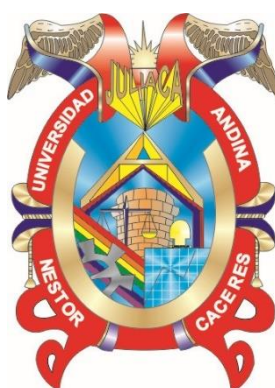




UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS
DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE
AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI
– REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ROGGER DINE VENTURO CUBA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2023



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS
DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CUIDAD DE
AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI
- REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ROGGER DINE VENTURO CUBA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE


: _____
Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO


: _____
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO


: _____
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS


: _____
Mgtr. JOSÉ ANTONIO PAREDES VERA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1205-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de noviembre de 2023

VISTOS:

El **INFORME N° 127-2023-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°1150-2023 de fecha 23 de octubre de 2023 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Civil** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **ROGGER DINE VENTURO CUBA**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - 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** : **Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **Asesor** : **Mgtr. JOSE ANTONIO PAREDES VERA**

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: **ROGGER DINE VENTURO CUBA**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : 13 de noviembre de 2023
- * **HORA** : 9:30
- * **LUGAR** : Aula 306 - 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
Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. EFRAN PARILO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

C.c. Arch. 2023
Interesado
Escuela Profesional



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1150-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de octubre de 2023

VISTOS:

El **INFORME N° 673-2023-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Civil, **INFORME N° 118-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 646-2021-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **16 de junio de 2021** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **04 de octubre de 2023** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **ROGGER DINE VENTURO CUBA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - 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** : **Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 668-2023, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - 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: **ROGGER DINE VENTURO CUBA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - 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 contratado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgtr. JOSE ANTONIO PAREDES VERA.**

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 CIENCIAS PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47798



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

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP/95531



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 935-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de setiembre de 2023

VISTOS.-

El **OFICIO N° 135-2023-D-EPIC-UANCV-J**, del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** y el proveído del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, sobre el pedido de cambio de miembro (s) del sub comité de evaluación del **Proyecto de Investigación**, del Bachiller: **ROGGER DINE VENTURO CUBA** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO**, y;

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **ROGGER DINE VENTURO CUBA** ha solicitado cambio del **Primer Miembro** de la terna del sub comité de evaluación del **Proyecto de Investigación**, titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO** aprobado con la **RESOLUCIÓN DECANAL N°646-2021-D-FICP-UANCV** de fecha 16 de junio de 2021; conformado por los siguientes Docentes:

- ❖ **Presidente** : **Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- ❖ **1er. Miembro** : **Dr. VICTOR JULIO HUAMAN MEZA**
- ❖ **2do. Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que; el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** ha tomado conocimiento que él, **Primer Miembro** no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, por lo que ha determinado proceder con el sorteo para el cambio de la terna de la sub comisión de evaluación del **Proyecto de Investigación**, conforme lo establece el 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;

Estando, a los documentos de **VISTOS**, mediante el cual informa la designación de la nueva terna de la sub comisión de evaluación; el mismo que deberá actuar según el 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.

Estando, en la opinión favorable del Director de 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, en concordancia 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**, el cambio del **Primer Miembro** de la Terna del sub comité de evaluación del **Proyecto de Investigación** presentado por el bachiller: **ROGGER DINE VENTURO CUBA**, titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO**, para optar el título profesional de **Ingeniero Civil** quedando la conformación del sub comité de evaluación de la siguiente forma:

- ❖ **Presidente** : **Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- ❖ **1er. Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- ❖ **2do. Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- ❖ **Asesor (a)** : **Mgtr. JOSE ANTONIO PAREDES VERA**

ARTICULO SEGUNDO. - **Disponer** a los miembros de la sub comisión de evaluación designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del proyecto de investigación, borrador de trabajo de investigación o sustentación del trabajo de investigación, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución Decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

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

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


.....
Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese

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


.....
Dr. EFRAIN FARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

CC.
Archivo 2
Interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 646-2021-D-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de junio de 2021

VISTOS:

El **INFORME N° 411-2021-D-UI-FICP.UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **OPINIÓN TÉCNICA N° 122-2021-UANCV-FICP-UI-CI-EPIC** del responsable del Comité de Investigación 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 **02 de junio de 2021**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el tema titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **ROGGER DINE VENTURO CUBA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - 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** : **Mgtr. Ing. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **1er Miembro** : **Dr. Ing. VICTOR JULIO HUAMÁN MEZA**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. Ing. ARNALDO YANA TORRES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO**, correspondiente a la línea de investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, 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 30220, ley de creación de la UANCV 23738 y modificación, Resolución de Institucionalización 1287-92-ANR D.L. 739, 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: **ROGGER DINE VENTURO CUBA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - 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 docente contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. Ing. JOSÉ ANTONIO PAREDES VERA**.

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 CS. PURAS



Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

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



Mgtr. HERNÁN ARTURO PINTO COAQUIRA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 86937

Cc.
archivo 2021
Ejccomtec
/msq



MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZANGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI – REGIÓN PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

21 %

FUENTES DE INTERNET

2 %

PUBLICACIONES

4 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.uclv.edu.cu Fuente de Internet	10 %
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2 %
3	core.ac.uk Fuente de Internet	1 %
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
5	edoc.pub Fuente de Internet	1 %
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	1library.co Fuente de Internet	1 %
8	www.researchgate.net Fuente de Internet	1 %



Metadatos Complementarios - UANCV

Título de la tesis	
MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI-REGIÓN PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Rogger Dine Venturo Cuba
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71004570
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-1025-4839
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jose Antonio Paredes Vera
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01847762
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1231-4053
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
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: Azángaro Distrito: Azángaro Lugar: Cerro Choquechambi</p> <p>Coordenadas: Latitud: 14°54'50.5'' Longitud: 70°11'42.0''</p> <p>URL Maps: https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1cMzkcR4ZaU0DkABY5GTIPB4e2B68My8&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	JUNIO - NOVIEMBRE 2023
URL de disciplinas OCDE	<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>
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	





DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ROGGER DINE VENTURO CUBA, identificado con DNI Nro. 71004570 en mi condición de egresado de:

- [x] Escuela Profesional
[] Programa de Segunda Especialidad,
[] Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

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

MODELOS MATEMATICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO

Asesorado por: Mgtr. Ing. JOSE ANTONIO PAREDES VERA

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 10 de JUNIO del 2024

Firma del asesor

Firma (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi Padre David Venturo Laura por sus consejos. A mi Madre Delia Cuba Perez por el apoyo motivación en todos los momentos. A mis hermanos Chris y Liliana por el aliento de apoyo y su amistad invaluable. A mi asesor de tesis el ing. José Antonio, por su comprensión y orientación profesional durante el desarrollo del presente trabajo. Al niño Jesús en quien remonta la fe de mi familia.



AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios, por darme la vida y permitirme compartir mis logros y caídas con las personas que más amo.

Agradezco principalmente al apoyo de mi padre David Venturo, mi madre Delia Cuba y hermanos Chris y Liliana, quienes en todo momento apoyaron mi camino.



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática	1
1.2. Formulación del planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación de la investigación	3
1.3.1. Justificación técnica.....	3
1.3.2. Justificación metodológica.....	4
1.3.3. Justificación económica.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis.....	5
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. Hipótesis específicas	6



1.6. Variables e indicadores 6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes del estudio 8

 2.1.1. Antecedentes Locales 8

 2.1.2. Antecedentes Nacionales 11

 2.1.3. Antecedentes Internacionales 14

2.2. Marco teórico 17

 2.2.1. Estudios paramétrico 18

 2.2.2. Estudios previos-Información Básica. 18

 2.2.3. Investigaciones preliminares. 18

 2.2.4. Descripción de Software de Aplicación. 19

 2.2.5. Método de Análisis de elemento finito 19

2.3. Marco conceptual 21

 2.3.1. Caracterización fisiográfica de la zona de estudio. 21

 2.3.2. Modelamiento un talud en 2D con el software Plaxis 21

 2.3.3. Discretización de los modelos de prueba y costo 25

 2.3.4. Evaluación de resultados de la modelación. 27

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología de investigación 38

3.2. Características de la investigación 40

3.3. Población y muestra 41

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación 41

3.5. Diseño de la contratación de la hipótesis 41



3.5.1. Estratigrafía del talud.....	41
3.5.2. Realización del modelo.....	46
3.6. Evaluación de los resultados de la modelación	50
3.7. Análisis de resultados entre los softwares GeoSlope 2007 y Plaxis.	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	65



