figura 37

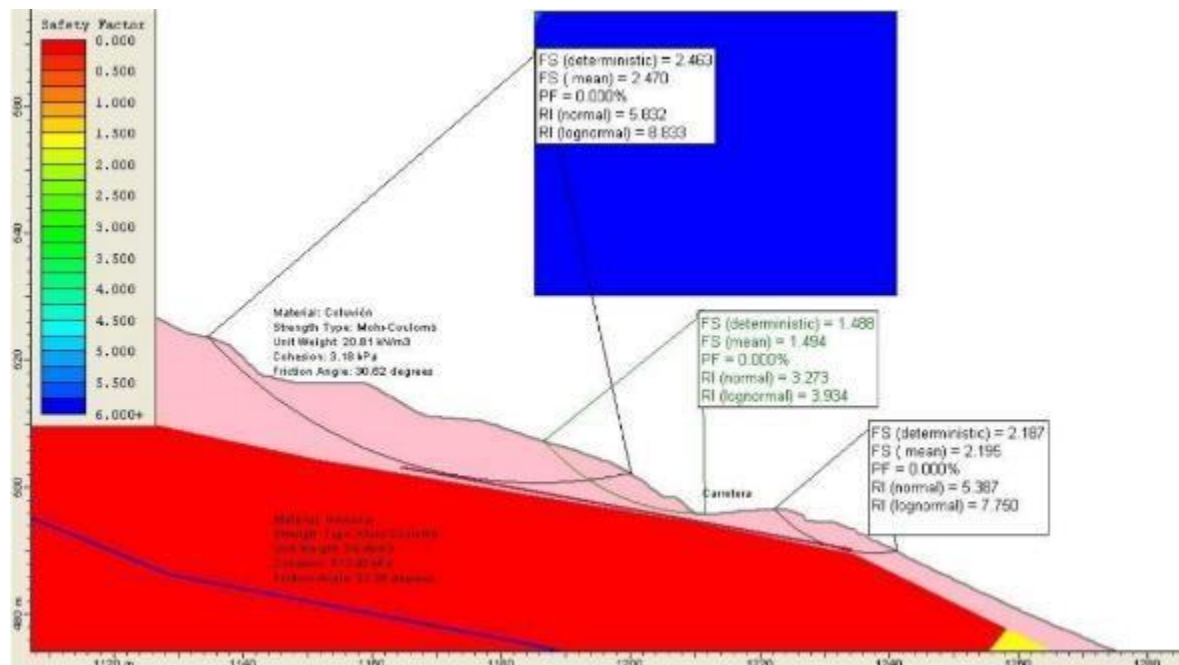
Secciones inestables.



Nota. Elaboración Propia.

Figura 38

Secciones estables.



Nota. Elaboración Propia.

El tramo pavimentado Puno - Laraqueri en la región Puno, comprendido desde el kilómetro 20+300 hasta el km 23+150, presenta zonas tanto estables como inestables. Las



partes inestables se ubican en 21+520, 21+920 y 22+720. Estos taludes, compuestos en su mayoría de suelo, son particularmente inestables, con un factor de seguridad (FS) menor que 1.

4.1.2. *Propiedades y características geotécnicas*

Es importante realizar los siguientes experimentos de campo y/o laboratorio para analizar las características geotécnicas de las capas más susceptibles de un talud. Estas capas son aquellas que tienen factores de seguridad menores a uno o que presentan indicadores de inestabilidad según la zonificación previa.

4.1.2.1. **Contenido de humedad natural:**

El contenido de humedad natural se determina mediante el análisis de muestras y los datos recopilados durante los procedimientos de laboratorio.

- Peso de la muestra de agregado: 310. 34 gr.
- Peso de la muestra secada al horno: 285. 92 gr.
- Peso de agua = a diferencia de pesos: 54. 12 gr.

$$\text{Contenido de humedad (W)} = \frac{310.34 - 285.92}{54.12} \times 100 = \mathbf{10.54\%}$$

4.1.2.2. **Peso específico:**

Los datos necesarios para determinar la gravedad específica y las características de absorción del agregado se pueden obtener mediante pruebas de laboratorio.

- Peso de la muestra seca (A): 455. 09 gr.
- Peso de la muestra saturada (B): 500. 00 gr.
- Peso del picnómetro con agua (Wc): 1308. 94 gr.
- Picnómetro o más agua más muestra (W): 1589. 81 gr

ESPECÍFICO (Pe):

$$Pe = \frac{B}{Wc + B - W} = \frac{500.00}{1308.95 + 500.00 - 1589.82}$$

$$Pe = \mathbf{2.27 \text{ gr/cm}^3}$$

4.1.2.3. Análisis granulométrico

El estudio granulométrico se realizó mediante el proceso de cernido manual. Los datos adquiridos de esta investigación se muestran en la siguiente tabla. Además, en la siguiente imagen se muestra la curva granulométrica, que es crucial para la categorización del suelo según el método SUCS.

Tabla 7

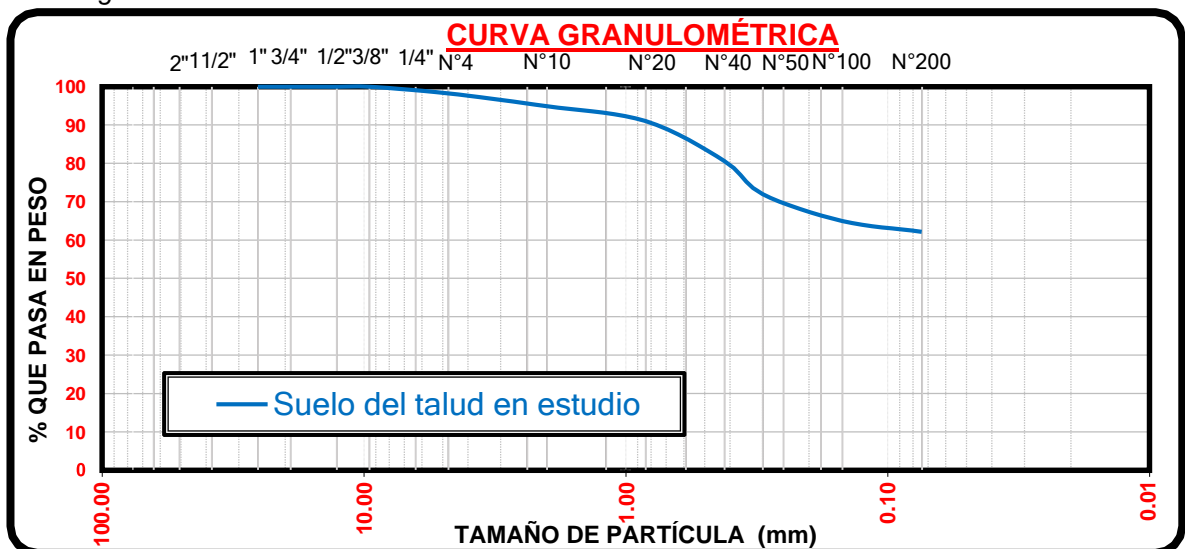
Análisis granulométrico de las zonas inestables.

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso ret. (gr)	% ret. (%)	% acum. (%)	% que pasa (%)
2"	50.60	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70				
3/8"	9.53	8.56	1.71	1.71	98.29
N° 4	4.76	16.84	3.37	5.08	94.92
N° 10	2.00	19.25	3.85	8.93	91.07
N° 20	0.84	52.08	10.42	19.35	80.65
N° 40	0.42				
N° 50	0.30				
N° 100	0.15	17.32	3.46	73.82	62.18
N° 200	0.07	9.09	1.82	39.64	60.36

Nota. Elaboración Propia.

Figura 39

Curva granulométrica de suelo del talud.



Nota. Elaboración Propia.



4.1.2.4. Estados de consistencia

- **Límite líquido:**

La prueba de laboratorio proporciona los datos necesarios para calcular el Límite Líquido.

Tabla 8

Determinación del límite líquido LL.

Tarro N°:	H	I
Peso del suelo húmedo con tarro (gr):	36.92	31.38
Peso del suelo seco con tarro (gr):	33.39	28.24
Peso del tarro (gr):	20.95	17.33
Peso del agua (gr):	3.53	3.14
Peso del suelo seco (gr):	12.44	10.91
Número de golpes:	28.38	28.78
Porcentaje de humedad (%):	29.20	29.00
Límite líquido =	29.10%	

- **Límite plástico e índice de plasticidad:**

Tabla 9

Determinación del límite plástico LP.

Tarro N°:	I	G
Peso del suelo húmedo con tarro (gr):	13.56	15.62
Peso del suelo seco con tarro (gr):	12.42	14.41
Peso del tarro (gr):	8.23	8.51
Peso del agua (gr):	1.15	1.22
Peso del suelo seco (gr):	4.22	5.91
Porcentaje de humedad (%):	27.07	20.86
Límite plástico =	23.97%	

- **Índice de plasticidad (IP):**

Utilizando la siguiente ecuación obtendremos:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 29.11 - 23.97 = 05.13(\%)$$



4.1.2.5. Clasificación de suelos sistema SUCS

Para realizar la clasificación utilizando el sistema SUCS, es necesario aplicar el procedimiento haciendo uso de los datos de atributos que se presentaron anteriormente.

- Según la información que se muestra en la tabla 8, más del 50% del suelo es capaz de pasar por el tamiz no. 200, lo que sugiere que está formado por partículas de naturaleza de grano fino.
- Al analizar la tabla de plasticidad proporcionada, es evidente que el Límite Líquido (LL) es 30 y el Índice de Plasticidad (PI) es 10. Con base en estos parámetros, el suelo puede clasificarse como CL.
- Para determinar el nombre del grupo nos remitimos a las figuras 4 y 5, que se derivan de la figura 4.4.
- El porcentaje de material que es capaz de pasar por el tamiz número 200 supera el 30%.
- El porcentaje de grava es 0, mientras que el porcentaje de arena es 42.
- Así, la proporción de arena es mayor que la proporción de grava. La proporción de grava es inferior al 15%. En consecuencia, el nombre del grupo no se considera adecuadamente como arcilla arenosa.

Es evidente, como resultado de exhaustivos exámenes de campo y de laboratorio, que los suelos investigados pueden clasificarse como CL, que es una abreviatura que significa arcilla arenosa mal graduada. El nivel de humedad de estos suelos es alto y por ello están bastante saturados. De acuerdo con los requisitos de peso estándar particulares, las pruebas de resistencia que se realizaron en los suelos cumplieron con los parámetros prescritos.

4.1.3. Factor de seguridad

Se realizó una evaluación de estabilidad con el fin de investigar la estabilidad del talud observada en el terreno natural del camino pavimentado objeto de investigación. Durante el transcurso de la investigación se tuvieron en cuenta condiciones tanto estáticas como dinámicas. Mediante la utilización de modelos dentro del software Slide se realizó una evaluación de la estabilidad. Estos modelos incluían información sobre la humedad natural, la gravedad específica, el ángulo de fricción y la cohesión aparente. Hemos tenido en cuenta no sólo la geometría de la pendiente, sino también las consecuencias que tendría un terremoto de magnitud diez en la escala de Richter. Como resultado de la investigación se descubrieron los siguientes factores de seguridad (F):

Tabla 10

Análisis del Fs para condiciones estáticas y dinámicas.

Sección Slide	Tramo km	Tipo de Material	Carga admisible	Factor de seguridad		Estado
				Estático	Dinámico	
1 — 1	20 + 320	Roca	4.52 kg/cm ²	2.81	2.25	Estable
2 — 2	20 + 720	Roca	5.17 kg/cm ²	2.66	2.13	Estable
3 — 3	21 + 120	Roca	4.87 kg/cm ²	2.29	1.83	Estable
4 — 4	21 + 520	Suelo	0.54 kg/cm ²	1.06	0.85	Inestable
5 — 5	21 + 920	Suelo	0.65 kg/cm ²	1.16	0.93	Inestable
6 — 6	22 + 320	Roca	4.52 kg/cm ²	2.16	1.75	Estable
7 — 7	22 + 720	Suelo	0.62 kg/cm ²	1.21	0.97	Inestable
8 — 8	23 + 120	Suelo	0.63 kg/cm ²	1.44	1.15	Estable
9 — 9	23 + 150	Suelo	0.57 kg/cm ²	1.65	1.32	Estable

Nota. Elaboración Propia.

Según el gráfico, la sección 4 - 4 (sección 21 + 120 - 21 + 920) tiene la estabilidad más baja, indicada por un factor de seguridad de 0,85. Sin embargo, la investigación revela que la pendiente se mantiene estable cuando se somete a circunstancias estáticas, con un factor de seguridad previsto de 1,06 en la base de la pendiente. Así, se ha podido comprobar que el tramo comprendido entre el kilómetro 20+300 y el km 23+150 de la vía pavimentada Puno - Laraqueri en la zona de Puno es propenso a colapsar ante un sismo (en condición dinámica). En consecuencia, es necesario construir un dispositivo de protección.

4.1.4. Alternativa de estabilización de talud

Para identificar qué solución alternativa es la más ideal, el estudio se realizó con un factor de seguridad de Fs 0,85 de la sección 4 – 4-(21 + 520). Esto se hizo porque el factor de seguridad es el componente más importante cuando están presentes condiciones dinámicas.

Tabla 11

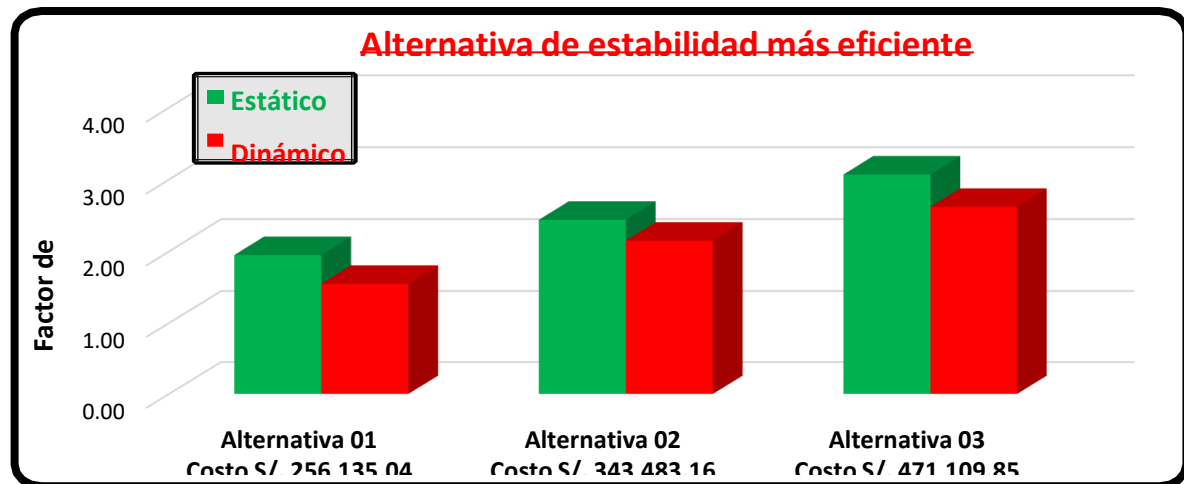
Análisis de la alternativa de estabilidad.