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de las capas que conforman el talud.....	23
Tabla 2 Los resultados obtenidos de las simulaciones variando las dimensiones de la malla.....	26
Tabla 3 Nomenclaturas utilizadas en las figuras 14 y 15.....	35
Tabla 4 Tabla de segmentos que ofrece el software.....	36
Tabla 5 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 2.....	42
Tabla 6 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 2.....	42
Tabla 7 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 2.....	43
Tabla 8 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3.....	43
Tabla 9 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3.....	43
Tabla 10 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3.....	44
Tabla 11 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3A.....	44
Tabla 12 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3A.....	44
Tabla 13 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3A.....	45
Tabla 14 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 4.....	45
Tabla 15 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 4.....	45
Tabla 16 Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 4.....	45
Tabla 17 Nomenclatura utilizada	46
Tabla 18 Resultados de falla en la superficie de un talud por el software plaxis y el informe de un ingeniero geólogo del área de estudio.....	55
Tabla 19 Valores máximos de algunos parámetros comparativos entre la sección 1 y la sección 2.....	80



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección del talud en planta.	22
Figura 2 La manera en que se pueden ingresar los Atributos físicos-mecánicas de los materiales que conforman la estructura (Suelo1(a) y Suelo2(b)) es a través de una interfaz específica.	23
Figura 3 Interfaz para ingresar los datos para realizar el modelo estructural. ..	25
Figura 4 La comparación entre las dimensiones aproximadas de los elementos y el tiempo de corrida.	26
Figura 5 La comparación entre las dimensiones aproximadas de los elementos y el desplazamiento total máximo.	27
Figura 6 Eje coordenadas de la modelación (a) y escala de colores (b).	28
Figura 7 Talud sin ser sometido a su peso propio (a) y talud sometido a su peso propio (b).	28
Figura 8 El gradiente se muestra en capas de color antes del peso propio, luego se muestra la malla de deformación.	30
Figura 9 Representación por flecha el desplazamiento total.	31
Figura 10 Representación por escala de color el desplazamiento total en la dirección x	31
Figura 11 Representación por isolíneas en el desplazamiento en la dirección eje z.	32
Figura 12 Desplazamiento en dirección al eje z, representado por isolíneas de desplazamiento.	32
Figura 13 La representación visual de Deslizamientos totales en dirección al eje y (en un análisis bidimensional a lo largo del perfil longitudinal central) se muestra mediante escalas de colores.	33



Figura 14 Deformaciones unitarias en el talud mediante Plaxis.	34
Figura 15 Las Stress que se generan en el talud y que pueden ser examinadas mediante el uso de Plaxis.	35
Figura 16 El método de ingreso de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que componen la estructura se presenta a través de la interfaz que presenta la información correspondiente a cada capa: Clase N0 2 (a), Grado N0 3 (b), Grado N0 3A (c) y Clase N0 4 (d).	46
Figura 17 Planta de cala de perfil longitudinal.....	49
Figura 18 Interfaz de introducción de los datos para el modelamiento estructural.	49
Figura 19 Modelamiento en 3D de un talud (mallado a 3.23 metros)	50
Figura 20 Interfaz de cálculo con software Plaxis.	50
Figura 21 Talud sin falla (a) y talud con falla (b).	51
Figura 22 Representación del desplazamiento por una escala a color.	52
Figura 23 Desplazamiento total en 2D del perfil # 3, representado por escalas de colores.....	53
Figura 24 Desplazamiento en dos dimensiones del perfil # 3, presentado por planos deformados.	54
Figura 25 Patologías de falla en el talud.	56
Figura 26 La saturación del suelo.....	56
Figura 27 Resultado del análisis del factor de seguridad y superficie de falla con el software GeoSlope.....	57
Figura 28 sección de desplazamiento mediante el software Plaxis.....	57
Figura 29 Deslizamientos totales en la dirección del eje x.....	67
Figura 30 Deslizamientos totales en la dirección del eje z.....	67



Figura 31 Deformaciones unitarias cortantes totales.	68
Figura 32 Deformaciones unitarias cortantes incrementales.	68
Figura 33 Deformaciones unitarias normales totales (perfil 3).	68
Figura 34 Deformaciones unitarias cortantes verticales totales (perfil 3).	69
Figura 35 Deformaciones unitarias cortantes horizontales totales (perfil 3).	69
Figura 36 Stress principales totales.	69
Figura 37 Stress principales efectivas.	70
Figura 38 Stress normales efectivas (perfil 3).	70
Figura 39 Stress normales totales (perfil 3).	70
Figura 40 Stress de corte verticales (perfil 3).	71
Figura 41 Stress de corte horizontales (perfil 3).	71
Figura 42 Talud simulación mediante un único perfil logitudinal (perfil # 2)	72
Figura 43 Talud simulación según los tres perfiles extraídos en la zona de estudio.	73
Figura 44 Malla deformada de la sección 1.	73
Figura 45 Deslizamientos totales de la sección 1.	74
Figura 46 Deslizamientos en la dirección del eje x de la sección 1.	74
Figura 47 Deslizamientos en la dirección del eje z de la sección 1.	74
Figura 48 Deslizamientos en la dirección del eje y de la sección 1.	75
Figura 49 Stress principales totales de la sección 1.	75
Figura 50 Stress principales efectivas de la sección 1.	75
Figura 51 Stress de corte verticales de la sección 1.	76
Figura 52 Stress de corte horizontales de la sección 1.	76
Figura 53 Malla deformada de la sección 2.	76
Figura 54 Deslizamientos totales de la sección 2.	77



Figura 55 Deslizamientos en la dirección del eje x de la sección 2.	77
Figura 56 Deslizamientos en la dirección del eje z de la sección 2.	77
Figura 57 Deslizamientos en la dirección del eje y de la sección 2.	78
Figura 58 Stress principales totales de la sección 2.	78
Figura 59 Stress principales efectivas de la sección 2.	78
Figura 60 Stress de corte verticales de la sección 2.	79
Figura 61 Stress de corte horizontales de la sección 2.	79



RESUMEN

Esta tesis comienza con un resumen del estado actual de la evaluación de estabilidad de taludes, destacando los métodos más importantes que se han desarrollado durante este tiempo y explicando cuáles son. Luego, se presenta una descripción general de los programas utilizados para modelar movimientos de tierra y analizar su comportamiento.

En este estudio, se seleccionó un software específico para llevar a cabo las investigaciones, y se explican las razones detrás de esta elección, principalmente debido a su capacidad para analizar resultados en 2D. A través del uso de este software, se describe la forma en que se modelaron los taludes, prestando especial atención a cada una de las etapas involucradas en los modelamientos de geometría y materiales. Posteriormente, se presentaron los resultados obtenidos a través de la ejecución del programa, donde se analizan los datos relevantes para el comportamiento de la estructura frente a las condiciones establecidas.

Para poner en práctica lo mencionado anteriormente, se examinó un ejemplo real de un talud que se derrumbó. Se trata del talud "La Jardinera", ubicado al noreste del edificio principal o Centro de Descanso "Kurhotel" en el complejo turístico Topes de Collantes, en la provincia de Sancti Spíritus, Trinidad. Se examinaron los datos proporcionados por el último informe ingeniero-geológico realizado en la zona para analizar el caso de "La Jardinera". Se prestó especial atención a los estudios topográficos y geológicos, y se presentaron las principales conclusiones sobre las causas del colapso de la masa.



Finalmente, se evaluaron los resultados que nos da el software Plaxis y se realiza una comparación con el informe mencionado previamente, y se realizaron valoraciones en base a estas comparaciones.

Se realizaron comparaciones entre los resultados obtenidos por el software Plaxis y el informe ingeniero-geológico para evaluar la precisión de los resultados del programa, ya que se considera que tiene cierta confiabilidad en la evaluación de la estabilidad de taludes. Se obtuvieron conclusiones favorables en base a las comparaciones realizadas entre ambos programas.

Palabras Clave: Factor de seguridad, Estabilidad, Plaxis, Talud.



ABSTRACT

This thesis begins with a summary of the current status of slope stability assessment, highlighting the most important methods that have been developed during this time and explaining what they are. Then, an overview of the programs used to model ground motions and analyze their behavior is presented.

In this study, a specific software was selected to carry out the investigations, and the reasons behind this choice are explained, mainly due to its ability to analyze 2D results. Through the use of this software, the way in which the slopes were modeled is described, paying special attention to each of the stages involved in the geometry and material modeling. Subsequently, the results obtained through the execution of the program are presented, where the relevant data for the behavior of the structure under the established conditions are analyzed.