Alternativa	Dispositivo de protección	Costo S/.	Factor de seguridad		Estado
			Estático	Dinámico	
01	Control del nivel freático	256,141.60	1.95	1.55	Estable
02	Muro de contención	343,483.16	2.44	2.15	Estable
03	Por combinación de ambas	471,021.37	3.07	2.62	Estable

Nota. Elaboración Propia.

Figura 40

Análisis de la alternativa de estabilidad.



Nota. Elaboración Propia.

La forma más efectiva de estabilizar los cerros entre el kilómetro 20+300 y el km 23+150 de la ruta pavimentada Puno – Laraqueri es la construcción de un muro de contención. Esta conclusión se basa en evaluaciones tanto estáticas como dinámicas, que demuestran que los valores de Fs superan el umbral permitido. Además, el uso de un muro de contención mitiga los peligros potenciales en los alrededores.



4.2. Discusión

Con base en los datos recolectados, corroboramos la hipótesis general que plantea la existencia de zonas inestables provocadas por variables dinámicas en los taludes comprendidos entre la milla 20+300 y el km 23+150 de la ruta pavimentada Puno - Laraqueri. Un examen de los parámetros geotécnicos y geomecánicos, junto con el uso de elementos finitos y cálculos de equilibrio límite, llevaron al descubrimiento de este resultado. Se puede aumentar la estabilidad general de la carretera mediante la utilización de un sistema de refuerzo en la construcción de muros de contención.

Utilizando elementos finitos, Urritia (2008) realizó una investigación sobre la estabilidad dinámica de taludes, y los resultados encontrados en este estudio corresponden a dicha investigación. Se ha determinado que los resultados obtenidos de ambos métodos de evaluación están de acuerdo con los requisitos del factor de seguridad para evaluar la estabilidad de taludes en circunstancias dinámicas.

Una investigación similar fue realizada por Morales (2009), quien investigó las propiedades geotécnicas y las inclinaciones de las pendientes del depósito Franke. Según los hallazgos, la pendiente era inestable y requería refuerzo para hacerla segura. El despliegue de refuerzo provocó un aumento del factor de seguridad (F_s), que a su vez provocó un aumento de la estabilidad del talud.

Segura, Badilla y Obando (2011) llevaron a cabo una investigación sobre la susceptibilidad del corredor Siquirres-Turrialba a los deslizamientos de tierra después de realizar la investigación. Para evaluar la estabilidad del talud se utilizaron distintos tipos de análisis, entre los que destaca el enfoque del equilibrio límite. Los investigadores llevaron a cabo un análisis comparativo del factor de seguridad (F), que se aplicó a todos los diferentes tipos de análisis. En última instancia, el análisis en la investigación actual fue comparable al estudio anterior, sin embargo, utilizaron criterios que, basándose en los hallazgos adquiridos, se aplicaron en forma de muro de gaviones.



CONCLUSIONES

1. El tramo de la vía pavimentada Puno – Laraqueri en la región Puno, comprendido desde el kilómetro 20+300 hasta el km 23+150, presenta zonas tanto estables como inestables. Los desniveles de este tramo, en su mayoría de tierra, son notablemente precarios, con índices de seguridad inferiores a 1.
2. Las características geotécnicas de los taludes en el tramo del kilómetro 20+300 al km 23+150 de la vía pavimentada Puno - Laraqueri, categorizados por el método SUCS, muestran que el tipo de suelo es CL (arcilloso arenoso de baja graduación). El suelo presenta una cantidad significativa de humedad y está ampliamente saturado. Se han realizado pruebas de fuerza y mediciones de peso específico estándar.
3. Los factores que garantizan la seguridad El segmento analizado presenta regiones inestables con un factor de seguridad (Fs) de 0,85. Sin embargo, si bien las circunstancias se mantienen sin cambios, la pendiente se mantiene estable con un factor de estabilidad (Fs) de 1,06. Esto sugiere que la carretera tiene tramos susceptibles de colapsar en caso de un terremoto. Por ello, es imprescindible utilizar una técnica de estabilidad para garantizar la seguridad de esta vía.
4. La instalación de un muro de contención es la medida más efectiva que se puede tomar para asegurar los taludes del tramo de la carretera pavimentada Puno-Laraqueri que se ubica entre el kilómetro 20+300 y el kilómetro 23+150. Se ha demostrado mediante análisis estáticos y dinámicos que el factor de seguridad (Fs) se valora por encima de los umbrales autorizados, lo que se traduce en una reducción del riesgo presente en este tramo concreto de la vía.



RECOMENDACIONES

1. Realizar una evaluación exhaustiva de las pendientes a lo largo de toda la ruta asfaltada Puno – Laraqueri en la zona de Puno. El objetivo de esta investigación es conocer los lugares que exhiben estabilidad e inestabilidad. Estudios previos han demostrado la existencia de estructuras que presentan inestabilidad geométrica, caracterizadas por factores de seguridad inferiores a 1.
2. En la región Puno, realizar un análisis de los taludes del tramo pavimentado entre Puno y Laraqueri, prestando especial atención a sus características y aspectos geotécnicos. Además, es fundamental documentar los resultados de la clasificación SUCS (CL Poorly Graded Sandy Clay) para facilitar la referencia y la toma de decisiones futuras.
3. Determinar los factores de seguridad F_s tanto para situaciones estáticas como dinámicas del tramo completo de la vía pavimentada Puno - Laraqueri en la zona de Puno. Esto facilitará la identificación de regiones precarias y permitirá la implementación de medidas proactivas contra posibles deslizamientos de tierra o derrumbes que puedan provocar daños a la carretera y a las residencias situadas en zonas bajas.
4. Se construirá un muro de contención en la ruta Puno - Laraqueri, especialmente desde el kilómetro 20+300 al km 23+150, con el fin de asegurar la estabilidad del tramo en estudio. Esta medida se implementa con fines técnicos y económicos, así como para agilizar el proceso constructivo y mitigar las consecuencias ambientales. El muro de contención estabilizará efectivamente las pendientes tanto en condiciones estáticas como dinámicas, reduciendo así el riesgo en el área.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bañón Blázquez, L., & Bevía García, J. F. (2010). *Construcción y Mantenimiento manual de carreteras*. Madrid, España.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Braja, M. D. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica cuarta edición*. México, D. F.: CENGAGE Learning.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de Suelos I*. México, México: Limusa.
- Mendoza Loayza, J. A. (2016). *Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina antapaccay*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Valverde Ruiz, E. A. (2010). *Análisis de la influencia de la precipitación en el esfuerzo de succión y la estabilidad de un talud*. Costa Rica: ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN.
- Vara Horna, A. A. (2012). *7 pasos para una tesis exitosa*. Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres.
- Vilcas Carrasco, J. M. (2018). *Planteamiento del mejoramiento del suelo empleando relleno fluido para la construcción de Los Edificios Multifamiliares En La Obra Casa Club recrea "los nogales", distrito del agustino, lima*. Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- JUÁREZ BADILLO, E y RICO, A. (2005) *Mecánica de Suelos*, Tomo I.
- JUÁREZ BADILLO, E y RICO, A. (2005) *Mecánica de Suelos*, Tomo II.
- LAMBE, T.W. y WHITMAN, R.V. (2001) *Mecánica de Suelos* (Traducción J.A. Jiménez Salas y J.M. Rodríguez), Capítulo I. Limusa. México.
- LOWWES JOSEPH E. (2001) *Propiedades Geofísicas de los Suelos*, Me. Graw Hill México.



ANEXOS



ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO								
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA	METODOLOGÍA	
¿Cuáles serán los factores o causas que originan la inestabilidad en los taludes del tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno para proponer un método de estabilidad?	Evaluar los factores o causas que originan la inestabilidad en los taludes del tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno para proponer un método de estabilidad	La inestabilidad de taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno, es generado en condiciones dinámicas dando valores de FS debajo de los permisibles, siendo necesario la construcción de un dispositivo de protección, para mejorar la seguridad en este tramo de la vía.	Variable Independiente Características geotécnicas del talud		– Granulometría. – Contenido de humedad. – Estados de consistencia. – Peso específico. – Clasificación de suelos.	Tiempo de mezcla 0 minutos Tiempo de mezcla 45 minutos Tiempo de mezcla 60 minutos Tiempo de mezcla 90 minutos	La técnica aplicada en la investigación fue la observación, los resultados de los ensayos se registraron en fichas técnicas adecuados por medio visual	ENFOQUE Cuantitativo Cualitativo TIPO Aplicada NIVEL Descriptivo – Explicativo
Problemas específicos ¿Cuáles son las zonas de mayor riesgo de inestabilidad de los taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno?	Objetivos específicos Determinar las zonas de mayor riesgo de inestabilidad de los taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno - Laraqueri de la región Puno.	Hipótesis específicas Las zonas de mayor riesgo de inestabilidad de los taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri son aquellas constituidas por en su mayor parte por suelo con Fs > a 1.	Variable Dependiente Estado de sismicidad - Capacidad de soporte				DISEÑO No experimental Población: POBLACION La población está compuesta por los taludes del tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de vías asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno. MUESTRA: Las muestras para el análisis fueron 9 secciones, a cada 400 metros siguiendo las especificaciones establecidas en el Manual de carreteras. TÉCNICAS INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: La técnica aplicada en la investigación fue la observación, los resultados de los ensayos se registraron en fichas técnicas adecuados por medio visual. ANÁLISIS Análisis probabilístico software SLIDE	
¿Cuáles son las propiedades y características geotécnicas de los taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno?	Determinar las propiedades y características geotécnicas de los taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno - Laraqueri de la región Puno.	Las propiedades y características geotécnicas de los taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri según la clasificación SUCS es una Arcilla mal gradada arenosa CL...						
¿Cuáles son los factores de seguridad Fs en condiciones estáticas y dinámicas de los taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno?	Determinar los factores de seguridad Fs en condiciones estáticas y dinámicas de los taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno.	Los factores de seguridad Fs en condiciones dinámicas de los taludes en el tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno fueron inferiores a 1siendo susceptibles ante un sismo.						
¿Cuáles es dispositivo de protección de estabilización de taludes más eficiente que establezca mínimos costos y maximice la seguridad para los taludes del tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno?	Proponer un dispositivo de protección de estabilización de taludes más eficiente que establezca mínimos costos y maximice la seguridad para los taludes del tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno - Laraqueri de la región Punode la cantera Cutimbo – Puno 2023.	El dispositivo de protección de estabilización de taludes más eficiente que establezca mínimos costos y maximice la seguridad para los taludes del tramo km 20 + 300 al km 23 + 150 de la carretera asfaltada Puno – Laraqueri de la región Puno, son los muros de contención que poseen valores Fs por encima de los permisibles.						