To put into practice the above mentioned, a real example of a slope that collapsed was examined. It is the slope "La Jardinera", located northeast of the main building or Rest Center "Kurhotel" in the tourist complex Topes de Collantes, in the province of Sancti Spíritus, Trinidad. The data provided by the last engineering-geological report carried out in the area were examined to analyze the case of "La Jardinera". Special attention was paid to topographic and geological studies, and the main conclusions on the causes of the mass collapse were presented.

Finally, the results provided by the Plaxis software were evaluated and a comparison was made with the previously mentioned report, and assessments were made based on these comparisons.



Comparisons were made between the results obtained by the Plaxis software and the engineering-geological report to evaluate the accuracy of the results of the program, since it is considered to have certain reliability in the evaluation of slope stability. Favorable conclusions were obtained based on the comparisons made between both programs.

Keywords: Factor of safety, Stability, Plaxis, Slope.



INTRODUCCIÓN

Los avances modernos de la ingeniería civil en el campo de la ingeniería geotécnica, según el trabajo de los investigadores, han llevado a la creación y actualización de diversos métodos de modelización de fenómenos reales. Esto ha llevado a una mayor aplicación en diseños del mundo real y a una comprensión más completa de los fenómenos y problemas relacionados con la estructura de diferentes materiales. Los avances recientes en la informática aplicada a la ingeniería han dado como resultado soluciones más precisas que se acercan aún más a reproducir con precisión problemas o fenómenos del mundo real. Además, el rápido desarrollo de las tecnologías de descubrimiento y caracterización de suelos y rocas requiere la implementación continua de métodos científicos innovadores.

Para lograr la solución más precisa posible, es necesario desarrollar un método adaptado óptimamente al problema específico, teniendo en cuenta tanto el nivel de precisión deseado como los recursos computacionales disponibles.

Para resolver un problema práctico se deben aplicar varios modelos aproximados, como modelos de carga, modelos de materiales y modelos estructurales y/o de terreno.

Todas estas técnicas se utilizan para analizar el tipo de obra, dando un carácter de simulación a un método científico general. Esto llevó a la popularidad de los programas informáticos profesionales.

Hoy en día, en todo el mundo, los métodos de análisis y diseño estructural pueden resolver casi cualquier estructura, independientemente de su complejidad, en un tiempo razonable, a un costo razonable y con una precisión



alta. Sin embargo, tenga en cuenta que estos métodos no garantizan una seguridad total porque los datos de entrada representan un modelo.

En la modelización se recomienda utilizar el programa Plaxis utilizando métodos numéricos y soluciones computacionales innovadoras para estudiar el comportamiento de los taludes y las consecuencias de las acciones encaminadas a estabilizarlos. La experiencia profesional previa ha demostrado que este programa es altamente efectivo y fácil de usar, adaptándose al tipo de problema que se investiga, el tiempo de ejecución del programa informático y otros factores relevantes. Por lo tanto, su uso en los casos de estudio de este trabajo es apropiado.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática

La inestabilidad de la superficie de los taludes en el suelo se debe a diferentes factores, como la humedad, la meteorización, las fuertes lluvias, entre otros, y está estrechamente relacionada con las propiedades mecánicas de la superficie del talud. Para analizar estos fenómenos, se suelen utilizar métodos ampliamente aceptados como el equilibrio límite, que es esencialmente un método basado en la pendiente desconocida.

Los problemas relacionados con la estabilidad de taludes, en forma natural o construidos por el hombre, han sido ampliamente estudiados, en particular en el campo de la ingeniería civil. La mayoría de los esfuerzos se han enfocado en realizar un análisis de estabilidad en un tiempo largo como en corto, considerando diferentes tipos de roturas, como roturas globales que afectan al talud como los deslizamientos superficiales entre otro.

Los deslizamientos son considerados como procesos geológicos más perjudiciales para la población, ya que pueden provocar un gran número de víctimas mortales y daños materiales que ascienden a miles de millones de dólares cada año, tal como se indica en el estudio de Brabb-1999. No obstante,



a pesar de su magnitud, son muy pocas las personas que tienen una conciencia plena de la importancia de estos eventos.

En la actualidad, debido a la gran cantidad de construcciones lineales como carreteras, autopistas, ferrocarriles, entre otros, es necesario modificar continuamente la superficie del suelo, siendo comunes en obras, como la construcción de terraplenes y excavaciones de desmontes. En ambas situaciones se crea una superficie de manera artificial, la cual estará expuesta a diferentes agentes externos.

Sin embargo, debido al gran avance en los análisis numéricos, se considera importante explorar esta posibilidad para abordar. Este es un tema que llama la atención para realizar investigaciones en la actualidad.

En la investigación, se define la inestabilidad superficial de taludes como un comportamiento físico-mecánico de las propiedades resistentes del suelo. El propósito principal es emplear ecuaciones matemáticas del suelo, mediante el empleo de elementos finitos y utilizarla para poder evaluar un análisis de la inestabilidad de talud que es causada por diferentes aspectos.

1.2. Formulación del planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo modelar matemáticamente la degradación (¿progresiva?) de los suelos por efectos del intemperismo y humedecimiento progresivo para analizar la estabilidad de los taludes más críticos de la región alto andina del Perú, aplicando la teoría de Mohr-Coulomb para suelos con comportamiento elasto-plástico utilizando el método de los elementos finitos?
-



1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia en la estabilidad de taludes el comportamiento tensión-deformación de los suelos degradados?
- ¿Cuáles son los estudios de estabilidad de taludes para establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo?
- ¿Qué tipo de elementos finitos se utilizarán?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación técnica

Los estudios sobre la estabilidad superficial de taludes se han basado en métodos de equilibrio límite, y rara vez se han encontrado análisis numéricos relacionados con este tema en la literatura disponible. Sin embargo, en el ámbito específico de taludes en suelos, que es el enfoque de esta tesis, pueden surgir problemas de inestabilidad en zonas superficiales del talud, aunque el diseño para garantizar un coeficiente de seguridad adecuado haya sido correcto. Estas inestabilidades superficiales pueden ser causadas por varios factores, se lleva a cabo mediante diversos sistemas, que pueden ir desde la revegetación hasta sistemas anclados flexibles en el talud. El tema de la inestabilidad superficial:

- 1 Fenómenos de degradación del terreno
- 2 Análisis de la estabilidad superficial

El avance de los análisis numéricos ha generado interés en la posibilidad de aplicarlos a la inestabilidad superficial de taludes en suelos degradables. La investigación aborda esta inestabilidad, para lo cual se plantea una formulación y se implementa en un software de elementos finitos. El propósito de esta investigación es analizar el comportamiento de este tipo de inestabilidades



superficiales de taludes debidas a la degradación del terreno mediante el análisis numérico, La investigación aborda tanto las características y comportamiento mecánico del material como su interacción con el suelo, y busca dar respuesta a preguntas como:

- 1 Comportamiento y características mecánicas de los suelos degradables.
- 2 Cómo es la interacción entre el talud y sus estados de esfuerzo y deformaciones.
- 3 Realizar un análisis numérico en la degradación superficial del talud.

1.3.2. Justificación metodológica

Metodología experimental: Ensayos "in situ" de zona de estudio y en Laboratorio para determinar el tipo de suelos con degradación y según esto tomar las alternativas más adecuadas de corrección.

Metodología Analítica: Aplicación de distintas formas de estabilidad de taludes del suelo con degradación efectuando el uso los métodos de equilibrio limite, así como los métodos del elemento finito, luego efectuando las comparaciones debidas teniéndose en cuenta que el análisis por método numéricos se conoce el estado de esfuerzos y deformaciones de los suelos en cualquier punto.

El uso de Software de cálculo como herramientas para la solución de los modelos constitutivos planteados.