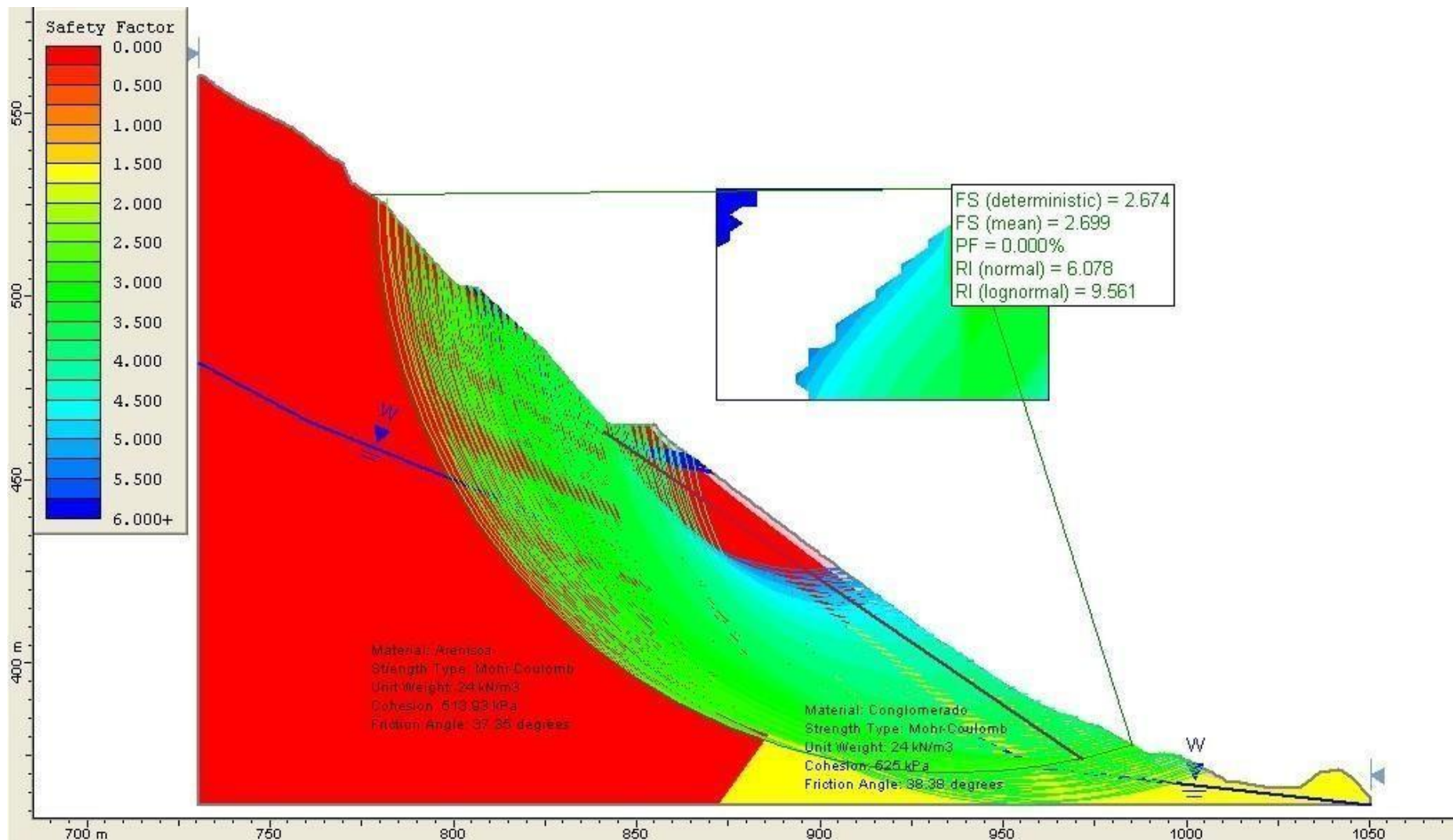


ANEXO 02
ANÁLISIS DE SECCIONES SLIDE

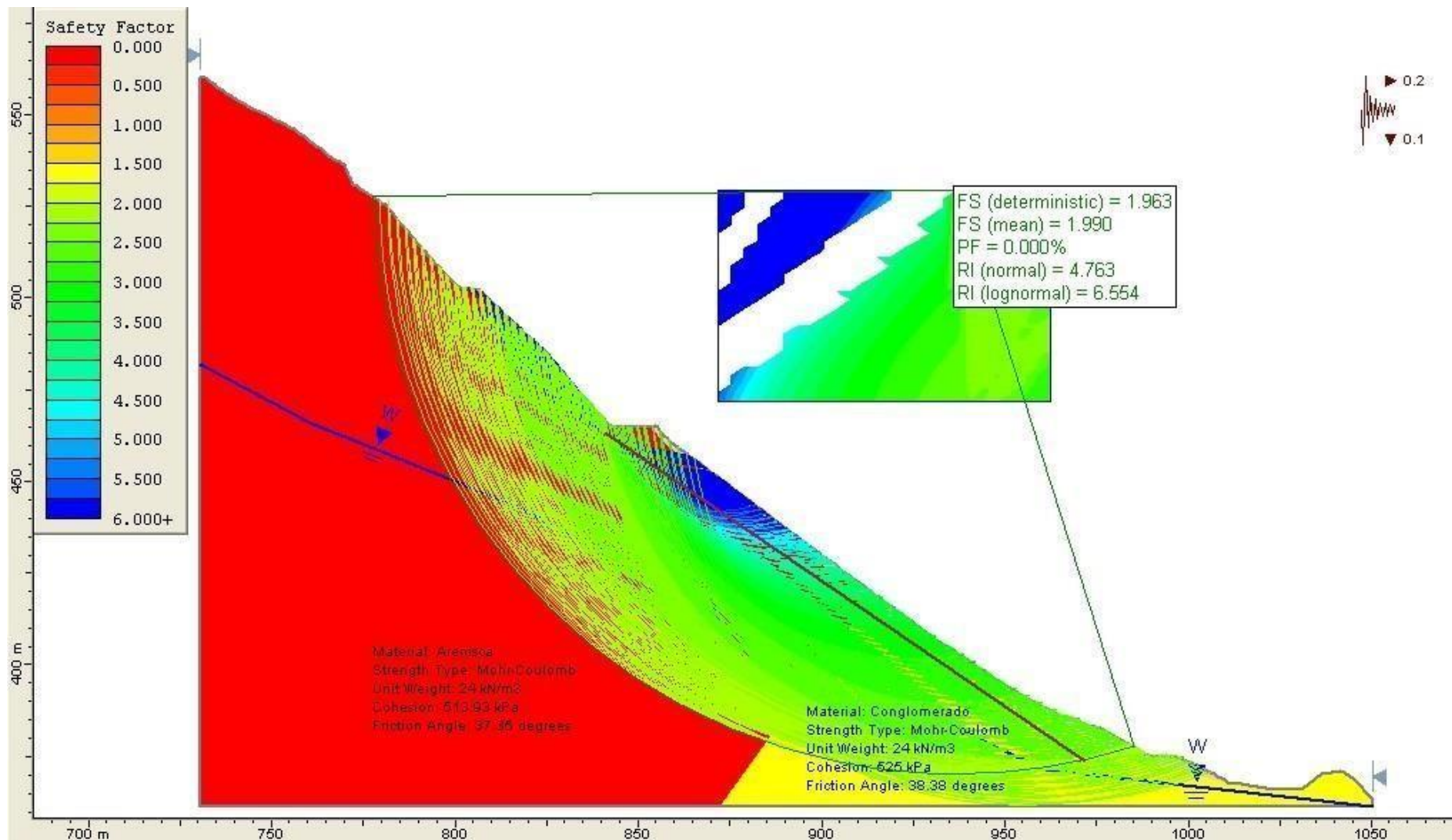


SECCIÓN 1-1

Resultados Programa Slide 5.0



SECCIÓN 1-1 – CONDICIÓN ESTÁTICO

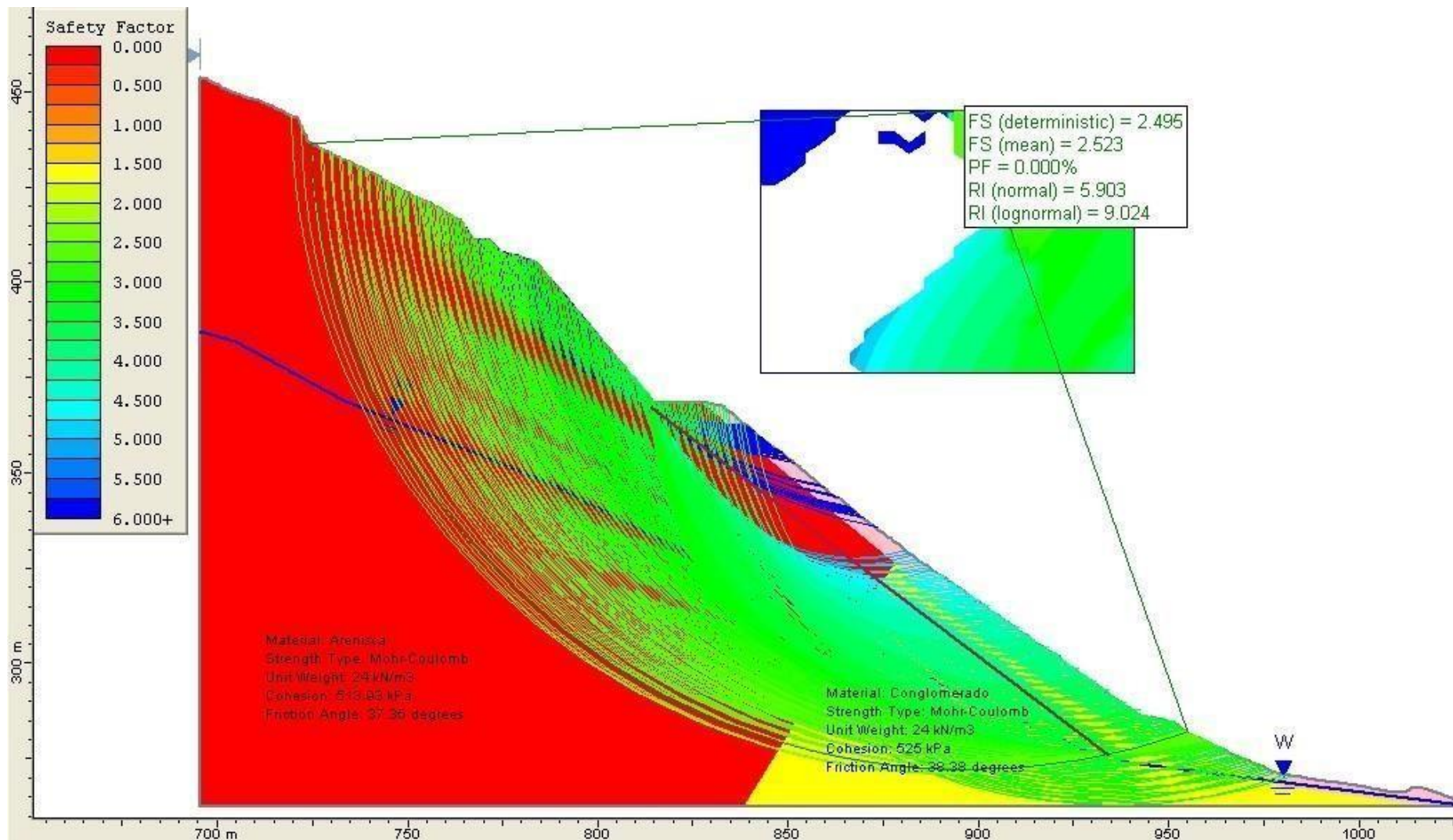


SECCIÓN 1-1 – CONDICIÓN DINÁMICO

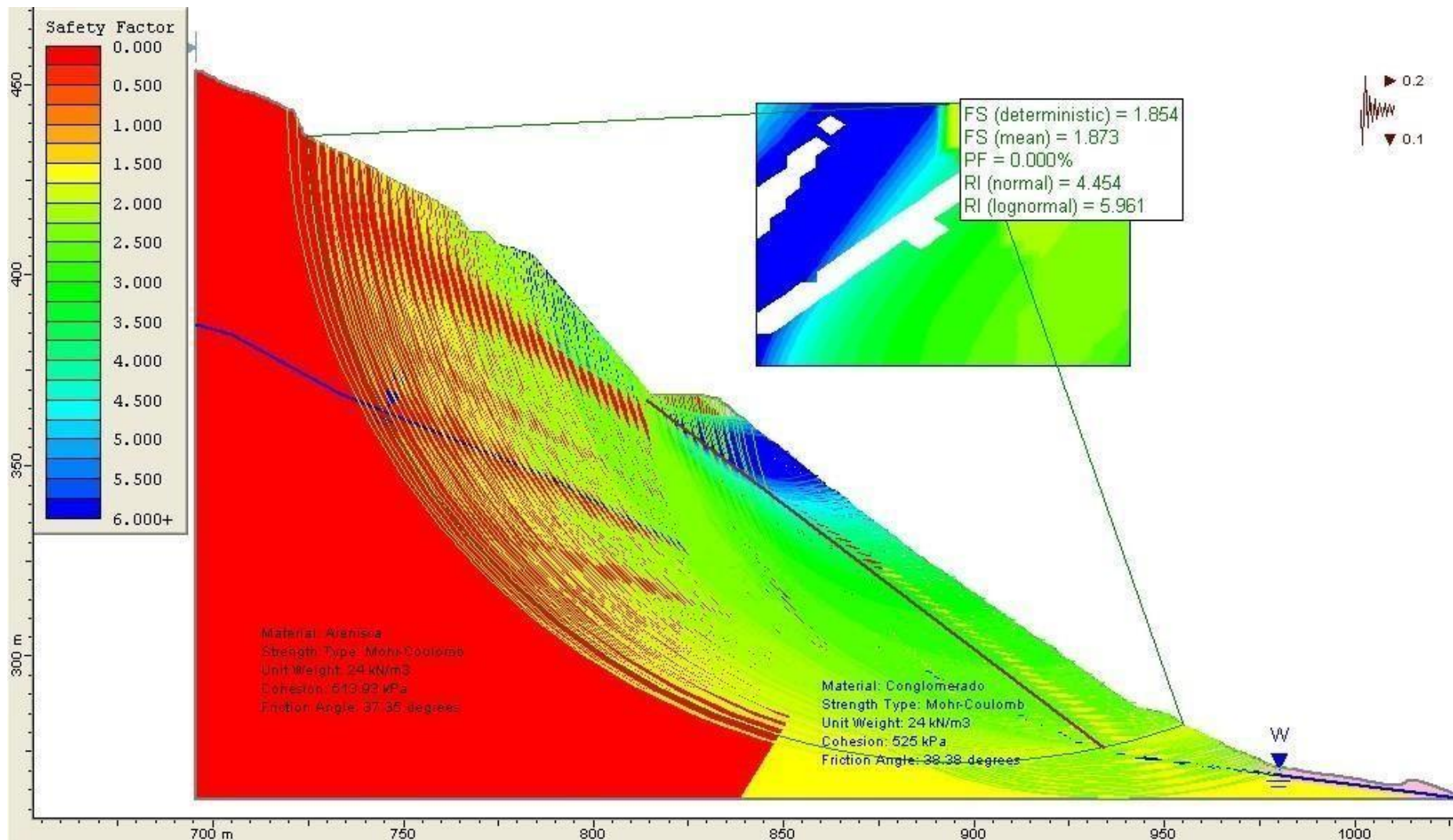


SECCIÓN 2-2

Resultados Programa Slide 5.0



SECCIÓN 2-2 – CONDICIÓN ESTÁTICO

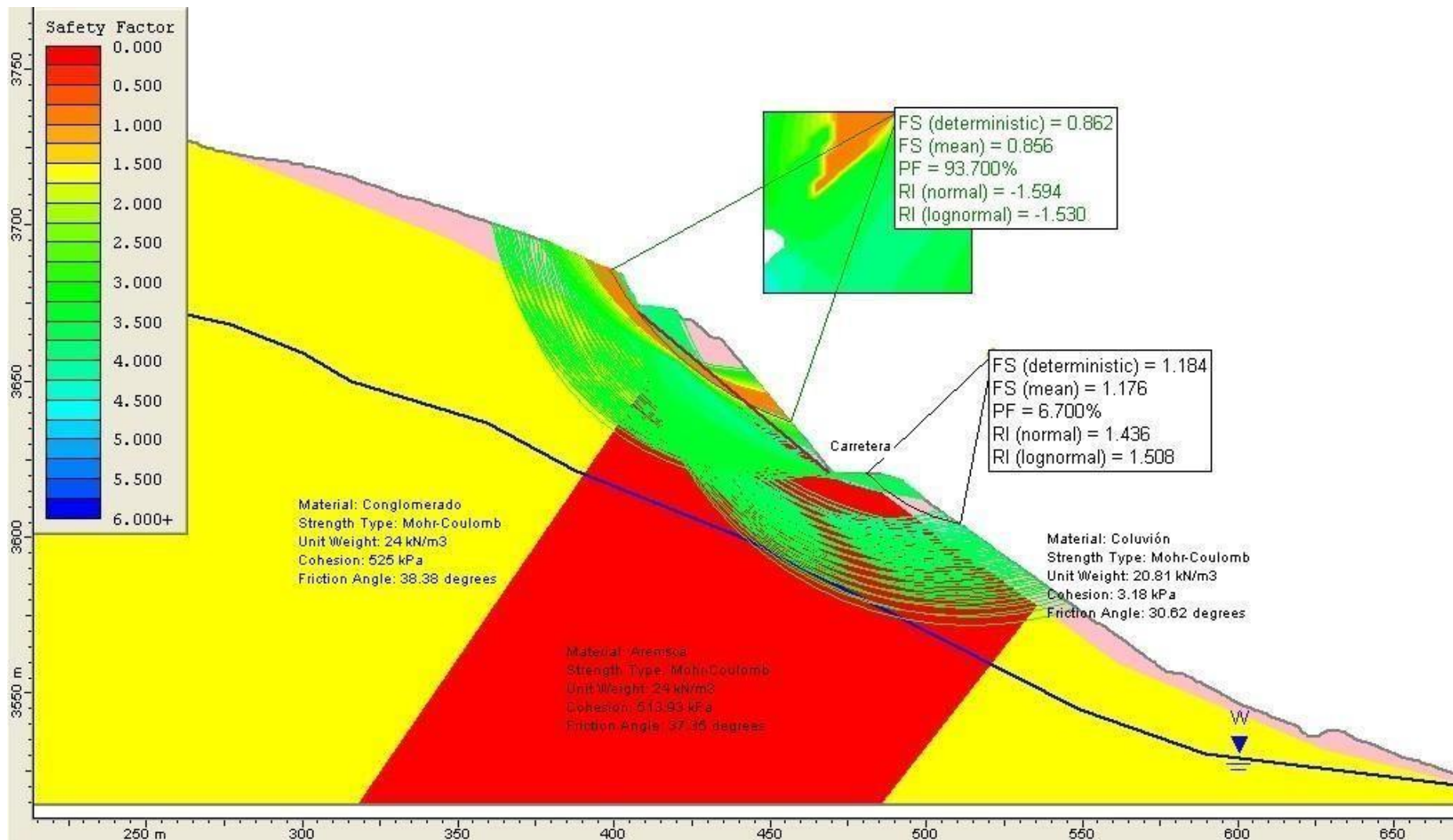


SECCIÓN 2-2 – CONDICIÓN DINÁMICO

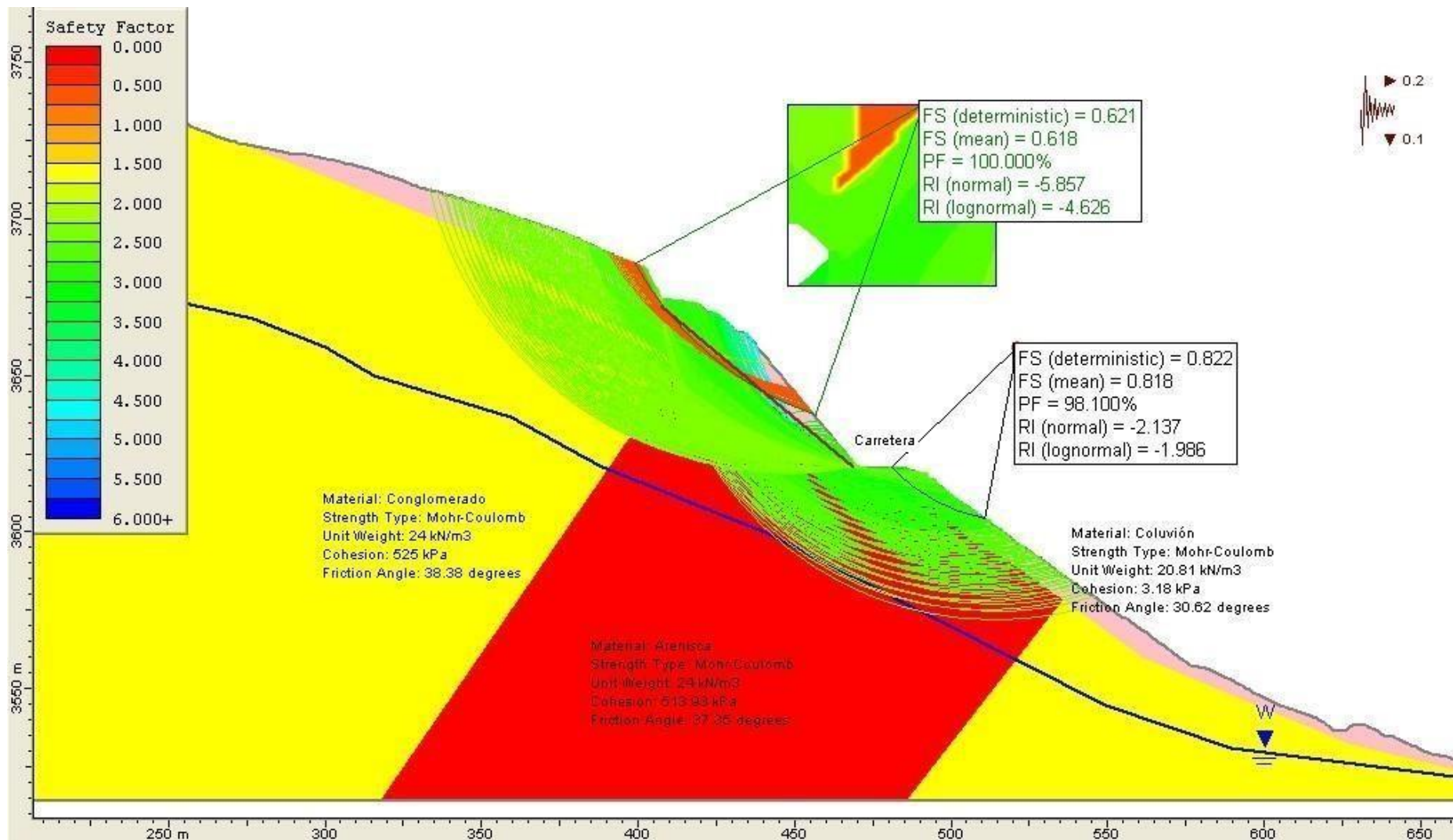


SECCIÓN 3-3

Resultados Programa Slide 5.0



SECCIÓN 3-3 – CONDICIÓN ESTÁTICO

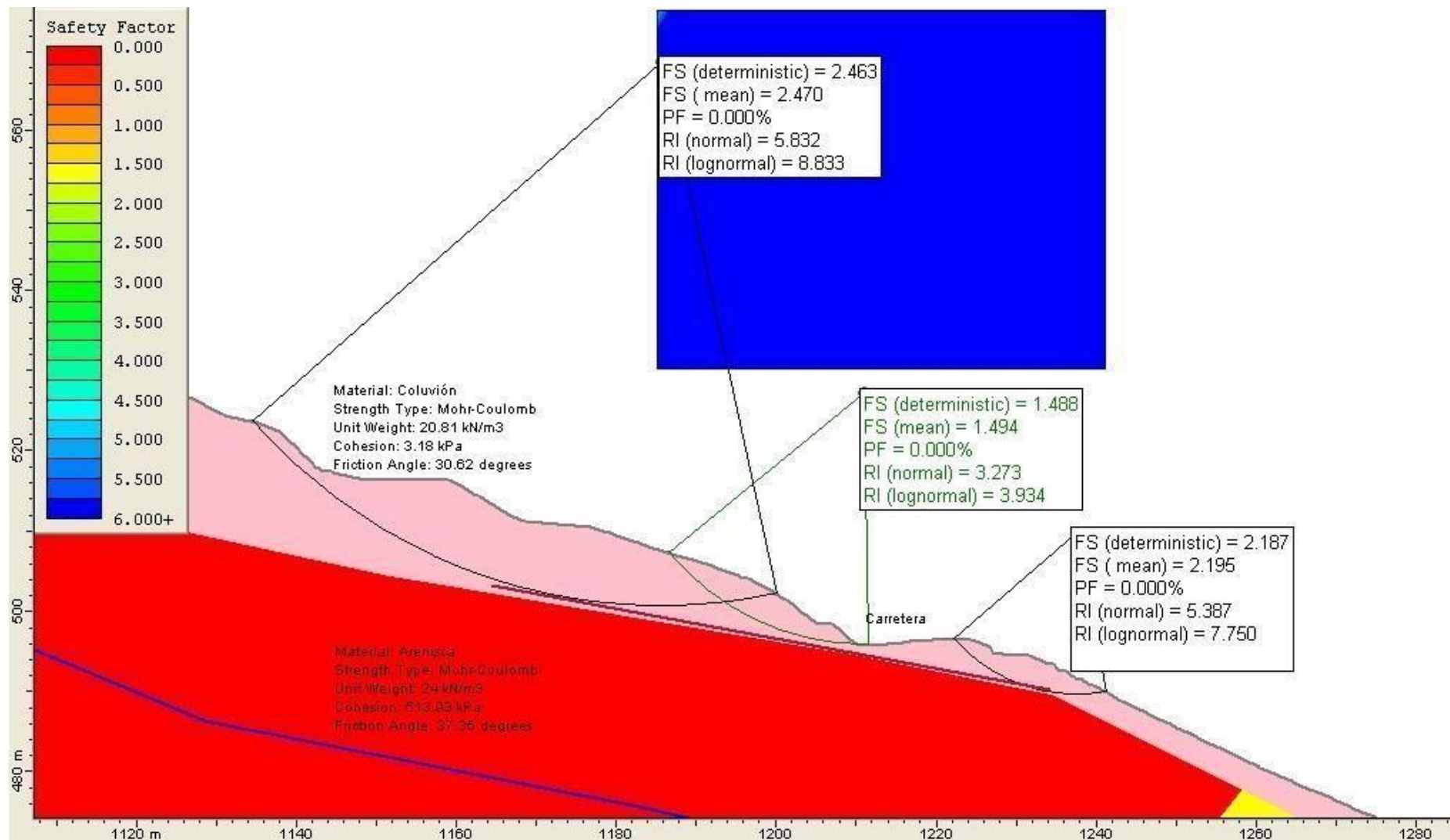


SECCIÓN 3-3 – CONDICIÓN DINÁMICO

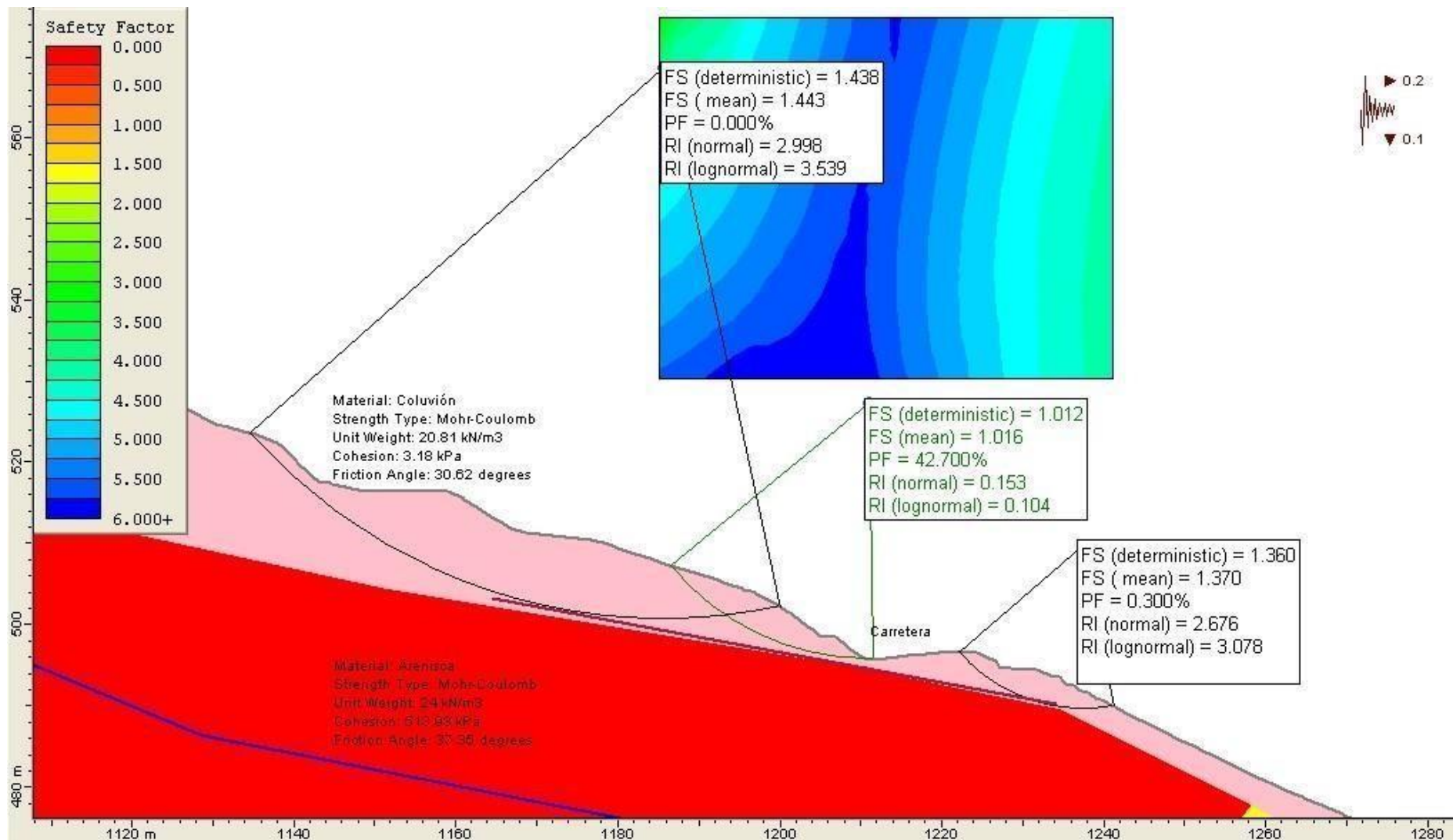


SECCIÓN 4-4

Resultados Programa Slide 5.0



SECCIÓN 4-4 – CONDICIÓN ESTÁTICO

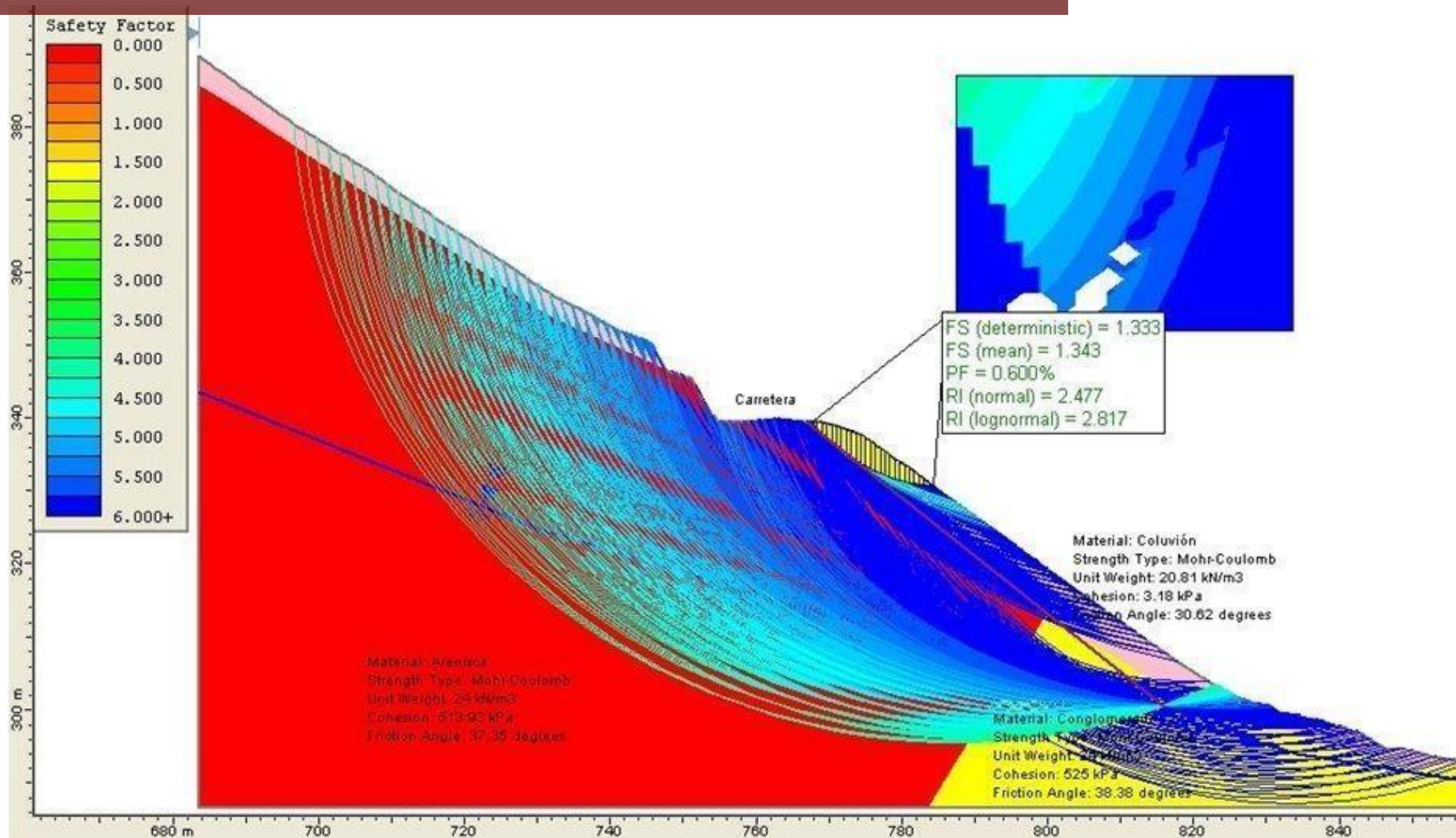


SECCIÓN 4-4 – CONDICIÓN DINÁMICO

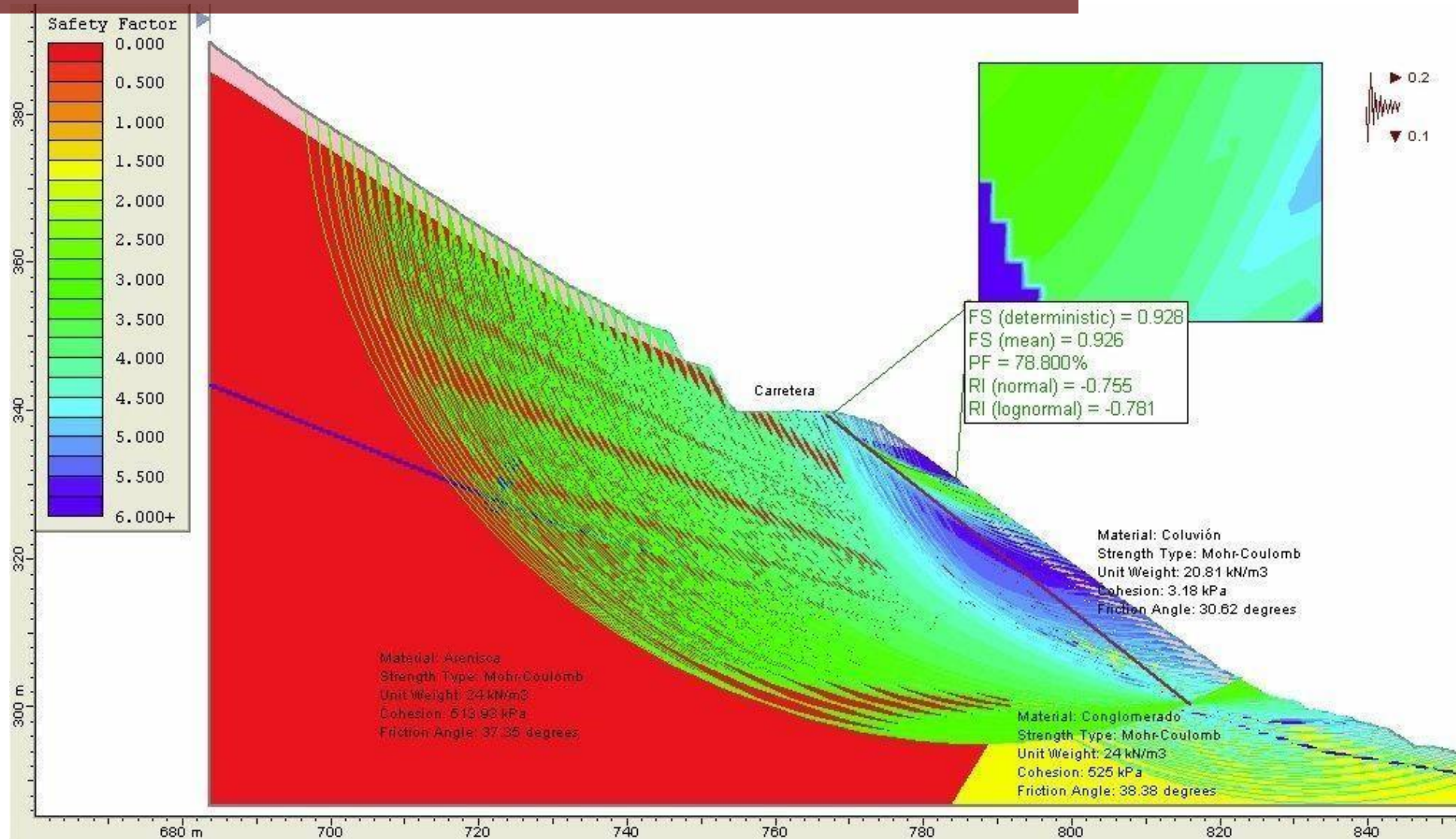


SECCIÓN 5-5

Resultados Programa Slide 5.0



SECCIÓN 5-5 – CONDICIÓN ESTÁTICO

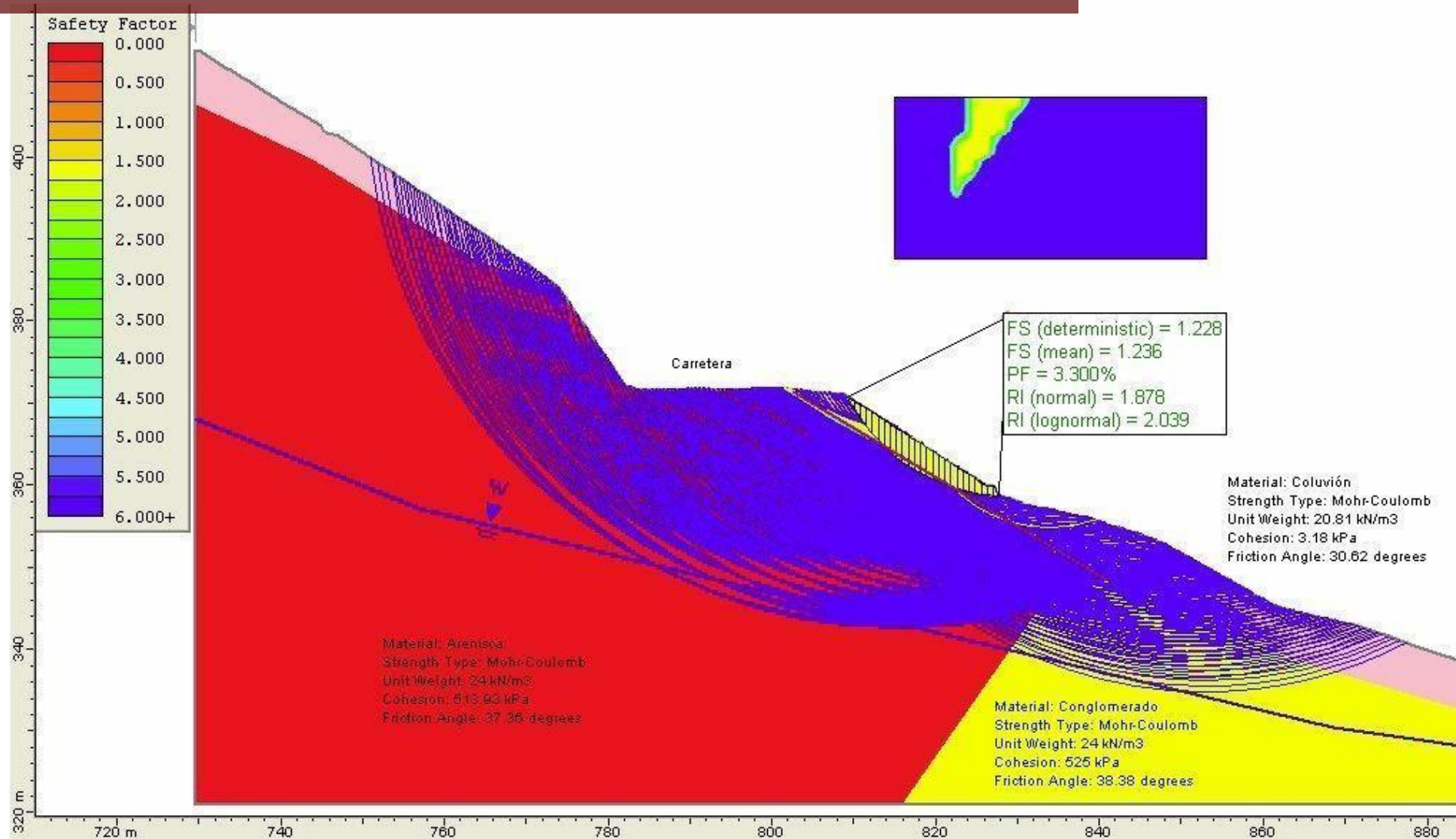


SECCIÓN 5-5 – CONDICIÓN DINÁMICO

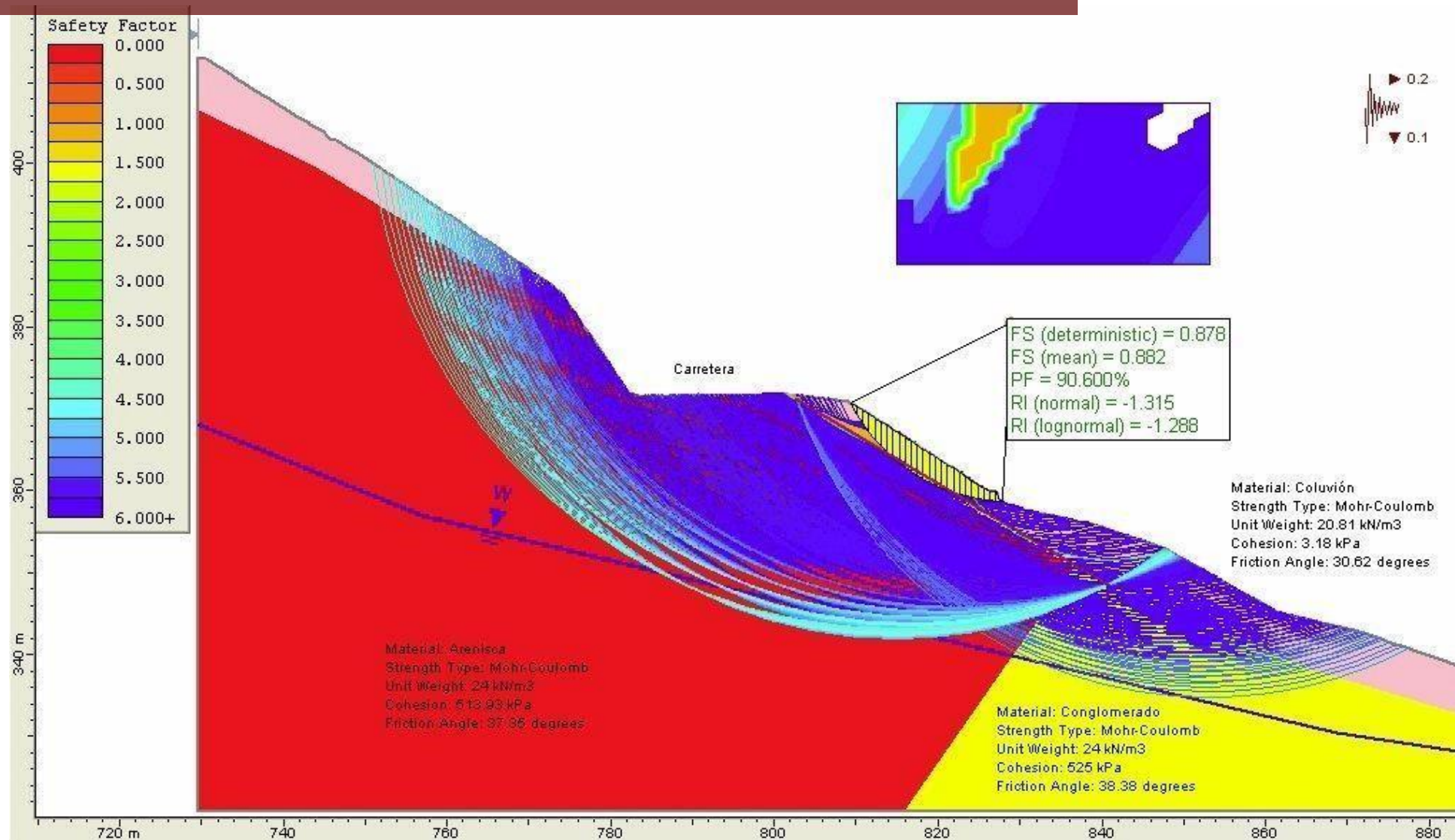


SECCIÓN 6-6

Resultados Programa Slide 5.0



SECCIÓN 6-6 – CONDICIÓN ESTÁTICO

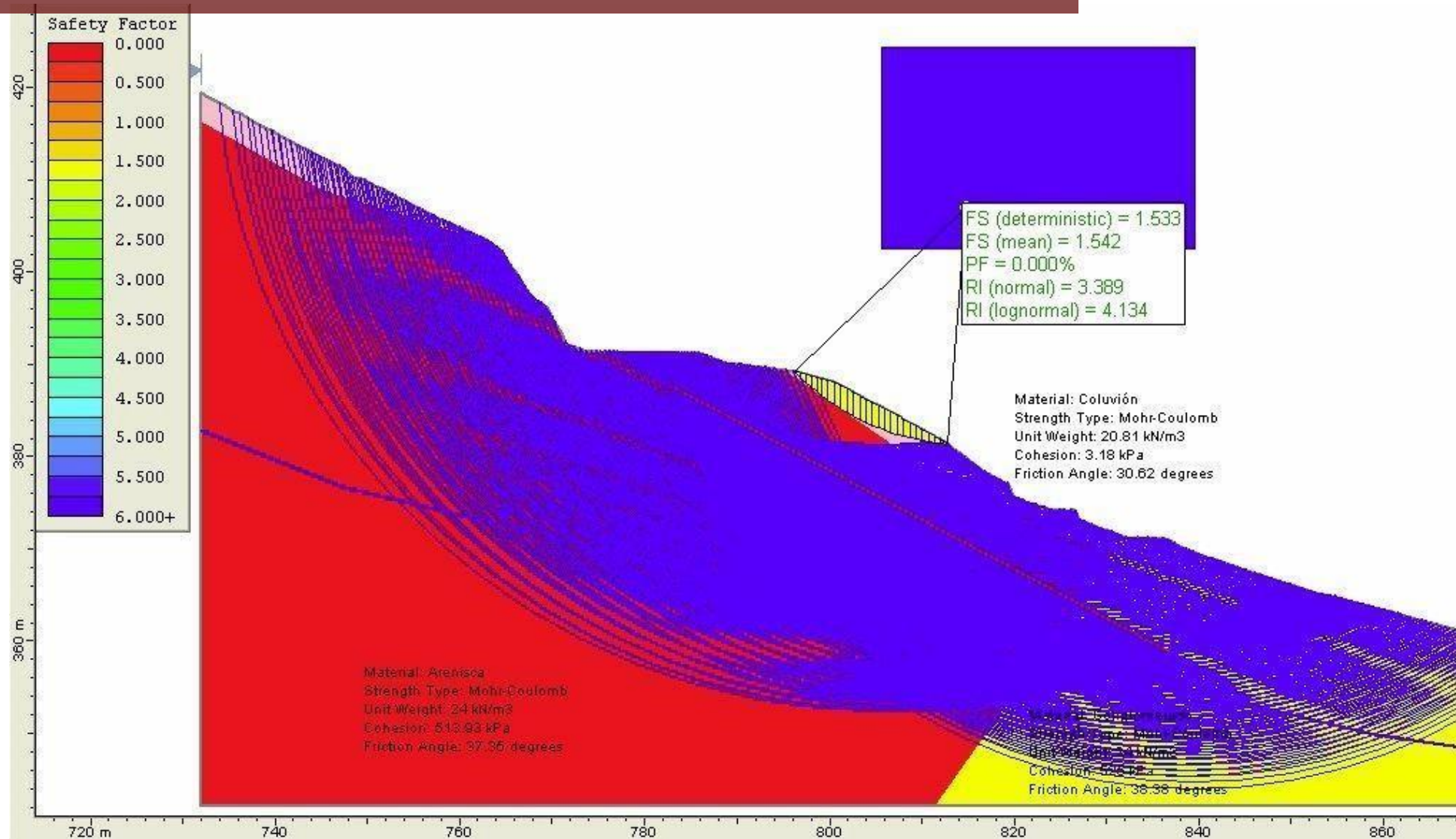


SECCIÓN 6-6 – CONDICIÓN DINÁMICO

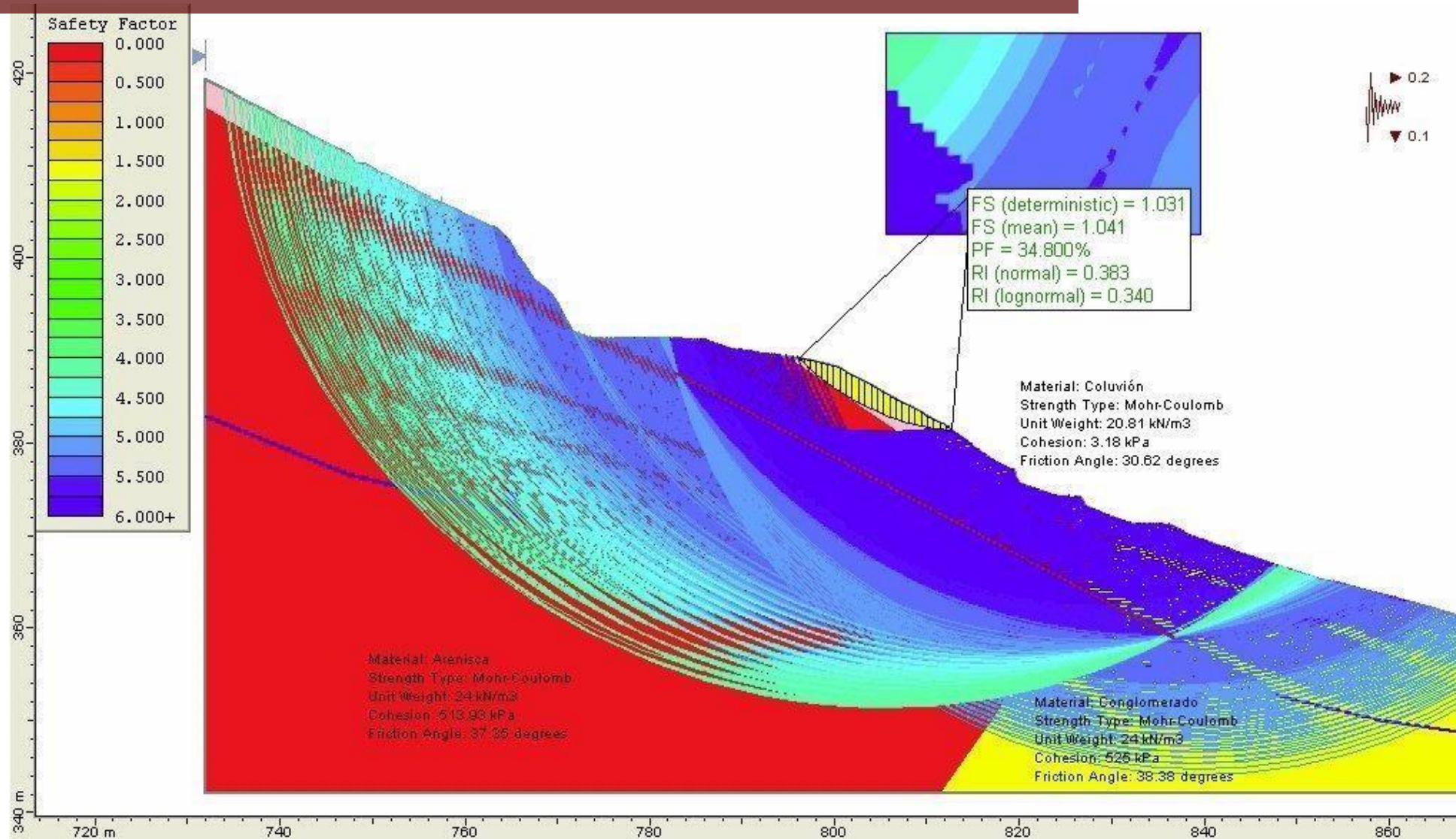


SECCIÓN 7-7

Resultados Programa Slide 5.0



SECCIÓN 7-7 – CONDICIÓN ESTÁTICO

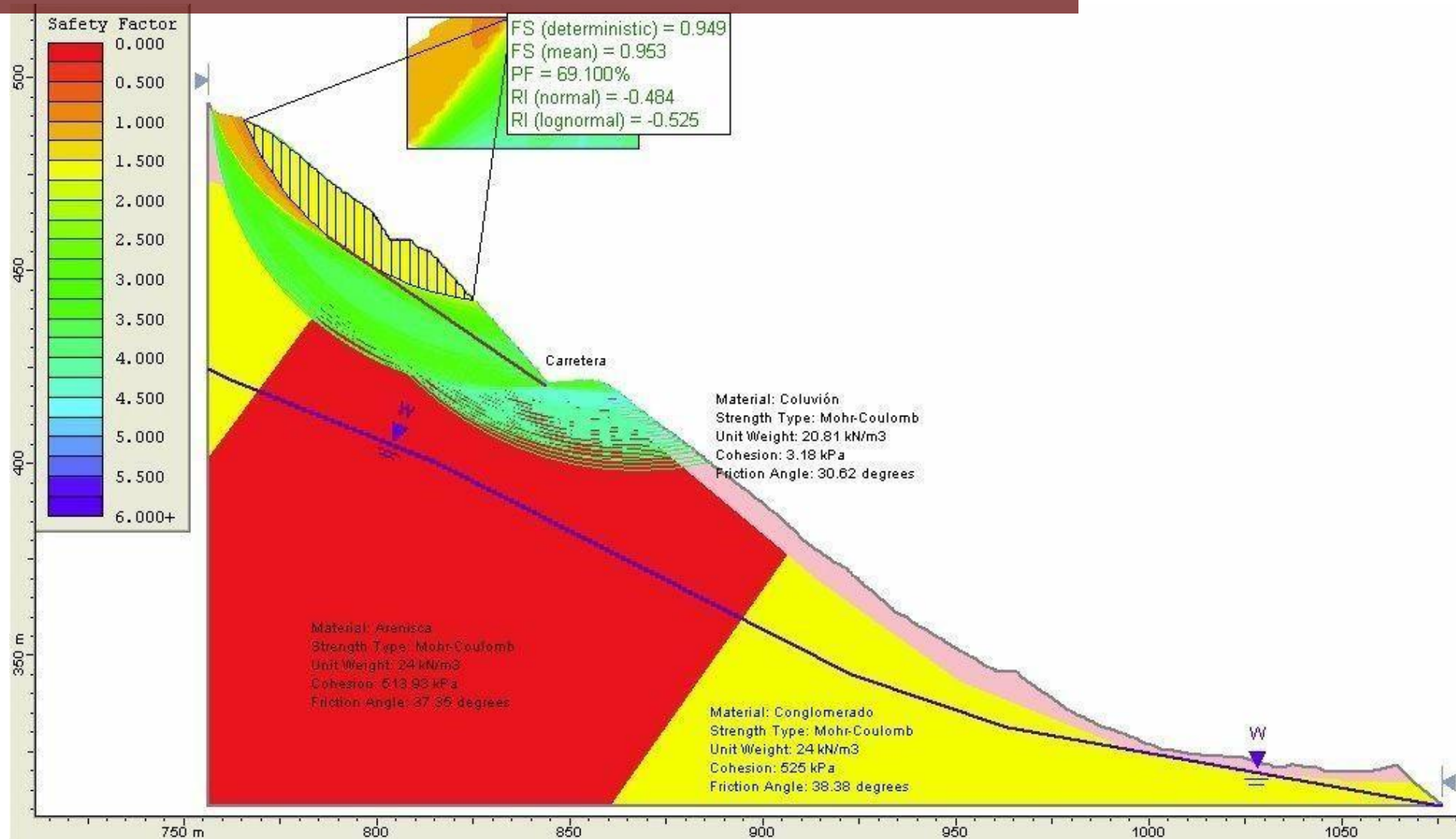


SECCIÓN 7-7 – CONDICIÓN DINÁMICO

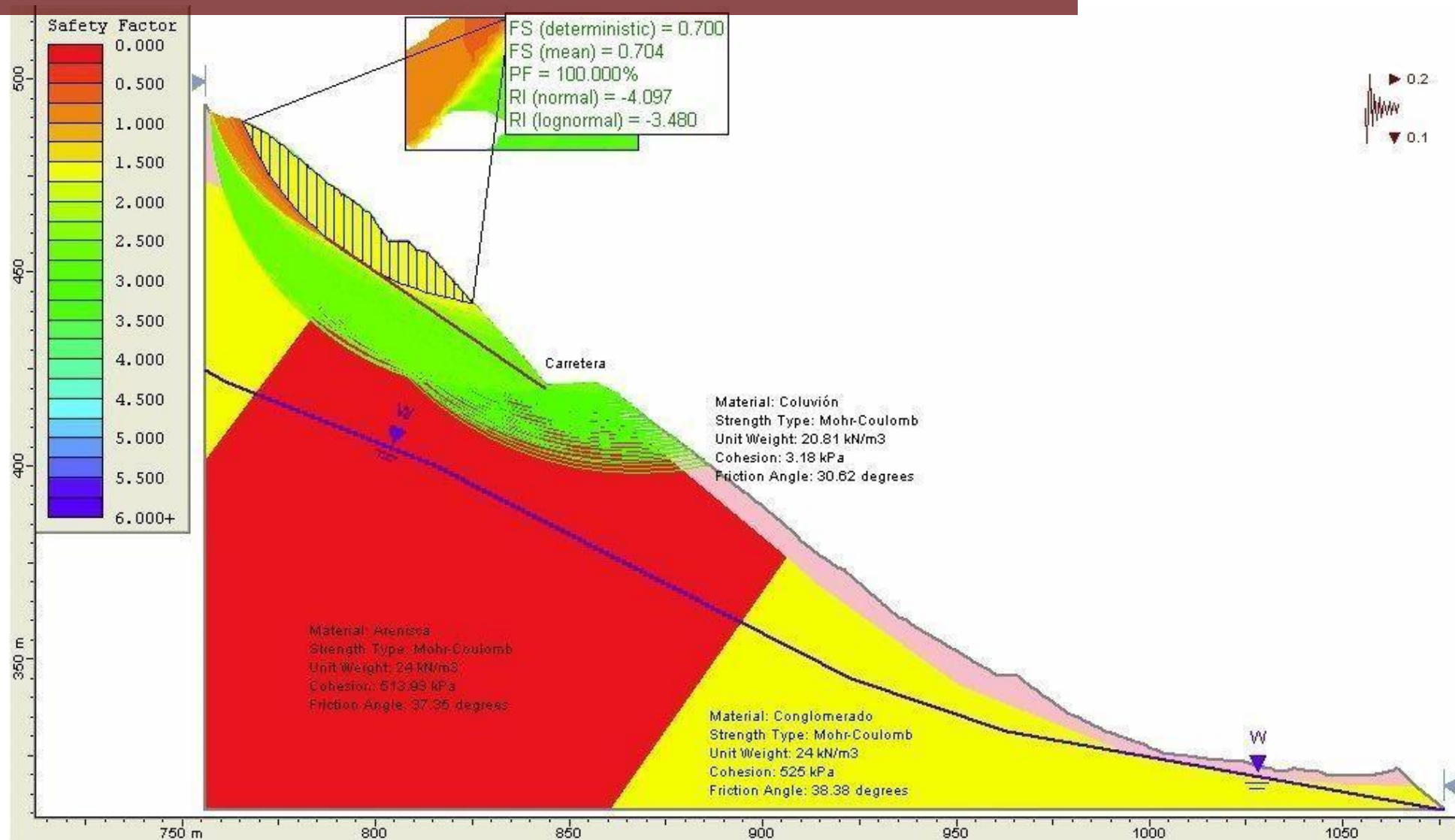


SECCIÓN 8-8

Resultados Programa Slide 5.0



SECCIÓN 8-8 CONDICIÓN ESTÁTICO

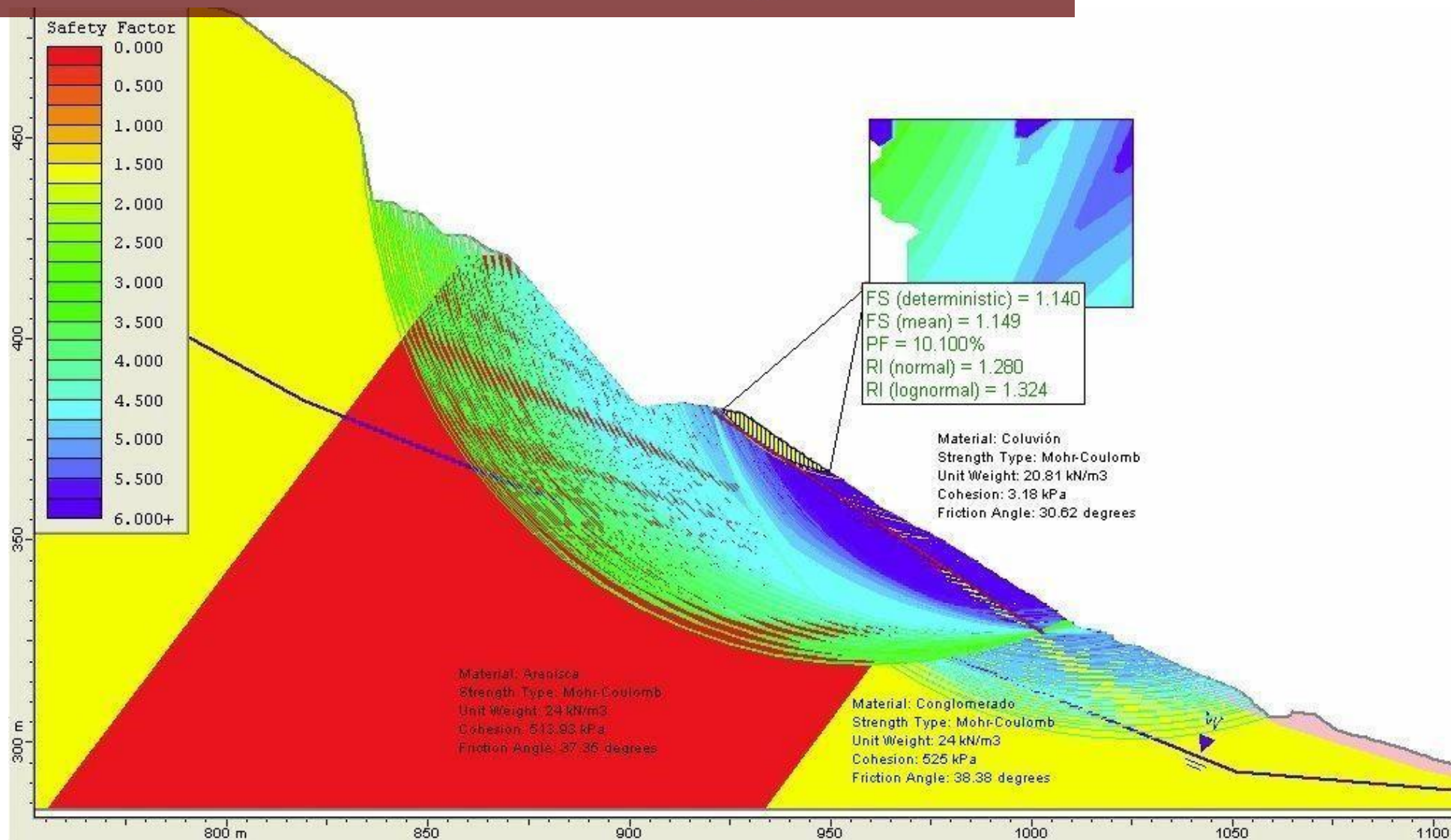


SECCIÓN 8-8 – CONDICIÓN DINÁMICO

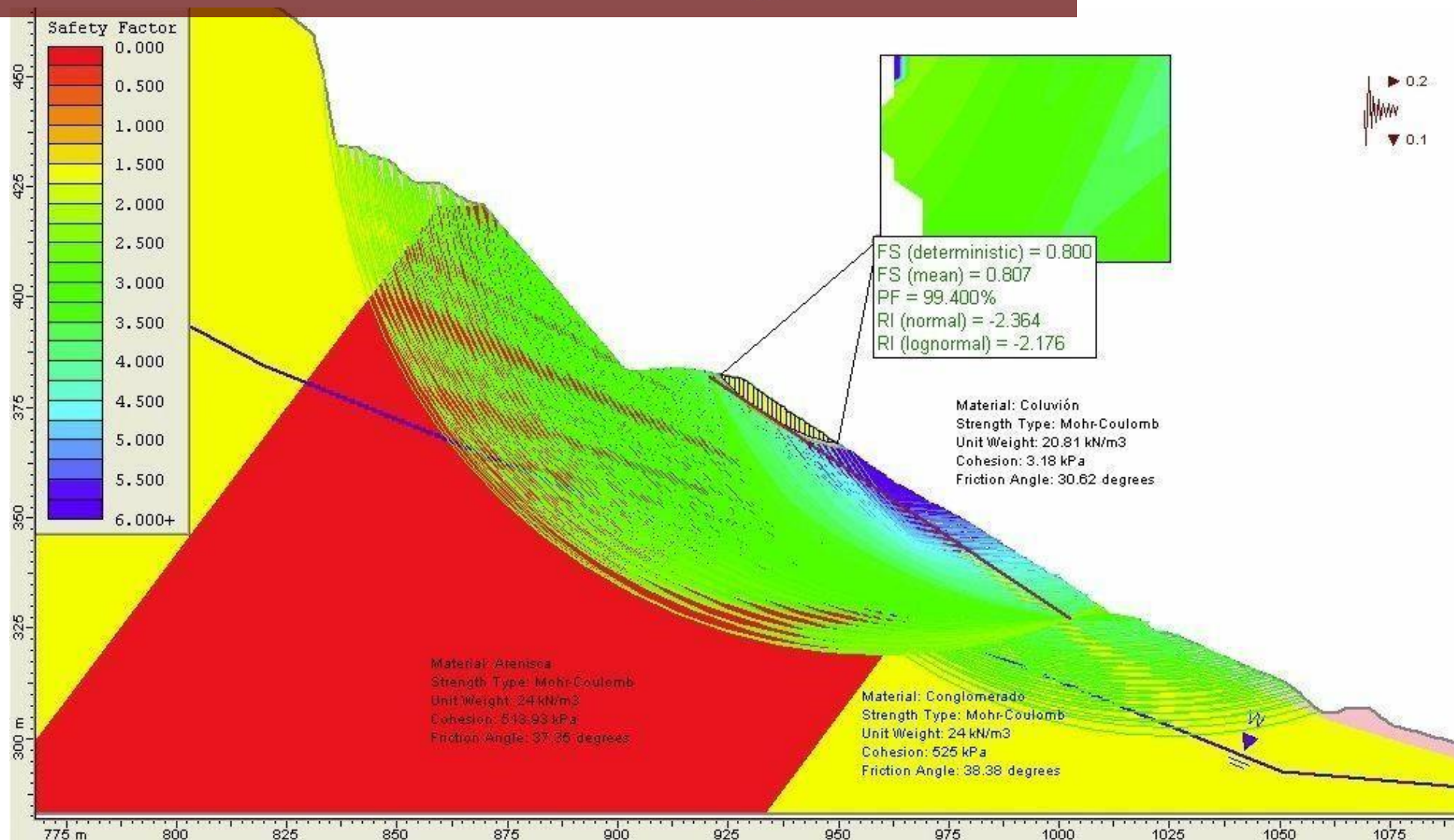


SECCIÓN 9-9

Resultados Programa Slide 5.0



SECCIÓN 9-9 – CONDICIÓN ESTÁTICO



SECCIÓN 9-9 – CONDICIÓN DINÁMICO



ANEXO 03

PUNTOS TOPOGRÁFICOS

N°	NORTE	ESTE	m.s.n.m.	DESCRIPCIÓN
1	8251231.00	381234.00	3831.00	PUNTO
2	8251240.58	381231.12	3830.00	PUNTO
3	8251250.15	381228.24	3829.00	PUNTO
4	8251259.73	381225.36	3828.00	PUNTO
5	8251223.63	381236.22	3832.07	PUNTO
7	8251220.42	381246.47	3832.19	PUNTO
8	8251226.10	381244.45	3831.66	PUNTO
9	8251212.83	381249.15	3833.02	PUNTO
10	8251207.06	381251.19	3833.54	PUNTO
11	8251200.16	381253.64	3834.77	PUNTO
12	8251193.30	381256.07	3835.12	PUNTO
13	8251191.38	381250.74	3835.22	PUNTO
14	8251189.74	381245.81	3835.41	PUNTO
15	8251187.81	381240.26	3835.74	PUNTO
16	8251186.02	381235.11	3836.12	PUNTO
17	8251184.35	381230.49	3836.96	PUNTO
18	8251185.04	381230.34	3835.31	PUNTO
19	8251224.39	381239.62	3831.99	PUNTO
20	8251220.81	381226.84	3832.19	PUNTO
21	8251218.79	381220.13	3832.38	PUNTO
22	8251187.15	381268.85	3835.41	PUNTO
23	8251183.78	381259.15	3835.81	PUNTO