1.3.3. Justificación económica

La degradación de los suelos en las zonas de estudio tiene consecuencias negativas tanto en el medio ambiente natural como en las zonas declaradas



como de riesgo, y es especialmente preocupante debido a la alta densidad de población que habita en la zona.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- El objetivo general es plantear un Modelo matemático consistente en simular la degradación (¿progresiva?) de los suelos por efectos del intemperismo y humedecimiento progresivo para aplicar al análisis de la estabilidad de los taludes más críticos de la región alto andina del Perú, aplicando la teoría de Mohr-Coulomb para suelos con comportamiento elasto-plástico y la solución del modelo matemático del método de los elementos finitos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer los Modelos matemáticos que permiten realizar analizar el problema de inestabilidad superficial de taludes en suelos, como una degradación de las propiedades resistentes del suelo.
- Estimar la formulación de la degradación del terreno, en la implementación de un modelo matemático y su empleo del método del elemento finito.
- Explicitar la efectividad los sistemas de prevención para evitar deslizamientos superficiales, y superar el efecto de la degradación.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- Los modelos matemáticos en la simulación de la degradación de los suelos por efectos del intemperismo y humedecimiento progresivo para analizar la estabilidad de los taludes más críticos de la región alto andina del Perú,



aplicando la teoría de Mohr-Coulomb para suelos con comportamiento elasto-plástico y el método de los elementos finitos nos proporcionan la efectividad de los análisis numéricos y nos permiten determinar la inestabilidad superficial de taludes en suelos en degradación de las propiedades resistentes del suelo.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La potencialidad Los modelos matemáticos en el análisis de estabilidad de taludes con degradación en los suelos nos proporcionan la efectividad de los análisis numéricos a determinar la inestabilidad superficial de taludes en suelos en la degradación de las propiedades resistentes del suelo.
- Las propiedades Los programas de elementos finitos nos permite realizar un adecuado planteamiento de la degradación del terreno.
- Los procedimientos: Las características físico-mecánicas y el comportamiento conjunto del suelo se determinarán sometiendo un grupo de células elementales del interior del talud a análisis tensión-deformación.

1.6. Variables e indicadores

Variable independiente

- X = Factor de Seguridad a la falla.

Indicadores

- Resistencia al corte de los suelos.

Variable dependiente

- Y = Sistemas de Refuerzo
- Y_1 = Altura del Talud



- Y2 = Corona del Talud
- Y3 = Nivel Freático del Agua
- Y4 = Peso de los estratos de los suelos
- Y5 = Tipo de suelos

Indicadores

- Geometría de las características del talud en estudio, con los suelos degradados, Nivel freático y Otros.

Variable interviniente

- Z1= Angulo de fricción interna
- Z2= Cohesión.
- Z3= Permeabilidad Horizontal, Permeabilidad Vertical
- Z4= Modulo de Young
- Z5= Relación de Poisson

Indicadores

- Características físico mecánico de los suelos.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes Locales

Fredy alonso, Valeriano Nina (2015). "caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del cerro espinal Juliaca". Dentro de su resumen y conclusiones manifiesta lo siguiente.

Resumen.

Este estudio tiene como objetivo investigar cuestiones relativas a la estabilidad de las laderas rocosas. Para lograr este objetivo se han acometido dos áreas esenciales de investigación: la caracterización geotécnica y la identificación de modos de falla en un talud de roca que están influenciados por sus componentes estructurales. El método de estudio incluye trabajo de campo, análisis de laboratorio y actividades de oficina. Se llevaron a cabo múltiples tareas durante la actividad de campo, incluido el mapeo geológico, la clasificación del macizo rocoso utilizando ventanas y la recolección de muestras para pruebas de laboratorio. Posteriormente, los datos adquiridos se sometieron a un procesamiento riguroso y a un examen meticuloso. La evaluación geotécnica del talud de Cerro Espinal arrojó los siguientes resultados: un valor



RQD de 73.93, un valor RMR de 58.5 y un valor GSI de 53.5. Las características geológicas del talud indican que la composición rocosa predominante son Fonolitas del grupo Mitú. Las discontinuidades son formaciones geológicas prominentes que se han clasificado en tres clasificaciones primarias y una clasificación arbitraria según su alineación. Normalmente, los intervalos entre las interrupciones son de tamaño moderado y su duración media. La entrada de las estructuras tiene una variación notable, caracterizada por texturas onduladas y bastante toscas. La meteorización ha sido catalogada como moderada y existe una limitación sustancial en el suministro de agua. El talud muestra distintas bandas de material de relleno en sus puntos de discontinuidad. Sin embargo, el ángulo de fricción promedio es de $56,23^\circ$, lo que indica un nivel muy alto de estabilidad. El granito tiene una resistencia a la compresión simple promedio de 65,43 MPa y un índice de carga puntual de 2,90 MPa, lo que indica un nivel de resistencia de moderado a alto. La pendiente de Cerro Espinal se sometió a un análisis utilizando tecnología de proyección estereográfica para identificar los principales factores que contribuyeron a su colapso. Los resultados revelaron que la mayoría de las estructuras en pendiente eran susceptibles a varios tipos de fallas por vuelco. Las fallas se pueden clasificar como falla por vuelco directo (2,81%), falla por vuelco oblicuo (31,49%) y falla por vuelco por flexión (5,98%). Estos hallazgos se alinean con las características estructurales específicas reportadas en la pendiente en cuestión.

Se realizó un estudio para evaluar la estabilidad del modo de falla por vuelco utilizando el enfoque de equilibrio límite. La investigación incluyó situaciones tanto estáticas como pseudoestáticas. Los hallazgos indican que el factor de seguridad para circunstancias estáticas es 1,199, mientras que para



entornos pseudoestáticos es 1,084. A pesar de las continuas y considerables fluctuaciones de la pendiente hacia la base, estos valores se consideran dentro de umbrales de seguridad aceptables.

Conclusiones.

El Cerro Espinal tiene características notables de su pendiente. Las rocas en la ladera de la montaña son de fonolita, de color rojo, moderadamente erosionadas. La discontinuidad es la característica estructural más importante de las pendientes y tiene tres familias principales y una familia escasa. La distancia entre las estructuras varía de 20 a 60 cm, y su presencia se mantiene en el rango de 3 a 10 metros, El ancho de las discontinuidades varía mucho entre familias y la superficie es irregular y ligeramente rugosa. La meteorización de estas grietas es de segundo grado, con muy poca agua en ellas. Los huecos se rellenan con material blando y en algunos casos no se rellenan. La resistencia del borde de fractura tiene un valor promedio de 70,75 MPa con un ángulo de fricción base promedio de 56,23°. La densidad media del material es de 2,52 kg/cm². El laboratorio midió la resistencia a la compresión de la roca común y corriente en 65,43 MPa y un índice de carga puntual de 2,9 MPa, lo que indica que esta roca tiene una resistencia aceptable o buena. Los valores obtenidos para la clasificación geotécnica son: RQD medio 73,92, RMR medio 58,5 y GSI medio 53,50, todos indicando buena calidad de roca. Se han identificado varios tipos de falla estructural dependiendo de varios factores, tales como la dirección, elevación, inclinación y orientación del talud, así como del ángulo de fricción principal de las discontinuidades existentes. Las probabilidades de porcentaje de error se usan para evaluar diferentes modos de falla, y se ha determinado que el



modo de falla probablemente se deba a estructuras favorables en lugar de vuelcos en diferentes variantes.

Después de estimar el porcentaje de probabilidad de falla para diferentes modos de volteo, se encontraron los siguientes valores: 2,81 % para error de volteo directo, 31,49 % para error de volteo inclinado y 5,98 % para error de volteo. Estos resultados reflejan las estructuras encontradas en los flancos del Cerro Espinal. Después de determinar el modo de error de inclinación, se realizó un análisis de estabilidad utilizando el método de eculización de límites utilizando el software RocTopple. Los resultados muestran que el factor de seguridad es 1,199 para la condición estática y 1,084 para la condición pseudoestática. Esto sugiere que la pendiente es estable, pero debido a su proximidad a la unidad, los valores no reflejan una situación completamente estable. De hecho, esto se confirma por el declive continuo de grandes bloques desde la parte superior del talud hasta el fondo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Roberto Jesús Cier Honores (2015). procedimientos de interpolación en el cálculo de asentamientos sobre suelos granulares usando el método de schmertmann. Dentro del resumen y conclusiones manifiesta la siguiente:

Resumen.

El método de Shmertman es ampliamente conocido para calcular el asentamiento en suelos sueltos. Este método utiliza el gráfico del factor de influencia de la deformación para estimar el valor de asentamiento. El gráfico anterior muestra la variación de la deformación unitaria en función de la carga que actúa sobre el suelo en profundidad. El esquema tiene dos configuraciones: una para pies cuadrados y otra para pies separados. Para obtener el



asentamiento en la cimentación, los picos del gráfico y la profundidad de influencia se interpolan linealmente.

La tesis se enfoca en probar la precisión de la interpolación lineal propuesta por Schmertmann en el método de cálculo de asentamiento en suelo granular para cimentaciones rectangulares, encontrando que este método no es exacto.

Se han realizado estudios donde se realiza el cálculo manual de asentamientos mediante el método de Schmertmann y diversas modificaciones propuestas por diferentes autores, de los cuales se analizaron 17 casos de cimentación rectangular de ancho cero, se analizó un cambio de 2.4 m, colocado sobre una capa uniforme de arena y polvo. Los parámetros son consistentes con el software Plaxis 2D Foundation y el modelo constitutivo de Hardening Soil. Estos valores de asentamiento se comparan con los obtenidos por métodos de cálculo utilizando el mismo software y modelo estructural mencionado, bajo una carga constante de 200 kN/m².

Además, se investigó la variación de una sola cepa trazando los factores influyentes propuestos por Schmertmann.

Los resultados del método de cálculo muestran un cambio no lineal en el asentamiento, contrario a lo propuesto por Schmertmann.

Conclusiones.

Este problema en particular se utilizó como ejemplo para demostrar la utilidad de las modernas herramientas informáticas geosintéticas.

Los resultados muestran que la hipótesis de la interpolación lineal para calcular el asentamiento en una cimentación rectangular reduce la precisión del método de Shmertman. Sin embargo, se ha encontrado que para el rango de



cimentación más común ($1 \leq L/B \leq 2$), el uso de esta técnica sin modificación es aceptable debido a la pequeña dispersión de los valores de asentamiento.

Resulta que para los casos en el que ($2 \leq L/B \leq 10$), no se recomienda el uso de un procedimiento de interpolación lineal debido a la diferencia detectada en los resultados asociados al cálculo. En cambio, dado que los resultados obtenidos con Plaxis 2D Foundation describen una curva logarítmica, utilizando el procedimiento desarrollado por K. Terzaghi, R. Peck y G. Mesri, con un factor de corrección de 0,8. Esta recomendación se basa en el hecho de que los valores calculados del procedimiento particular resultan ser los más cercanos a los valores del análisis calculado. La investigación realizada muestra que la forma de gráfico del coeficiente de influencia de la deformación propuesta por Shmertmann es válida para el problema en consideración. Sin embargo, los valores máximos del histograma y su cambio con el cambio de la relación L/B son diferentes de los valores obtenidos en este estudio.

Se llega a la conclusión que el desajuste de los picos del histograma del factor de influencia de la deformación para diferentes relaciones L/B implica la posibilidad de construir un gráfico simplificado más general. Cabe señalar que este estudio solo se enfoca en el caso de carga constante 200 kN/m², por lo que el valor máximo de la curva I_z depende de la magnitud de la carga aplicada.

De la investigación realizada, se llega a la conclusión que el manejo de software ayudara a evaluar el asentamiento del suelo es confiable si se cuenta con un modelo de composición del suelo que ha sido verificado con precisión por las pruebas en el laboratorio anterior, como fue el caso del modelo de suelo endurecido.

El texto dice que es importante considerar que los resultados del estudio se refieren únicamente al caso específico bajo consideración y no pretenden sacar generalizaciones de los resultados. Por tanto, a partir de los datos obtenidos, surgen una serie de interrogantes e ideas que pueden ser objeto de futuras investigaciones, las cuales se enumeran a continuación:

- Una propuesta de investigación adicional podría ser realizar un análisis de sedimentos, teniendo en cuenta el perfil de suelo que comúnmente se encuentra en nuestro país.
- Se propone investigar el impacto de la presencia del nivel freático en los cálculos de asentamiento en suelos sueltos.
- Análisis del asentamiento de zapatas en caso múltiples.
- Efecto de la rugosidad en la interacción entre el suelo y la estructura y su efecto en la cantidad de asentamiento.
- La influencia de los factores de corrección sobre el asentamiento y la fluencia en el cálculo del asentamiento mediante el método de Shmertman.

2.1.3. Antecedentes Internacionales

Reinier Azorin Cruz (2014). Análisis de Estabilidad de Taludes mediante técnicas de modelación numérica en 2D utilizando Plaxis 2D Foundation. Dentro de su resumen y conclusiones manifiesta lo siguiente:

Resumen.

Esta tesis comienza con una descripción general del conocimiento actual sobre el análisis de estabilidad de taludes, destacando las técnicas más importantes que se han desarrollado a través del transcurso del tiempo y sus consecuencias. A continuación, se muestra una descripción general de los



programas de computadora utilizados para modelar movimientos de tierra y analizar su comportamiento.

Este artículo examina la situación moderna en el análisis de estabilidad de taludes, centrándose en los métodos más relevantes desarrollados a lo largo del tiempo. También se presenta una descripción general de los programas de simulación de estructuras terrestres utilizados para analizar su comportamiento. El software escogido para llevar a cabo la investigación en este trabajo, explica las razones de la elección, principalmente por su capacidad de analizar resultados 2D. El programa describe el proceso de simulación de taludes, con especial énfasis en cada fase del simulación de geometría y materiales. Se presentan los resultados del programa en ejecución mostrando los datos obtenidos sobre el comportamiento de la estructura bajo ciertas condiciones.

Para lograr lo anterior, se consideró un ejemplo práctico de talud colapsado, a saber, el caso de un talud conocido como "La Jardinera", ubicado al noreste de la Casa de Campo o Centro Turístico "Kurhotel" en el complejo turístico Topes de Collantes, en la provincia de Sancti Spíritus, Trinidad. Se han analizado los datos del último estudio geológico y de ingeniería realizado en esta zona, prestando especial atención a los estudios geológicos y topográficos, las conclusiones sobre las principales causas que conducen a este problema al colapso del bloque de talud.

Finalmente, se realizaron evaluaciones para comparar los resultados de Plaxis con los resultados del mencionado informe con el fin de analizar las similitudes y diferencias entre ellos y sacar conclusiones.



Dado que Plaxis se consideró confiable en este tipo de análisis, se evaluaron los resultados de ambas herramientas y se llegó a una conclusión positiva.

Conclusiones.

Este capítulo presenta datos de Las Jardinras, ubicados en Collantes, en general. Estos datos le permiten simular y analizar el área, lo que le permite comparar las conclusiones del Informe de Ingeniería ENIA con resultados de análisis 2D realizados por el programa PLAXIS. Resulta que ambas convergen en la zona de falla, que es la cresta empinada, donde presenta diferente longitud y profundidad en la falla que presenta.

En ausencia de evidencia para respaldar los resultados de Plaxis, se realizó una comparación de las regiones de falla utilizando Plaxis y GeoSlope 2007. Esto se hizo para evaluar las similitudes entre las regiones de falla. Afortunadamente, los resultados mostraron un ajuste perfecto entre las dos zonas de falla.

En general, el software Plaxis puede ser un implemento valioso para el análisis de estabilidad de taludes gracias a sus capacidades 3D, lo que facilita la selección de áreas críticas y óptimas para la evaluación de la estabilidad del precio del suelo.

Con el inicio de la investigación de la estabilidad de taludes en 1776, se introdujeron modificaciones que aumentaron la precisión de los resultados teóricos y los acercaron a los fenómenos que ocurren en la práctica. Después de que Coulomb introdujera el deslizamiento plano, se desarrollaron nuevos métodos, como el método de la dovela, que ahora es el más utilizado.

El software Plaxis es una herramienta práctica para modelar estructuras terrestres y analizar su comportamiento. El proceso de ingreso de datos es simple y los resultados se muestran claramente con varios métodos de exportación que son fáciles de interpretar.

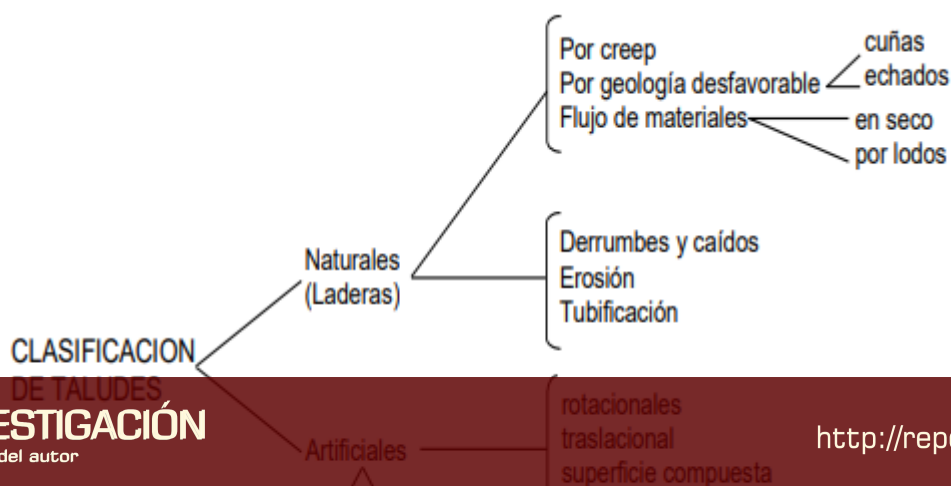
Al analizar el caso de "Las Jardineras", se observa que la destrucción estructural se debe principalmente a la insuficiente compactación de las capas que conforman el talud, lo que se ve agravado por la tormentosa masa de suelo de fuerte armonía. debido a la interrupción del suministro de agua.