24	8251181.06	381251.30	3835.21	PUNTO
29	8251235.81	381251.35	3830.02	PUNTO



N°	NORTE	ESTE	m.s.n.m.	DESCRIPCIÓN
31	8259482.23	381245.76	3832.22	PUNTO
32	8259491.82	381242.88	3831.22	PUNTO
33	8259501.40	381240.00	3830.22	PUNTO
34	8259510.99	381237.12	3829.22	PUNTO
35	8259474.85	381247.98	3833.29	PUNTO
36	8259471.64	381258.23	3833.41	PUNTO
37	8259477.33	381256.21	3832.88	PUNTO
38	8259464.04	381260.91	3834.24	PUNTO
39	8259458.27	381262.95	3834.76	PUNTO
40	8259451.36	381265.40	3835.99	PUNTO
41	8259444.49	381267.83	3836.34	PUNTO
42	8259442.57	381262.50	3836.44	PUNTO
43	8259440.93	381257.57	3836.63	PUNTO
44	8259439.00	381252.02	3836.96	PUNTO
45	8259437.21	381246.87	3837.34	PUNTO
46	8259435.53	381242.25	3838.18	PUNTO
47	8259436.22	381242.10	3836.53	PUNTO
48	8259475.62	381251.38	3833.21	PUNTO
49	8259472.03	381238.60	3833.41	PUNTO
50	8259470.01	381231.89	3833.60	PUNTO
51	8259438.34	381280.61	3836.63	PUNTO
52	8259434.97	381270.91	3837.03	PUNTO
53	8259432.24	381263.06	3836.43	PUNTO
54	8259432.24	381263.06	3836.43	PUNTO
55	8259487.04	381263.11	3831.24	PUNTO



N°	NORTE	ESTE	m.s.n.m.	DESCRIPCIÓN
56	8259493.79	381266.08	3834.65	PUNTO
57	8259503.38	381263.20	3833.65	PUNTO
58	8259512.96	381260.32	3832.65	PUNTO
59	8259522.55	381257.44	3831.65	PUNTO
60	8259486.41	381268.30	3835.72	PUNTO
61	8259483.20	381278.55	3835.84	PUNTO
62	8259488.89	381276.53	3835.31	PUNTO
63	8259475.60	381281.23	3836.67	PUNTO
64	8259469.83	381283.27	3837.19	PUNTO
65	8259462.92	381285.72	3838.42	PUNTO
66	8259456.05	381288.15	3838.77	PUNTO
67	8259454.13	381282.82	3838.87	PUNTO
68	8259452.49	381277.89	3839.06	PUNTO
69	8259450.56	381272.34	3839.39	PUNTO
70	8259448.77	381267.19	3839.77	PUNTO
71	8259447.09	381262.57	3840.61	PUNTO
72	8259447.78	381262.42	3838.96	PUNTO
73	8259487.18	381271.70	3835.64	PUNTO
74	8259483.59	381258.92	3835.84	PUNTO
75	8259481.57	381252.21	3836.03	PUNTO
76	8259449.90	381300.93	3839.06	PUNTO
77	8259446.53	381291.23	3839.46	PUNTO
78	8259443.80	381283.38	3838.86	PUNTO
79	8259443.80	381283.38	3838.86	PUNTO
80	8259498.60	381283.43	3833.67	PUNTO



ANEXO 04
CERTIFICADOS DE ENSAYOS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

MUESTRA : 01

UBICACIÓN : Km 21+520

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	310.34
SUELO SECO + TARRO	gr	285.92
PESO DEL TARRO	gr	54.12
PESO DEL AGUA	gr	24.42
PESO DEL SUELO SECO	gr	231.80
HUMEDAD %	%	10.53

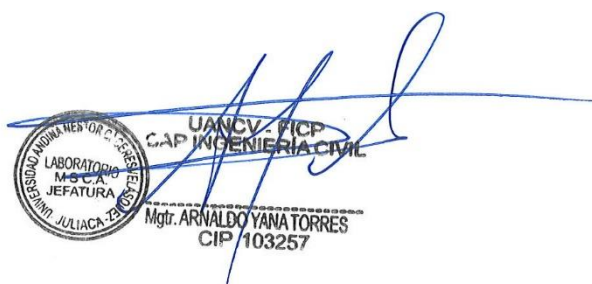
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		T	R	1	2
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	36.92	31.38	13.56	15.62
SUELO SECO + TARRO	gr	33.39	28.24	12.42	14.41
PESO DEL TARRO	gr	20.95	17.33	8.23	8.51
PESO DEL AGUA	gr	3.53	3.14	1.14	1.21
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.44	10.91	4.19	5.90