Las condiciones enumeradas en el modelo Plaxis se utilizaron para simular el comportamiento de la masa de suelo en el área de estudio, lo que permitió determinar el error observado en el área.

Aunque los resultados obtenidos por Plaxis no coinciden completamente con el informe geotécnico de ENIA sobre el colapso de la estructura, los datos proporcionados les dan mucha confianza.

2.2. Marco teórico

Para poder evaluar el propósito planteado, se concluye en marco Teórico Conceptual con los temas que resuelvan el planteamiento del Problema, con la teoría respectiva, para lo cual tomaremos en cuenta como básico la clasificación de los taludes en el cuadro sinóptico siguiente:





2.2.1. Estudios paramétrico.

En este capítulo, examinamos los efectos de varios factores como la altura de la pendiente, los terremotos y el peso sobre la estabilidad de la pendiente. Para realizar estos análisis se utilizaron dos programas informáticos: "PLAXIS".

2.2.2. Estudios previos-Información Básica.

La información básica es muy importante pues el uso de instrumentación para poder realizar los trabajos de campo, el cual define la sección en estudio, por otro lado, los temas de información básica son Topografía, Geología, Mecánica de suelos (Geotecnia), Hidrológica superficial y Clima, Hidrológica Subterránea, Sismicidad, Vegetación, intervención antrópica, de los cuales una vez ordenado se determinará:

2.2.3. Investigaciones preliminares.

Este sistema Mapas geológicos, Topográficas, Mapas de suelos, Información Geológica, Estudios anteriores.

Mecánica de suelos

Los ensayos convencionales para determinar los parámetros tales como: Resistencia al cortante, Comprensibilidad, permeabilidad, expansividad, erosionabilidad.

2.2.4. Descripción de Software de Aplicación.

Software "PLAXIS"

El factor de seguridad se suele definir como la relación entre la carga de rotura y la carga de trabajo. Esta definición es aplicable a estructuras de cimentación, pero no a tablestacas y terraplenes. En estos casos es mejor utilizar la definición de mecánica de suelos, que define el factor de seguridad como la relación entre el esfuerzo cortante actual y el esfuerzo cortante mínimo requerido para el equilibrio. PLAXIS puede calcular este factor de seguridad utilizando el procedimiento para reducir el coeficiente de fricción interna.

PLAXIS proporciona herramientas gráficas que le permiten visualizar los resultados obtenidos en los cálculos realizados. Se puede obtener información precisa sobre Deslizamientos estructurales, Stress y fuerzas en forma tabular. Además, está disponible una herramienta dedicada para generar curvas de carga-desplazamiento, tensión y tensión-deformación. La visualización de las trayectorias de tensión es particularmente útil para comprender el desempeño local del suelo y permite un análisis detallado de los resultados.

2.2.5. Método de Análisis de elemento finito.

Durante muchos años, el método de elementos finitos se empleó para evaluar la respuesta de los sedimentos del suelo a los terremotos (p. ej., Seed e Idriss 1969, Lysmer et al. 1975) y las fuerzas de sustentación (Arnold 1973, Kraft)



y Watkins 1976, Wright y Dunham 1972, Wright 1976). En el primer caso, la elección del tamaño del modelo de elementos finitos y el tipo de contorno utilizado es de gran importancia.

En el análisis factorial final, los límites laterales del modelo se denominan paradas de borde y se basan en la configuración final de un grupo de onda plana. Las cargas son creadas por los cambios de presión de poros utilizados en la forma de carga estática en la parte superior del final del final de los elementos, y se calculan los cambios y esfuerzos apropiados. En otras palabras, el suelo se considera como carga muerta superficial.

Adecuado para la aplicación de capacidad de corte debido a la carga adicional. Esto generalmente se hace utilizando el modelo propuesto por Duncan y Chang en 1970, Se ha utilizado una curva hiperbólica de tensión-deformación, como la propuesta por Duncan y Chang (1970), para modelar las características del suelo bajo carga monótona en el análisis de elementos finitos. Sin embargo, estos modelos elásticos no lineales no son adecuados para el análisis de suelos dañados porque no reflejan adecuadamente la plasticidad del desempeño del suelo en estas regiones. Aunque estos modelos son demasiado complejos para su uso rutinario en los análisis.

El análisis de elementos finitos ofrece varias ventajas, como poder predecir el movimiento del suelo y evaluar la estabilidad general. También es ventajoso sobre otros métodos porque simplemente trata con el comportamiento del suelo heterogéneo o anisótropo.

A pesar de sus ventajas, el método de elementos finitos también tiene algunas dificultades. La preparación de la información requerida requiere mucha



mano de obra y es difícil determinar con precisión los parámetros del suelo correspondientes al nivel de detalle del análisis.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Caracterización fisiográfica de la zona de estudio.

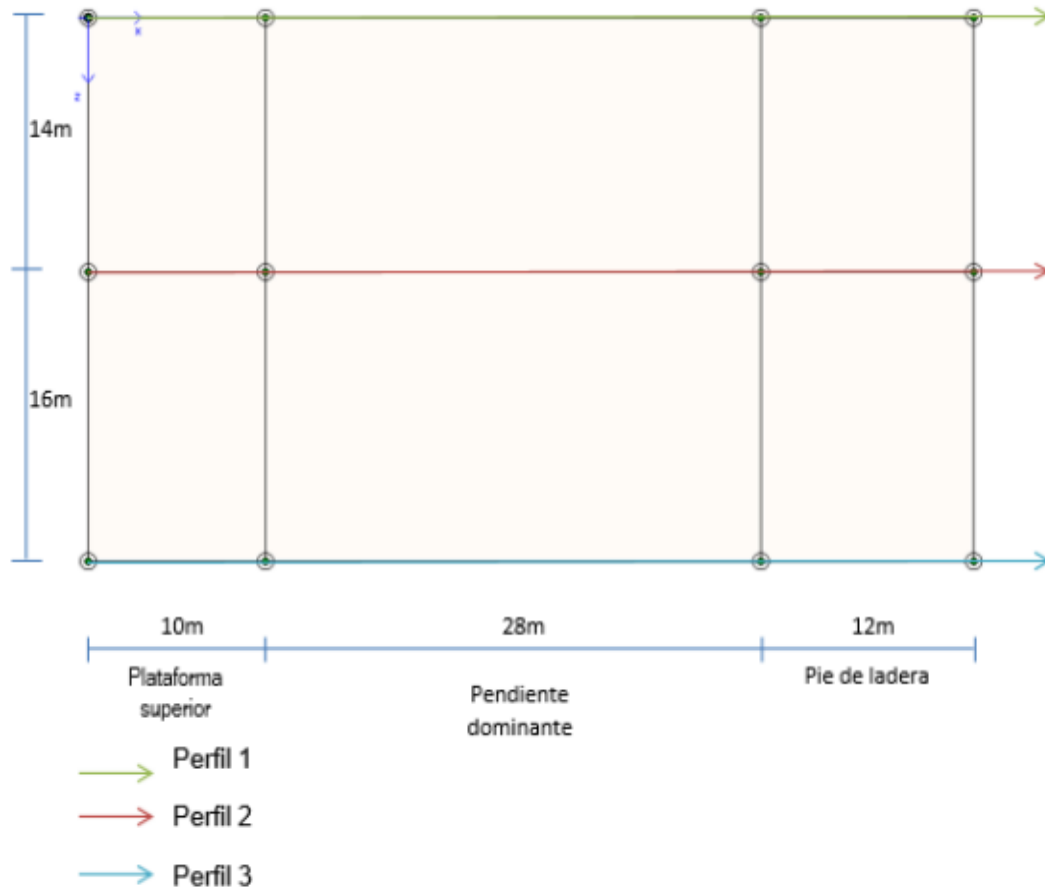
El clima de esta zona de estudio es la zona Alto Andina del Perú la temperatura media oscila entre los -10°C y 20°C en promedio aproximadamente, siendo las precipitaciones pluviales media anual variable: entre 500 mm y 1000 mm., la zona de de Azángaro, se encuentra ubicado al centro por el norte San José, por el sur Arapa por el este Muñani y por el oeste Asilo, el cerro de choquechambi se encuentra al centro de la ciudad de Azángaro.