HUMEDAD %	%	28.38	28.78	27.21	20.51
N° DE GOLPES		29	29		

LÍMITE LÍQUIDO % : 29.10 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 23.86

ÍNDICE PLÁSTICO % : 05.24

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Número de Golpes


 UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO
 MTC/CA
 JEFATURA
 JULIACA - PUNO
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

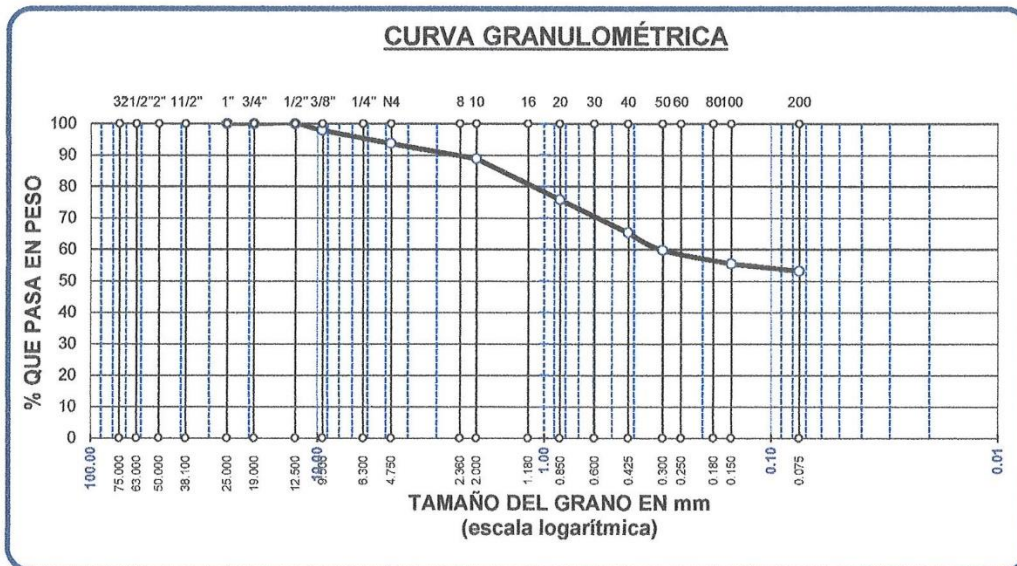
MUESTRA : 01

UBICACIÓN : Km 21+520

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000					P.I.= 400.00
2 1/2"	63.000					P.L.= 187.38
2"	50.000					P.P.= 212.62
1 1/2"	38.100					% W = 10.53
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 29.10
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 23.86
3/8"	9.500	8.56	2.14	2.14	97.86	I.P.= 5.24
1/4"	6.300					CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	16.84	4.21	6.35	93.65	D10= --- Cu= ---
No8	2.360					D30= --- Cc= ---
No10	2.000	19.25	4.81	11.16	88.84	D60= 0.31
No16	1.180					CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	52.08	13.02	24.18	75.82	SUCS : CL
No30	0.600					OBSERVACIONES:
No40	0.425	42.10	10.53	34.71	65.29	
No 50	0.300	22.14	5.54	40.24	59.76	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	17.32	4.33	44.57	55.43	
No200	0.075	9.09	2.27	46.85	53.16	
BASE		212.62	53.16	100.00	0.00	
TOTAL		400.00	100.00			
% PERDIDA		53.16				