2.3.2. Modelamiento un talud en 2D con el software Plaxis.

Primero, durante el simulación de taludes considerado, se determinó el límite del área de trabajo. El terreno simulado se perfora a una profundidad máxima de 30 metros, y la forma del talud está definida por tres tramos longitudinales de cuatro taludes cada uno, definiendo la parte superior de la plataforma, el talud principal y la base, esto se puede ver en la siguiente imagen:

Figura 1

Sección del talud en planta.



Después de determinar la forma de la pendiente, la vista aérea revela las diferentes capas que componen el terreno. Las cubiertas inclinadas constan de dos tipos de suelo denominados suelo 1 y suelo 2, sus características se detallan a continuación:

Tabla 1

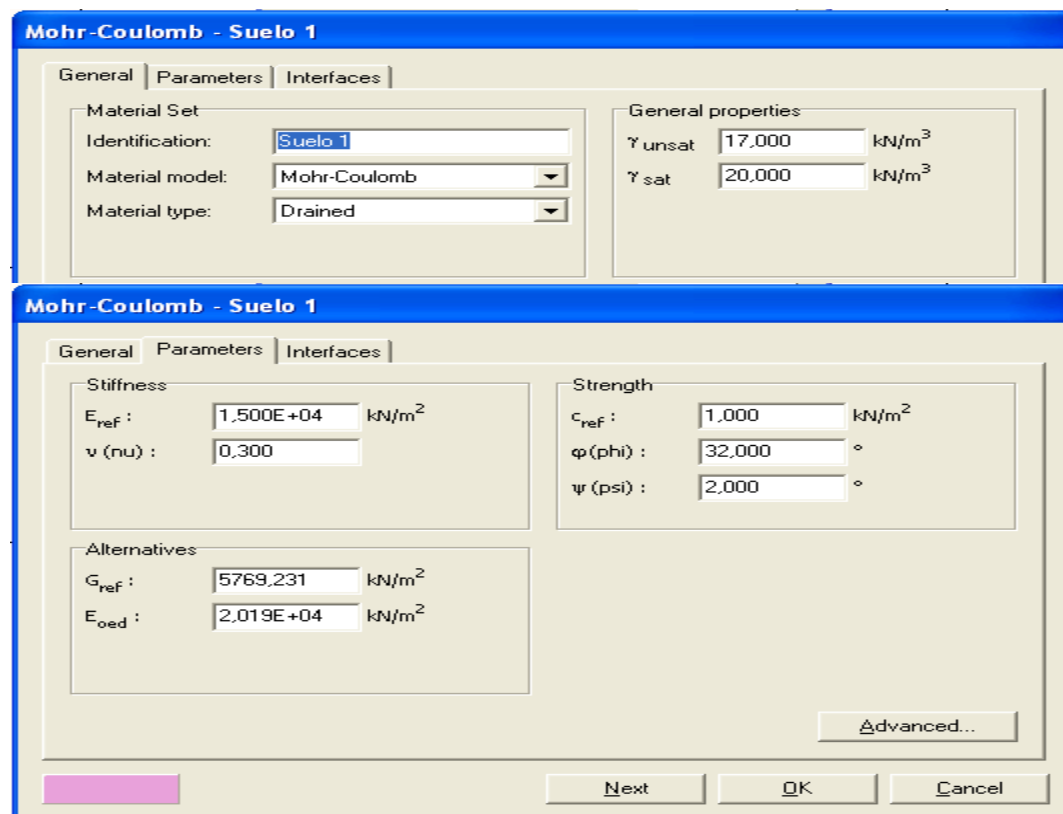
Características de las capas que conforman el talud.

ESTRATO	Y'no sat (kN/m3)	Y' sat (kN/m3)	E (kN/m2)	c(kN/m2)	ϕ (°)	ψ (°)
Suelo 1	17,000.00	20,000.00	15,000,000.00	1,000.00	32,000.00	2,000.00
Suelo 2	17,600.00	20,000.00	19,000,000.00	17,000.00	23,000.00	0.000

Figura 2

La manera en que se pueden ingresar las Atributos físicos-mecánicas

(Suelo1(a) y Suelo2(b)) es a través de una interfaz específica.



(a)

Mohr-Coulomb - Suelo 2

General | Parameters | Interfaces

Material Set
Identification:
Material model:
Material type:

General properties
γ unsat: kN/m³
γ sat: kN/m³

Mohr-Coulomb - Suelo 2

General | Parameters | Interfaces

Stiffness
E_{ref}: kN/m²
ν (nu):

Strength
c_{ref}: kN/m²
φ (phi): °
ψ (psi): °

Alternatives
G_{ref}: kN/m²
E_{oed}: kN/m²

Advanced...

Next OK Cancel

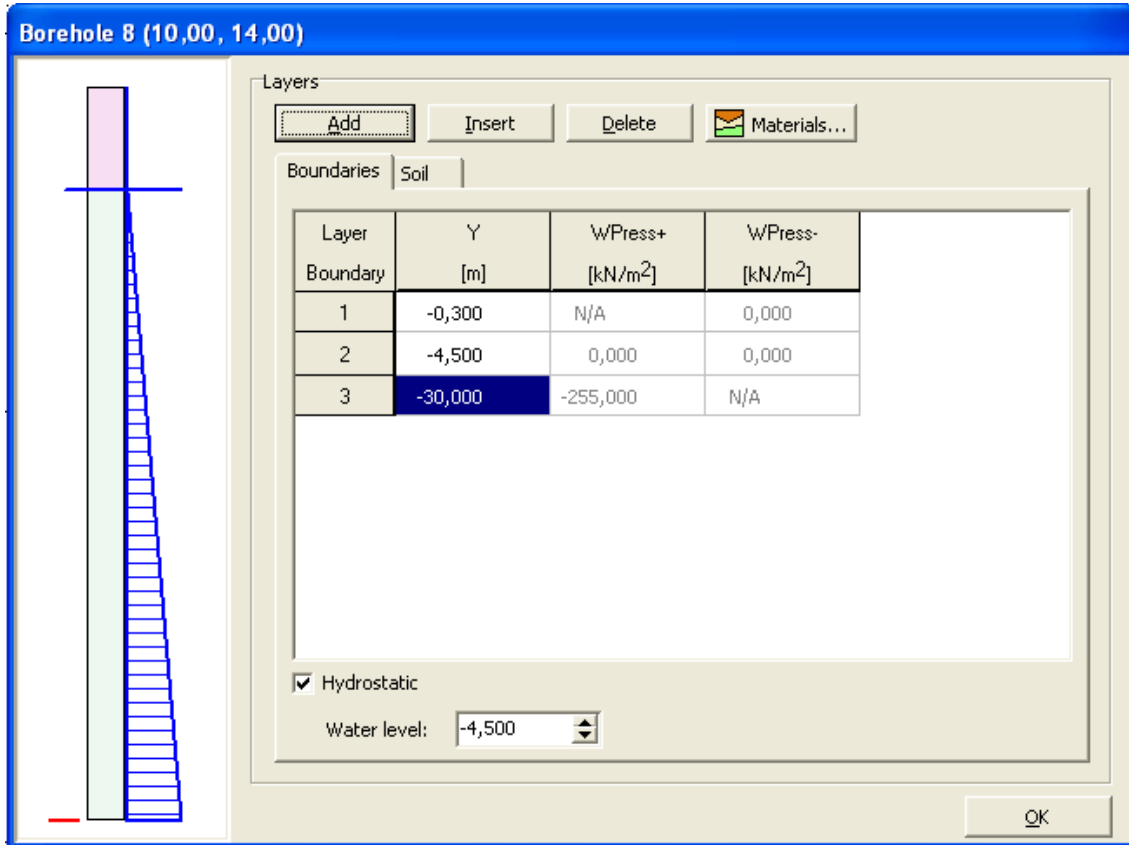
(b)

Una vez establecidas las propiedades del material, se determina en profundidad la geometría del talud, especificando el espesor y las características de cada capa en puntos clave. De esta forma, la pendiente se modela en dos dimensiones. El modelo también tiene en cuenta los niveles de agua subterránea.