UANCV - FICP
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANATORRES
 CIP 103257



TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

MUESTRA : 02

UBICACIÓN : Km 21+920

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	325.00
SUELO SECO + TARRO	gr	287.10
PESO DEL TARRO	gr	39.00
PESO DEL AGUA	gr	37.90
PESO DEL SUELO SECO	gr	248.10
HUMEDAD %	%	15.28

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		X	W	5	7
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	37.88	32.42	14.49	16.58
SUELO SECO + TARRO	gr	34.31	28.95	13.79	15.58
PESO DEL TARRO	gr	21.00	13.40	8.25	8.30
PESO DEL AGUA	gr	3.57	3.47	0.70	1.00
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.31	15.55	5.54	7.28
HUMEDAD %	%	26.82	22.32	12.64	13.74
N° DE GOLPES		25	25		

LÍMITE LÍQUIDO % :	24.57	LÍMITE PLÁSTICO % :	13.19
---------------------------	--------------	----------------------------	--------------

ÍNDICE PLÁSTICO % : **11.38**

$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Número de Golpes


 UANCV - FICP
 INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

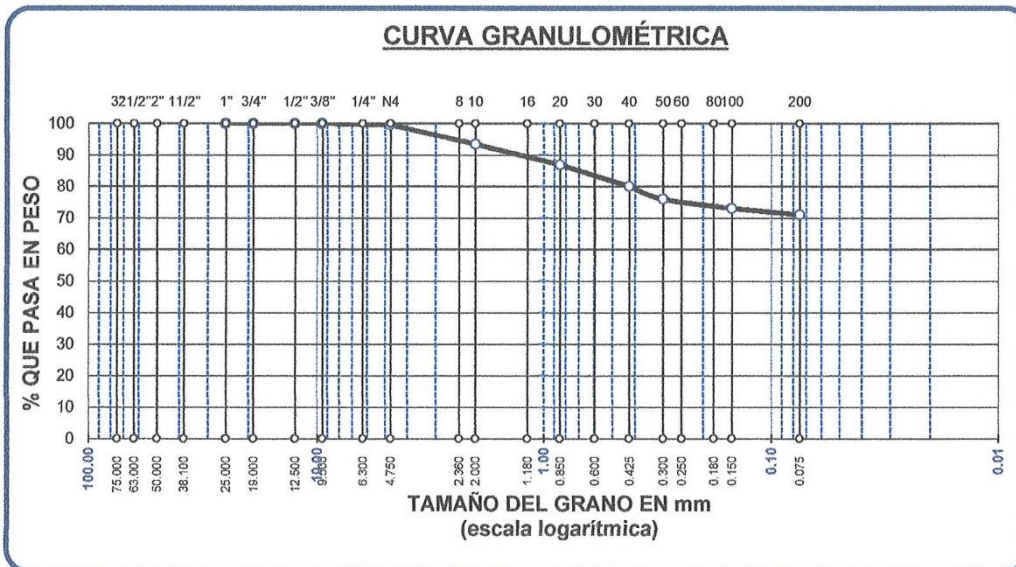
MUESTRA : 02

UBICACIÓN : Km 21+920

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000					P.I.= 250.00
2 1/2"	63.000					P.L.= 72.47
2"	50.000					P.P.= 177.53
1 1/2"	38.100					% W = 15.28
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 24.57
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 13.19
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	I.P.= 11.38
1/4"	6.300					CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	1.25	0.50	0.50	99.50	D10= ---- Cu= ----
No8	2.360					D30= ---- Cc= ----
No10	2.000	15.32	6.13	6.63	93.37	D60= ----
No16	1.180					CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	16.18	6.47	13.10	86.90	SUCS : CL
No30	0.600					OBSERVACIONES:
No40	0.425	17.22	6.89	19.99	80.01	
No 50	0.300	10.12	4.05	24.04	75.96	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	7.23	2.89	26.93	73.07	
No200	0.075	5.15	2.06	28.99	71.01	
BASE		177.53	71.01	100.00	0.00	
TOTAL		250.00	100.00			
% PERDIDA		71.01				



UANCV FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C. DE MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS
 PUNO JULIACA PERÚ

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

MUESTRA : 03

UBICACIÓN : Km 22+720

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	281.80
SUELO SECO + TARRO	gr	261.50
PESO DEL TARRO	gr	50.22
PESO DEL AGUA	gr	20.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	211.28
HUMEDAD %	%	9.61

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		V	B	8	3
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	23.12	22.81	12.36	12.28
SUELO SECO + TARRO	gr	19.61	19.65	11.42	11.39
PESO DEL TARRO	gr	8.26	9.02	6.25	6.20
PESO DEL AGUA	gr	3.51	3.16	0.94	0.89
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.35	10.63	5.17	5.19
HUMEDAD %	%	30.93	29.73	18.18	17.15
N° DE GOLPES		23	23		
LÍMITE LÍQUIDO %		30.02	LÍMITE PLÁSTICO %	17.67	
ÍNDICE PLÁSTICO %		12.36			

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Número de Golpes

UANCV - FICP
 CIP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

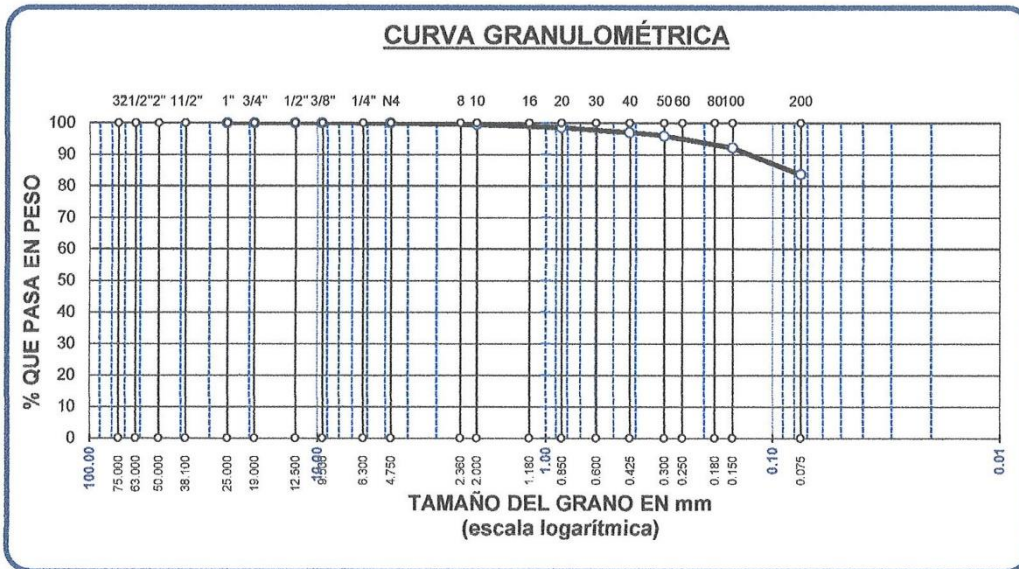
MUESTRA : 03

UBICACIÓN : Km 22+720

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000					P.I.= 500.00
2"	50.000					P.L.= 81.97
1 1/2"	38.100					P.P.= 418.03
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% W = 9.61
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 30.02
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 17.67
1/4"	6.300					I.P.= 12.36
No4	4.750	0.55	0.11	0.11	99.89	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360					D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	2.16	0.43	0.54	99.46	D30= ---- Cc= ----
No16	1.180					D60= ----
No20	0.850	4.60	0.92	1.46	98.54	CLASIFICACIÓN:
No30	0.600					:
No40	0.425	7.92	1.58	3.05	96.95	SUCS : CL
No 50	0.300	5.62	1.12	4.17	95.83	OBSERVACIONES:
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	18.82	3.76	7.93	92.07	
No200	0.075	42.30	8.46	16.39	83.61	
BASE		418.03	83.61	100.00	0.00	
TOTAL		500.00	100.00			
% PERDIDA		83.61				



UANCV / EICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

MUESTRA : 04

UBICACIÓN : Km 23+120

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	217.30
SUELO SECO + TARRO	gr	198.20
PESO DEL TARRO	gr	55.10
PESO DEL AGUA	gr	19.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	143.10
HUMEDAD %	%	13.35

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		M	N	4	10
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	36.58	30.82	15.69	15.48
SUELO SECO + TARRO	gr	29.26	24.41	14.41	14.16
PESO DEL TARRO	gr	9.39	6.30	8.75	8.63
PESO DEL AGUA	gr	7.32	6.41	1.28	1.32
PESO DEL SUELO SECO	gr	19.87	18.11	5.66	5.53
HUMEDAD %	%	36.84	35.39	22.61	23.87
N° DE GOLPES		26	26		

LÍMITE LÍQUIDO % :	36.29	LÍMITE PLÁSTICO % :	23.24
---------------------------	--------------	----------------------------	--------------

ÍNDICE PLÁSTICO % : **13.05**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Número de Golpes

UANCV - FIOP
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI

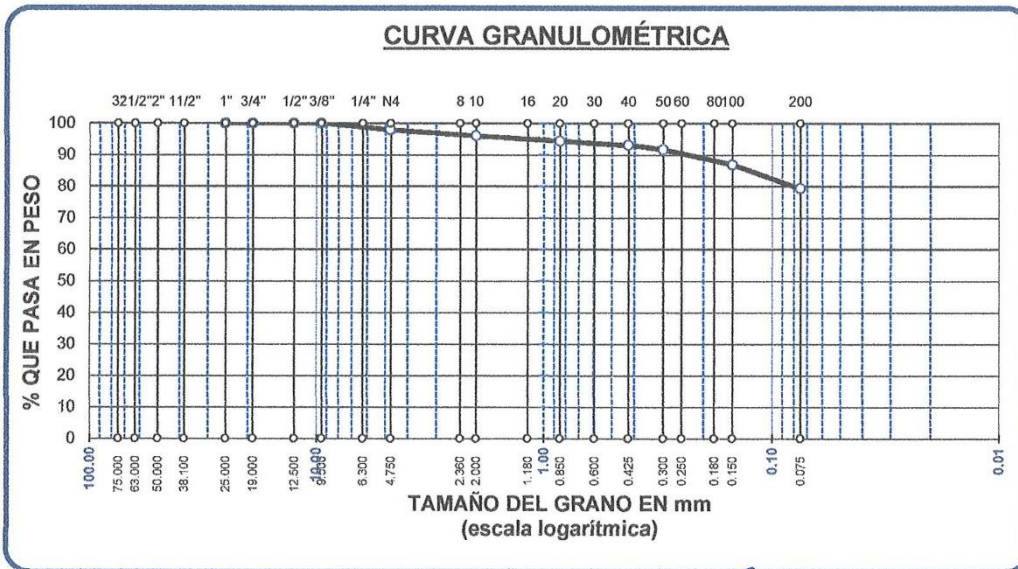
MUESTRA : 04

UBICACIÓN : Km 23+120

LUGAR : CIUDAD DE PUNO

FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000					P.I.= 450.00
2"	50.000					P.L.= 93.18
1 1/2"	38.100					P.P.= 356.82
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% W = 13.35
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 36.29
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 23.24
1/4"	6.300					I.P.= 13.05
No4	4.750	9.45	2.10	2.10	97.90	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360					D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	8.55	1.90	4.00	96.00	D30= ---- Cc= ----
No16	1.180					D60= ----
No20	0.850	7.43	1.65	5.65	94.35	CLASIFICACIÓN:
No30	0.600					:
No40	0.425	5.90	1.31	6.96	93.04	SUCS : CL
No 50	0.300	6.51	1.45	8.41	91.59	OBSERVACIONES:
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.150	21.16	4.70	13.11	86.89	
No200	0.075	34.18	7.60	20.71	79.29	
BASE		356.82	79.29	100.00	0.00	
TOTAL		450.00	100.00			
% PERDIDA		79.29				



UANCV - EICP
 C.A. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN DE PUNO
SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI
MUESTRA : 01 - 02
LUGAR : CIUDAD DE PUNO
FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

ANÁLISIS FÍSICO - PESO ESPECÍFICO

Peso Específico Método del Picnómetro M-1

A	-Peso de muestra secada al horno	455.09
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)	500.00
Wc	-Peso del picnómetro con agua	13.08.94
W	-Peso del Pic. + muestra + agua	1589.81

PESO ESPECÍFICO

$$Wc+B = 1809 \qquad Wc+B-W = 219$$

$$Pe = \frac{B}{Wc+ B - W} = 2.28 \text{ gr/cm3}$$

Peso Específico Método del Picnómetro M-2

A	-Peso de muestra secada al horno	456.18
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)	500.00
Wc	-Peso del picnómetro con agua	13.08.94
W	-Peso del Pic. + muestra + agua	1591.06



PESO ESPECÍFICO

$$Wc+B = 1809 \qquad Wc+B-W = 218$$

$$Pe = \frac{B}{Wc+ B - W} = 2.29 \text{ gr/cm3}$$

OBSERVACIONES

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE


 UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



TESIS : EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO LARAQUERI DE LA REGIÓN DE PUNO
SOLICITANTE : Bach. ROLY NEYDER FUENTES MAMANI
MUESTRA : 03 - 04
LUGAR : CIUDAD DE PUNO
FECHA : 12 DE NOVIEMBRE DEL 2023

ANÁLISIS FÍSICO - PESO ESPECÍFICO

Peso Específico Método del Picnómetro M-3

A	-Peso de muestra secada al horno	448.92
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)	500.00
Wc	-Peso del picnómetro con agua	13.08.94
W	-Peso del Pic. + muestra + agua	1587.25

PESO ESPECÍFICO

$$Wc+B = 1809 \qquad Wc+B-W = 222$$

$$Pe = \frac{B}{Wc+B-W} = 2.26 \text{ gr/cm}^3$$

Peso Específico Método del Picnómetro M-4

A	-Peso de muestra secada al horno	450.06
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)	500.00
Wc	-Peso del picnómetro con agua	13.08.94
W	-Peso del Pic. + muestra + agua	1588.22

PESO ESPECÍFICO

$$Wc+B = 1809 \qquad Wc+B-W = 221$$

$$Pe = \frac{B}{Wc+B-W} = 2.27 \text{ gr/cm}^3$$

OBSERVACIONES

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIF 103257

B. N° 006-00297558



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 12/09/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ROLY NEYDER FUENTES MAMANI
Dirección: Jr. HORACIO ZEVALLOS GAMES S/N BARRIO EZEQUIEL URUIOLA - AZONGARO
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74618801
Teléfono: 949420127 email: ROLY NEYDER25@EMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE TALUDES INESTABLES EN LA CARRETERA PUNO URAQUERA DE LA REGIÓN PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): ESTABILIDAD, TALUD, FACTOR DE SEGURIDAD, INESTABILIDAD Y OERRUMBE

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

12 DE SETIEMBRE DEL 2024

Fecha