Figura

3

Interfaz para ingresar los datos.



2.3.3. Discretización de los modelos de prueba y costo

Para determinar el tamaño promedio de la malla con la que se trabajó, se llevó a cabo un análisis mediante diferentes opciones de mallado, que variaron adecuadamente entre 1 y 10 metros.

Tabla 2

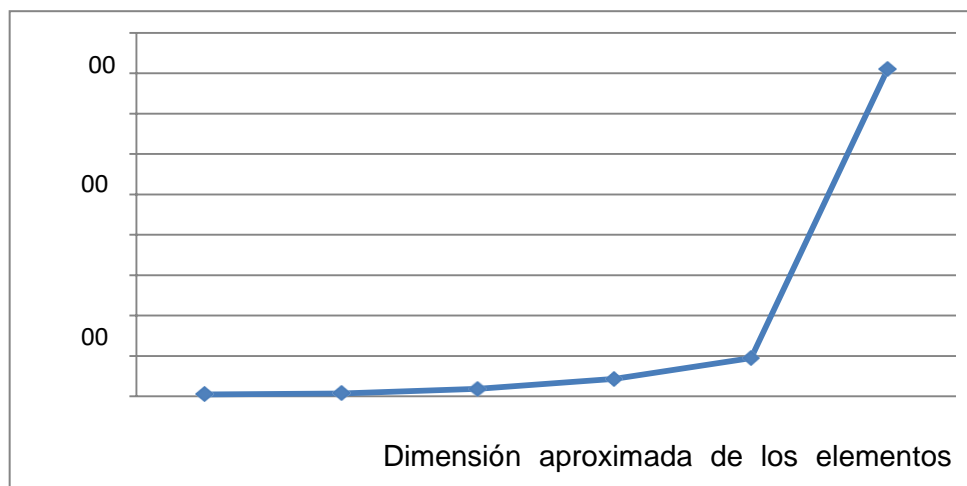
Los resultados obtenidos de las simulaciones variando las dimensiones de la malla.

Discretización de los elementos (m)	Cantidad de elementos (u)	Cantidad de nodos (u)	Tiempos de corrida (seg)	Desplazamiento total (m)
9.93	458	141	5.15	0.365
6.59	1021	3132	7.13	0.285
4.39	2341	6896	18.62	0.274
3.25	4314	12385	43.21	0.441
2.22	8814	24974	94.1	0.222
1.09	39067	107014	810.12	0.433

Los gráficos a continuación muestran el comportamiento de Plaxis en el análisis de gradiente con diferencias en los tamaños de malla aproximados utilizados en la simulación.

Figura 4

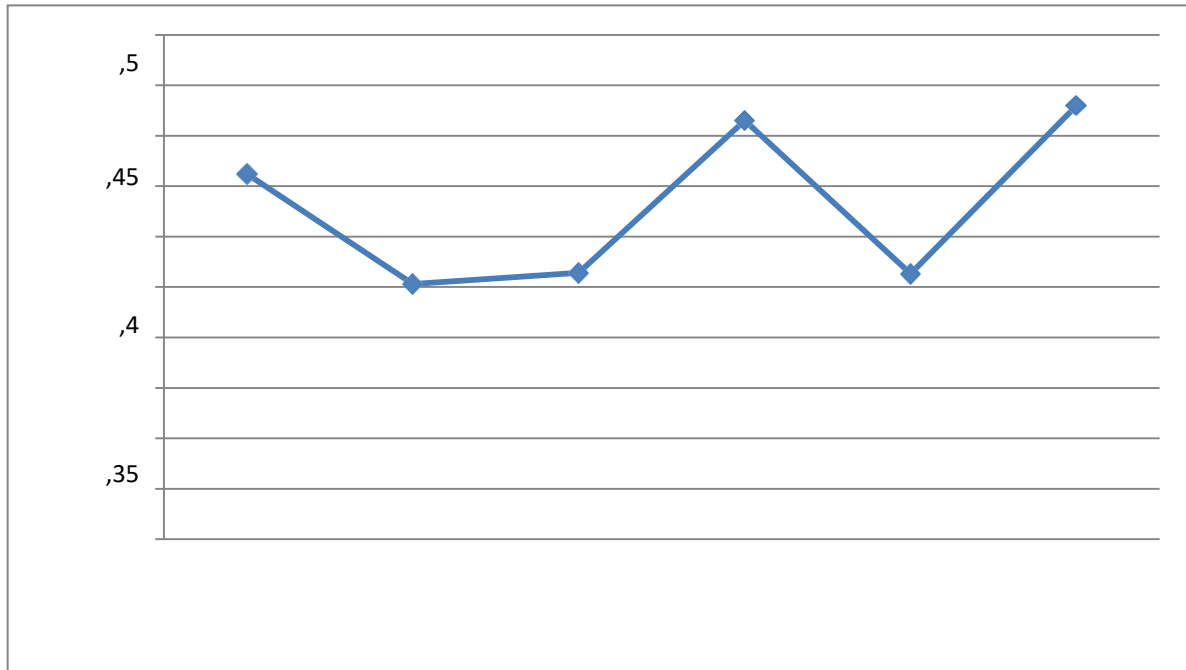
La comparación entre las dimensiones aproximadas de los elementos y el tiempo de corrida.



Como puede ver en el gráfico, el único tamaño de malla que puede dificultar el análisis en términos de tiempo de ejecución es de 1,07 metros, que tarda 13,5 minutos en completarse. Todos los demás valores se consideran suficientes para el trabajo.

Figura 5

La comparación entre las dimensiones aproximadas de los elementos



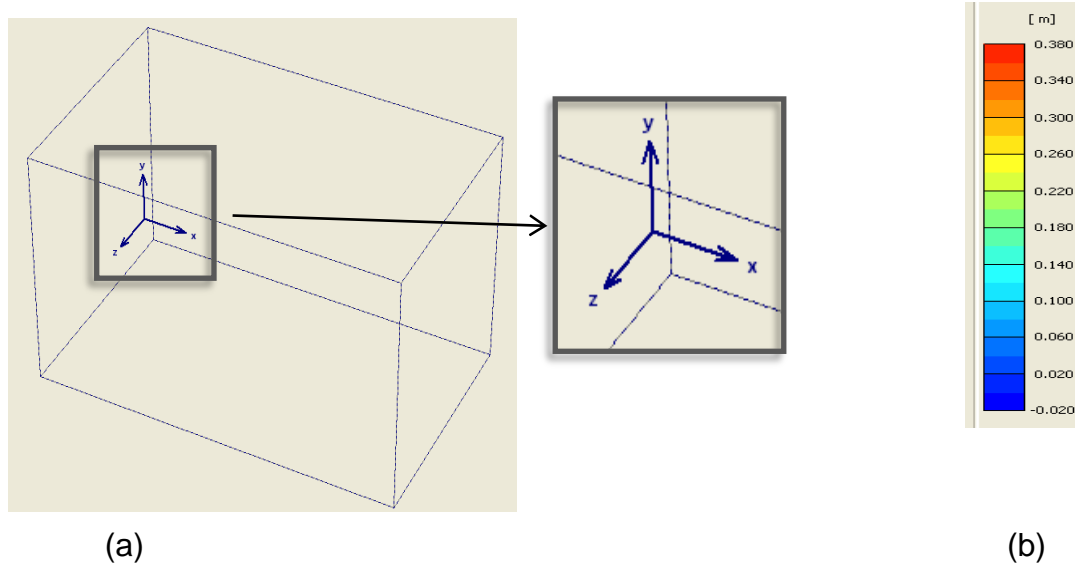
Por motivos de seguridad, en el diseño y/o mejora de las estructuras analizadas se han elegido mallas aproximadas de forma que, dentro de los valores considerados "posibles" en cuanto a tiempo de ejecución, dé el valor máximo del desplazamiento total y máximo, porque esa es la situación más desfavorable. El tamaño de la pieza es de unos 3,23 mm.

2.3.4. Evaluación de resultados de la modelación.

Para facilitar el entendimiento de los resultados obtenidos, es necesario definir la nomenclatura utilizada para derivar los cálculos del software. Por ejemplo, los ejes de coordenadas y las leyendas basadas en escalas de colores lo ayudan a comprender la magnitud, la dirección y la importancia de los parámetros que está analizando. En estas vistas, los valores más altos se muestran en rojo y los más bajos en azul.

Figura 6

Eje coordenadas de la modelación (a) y escala de colores (b).

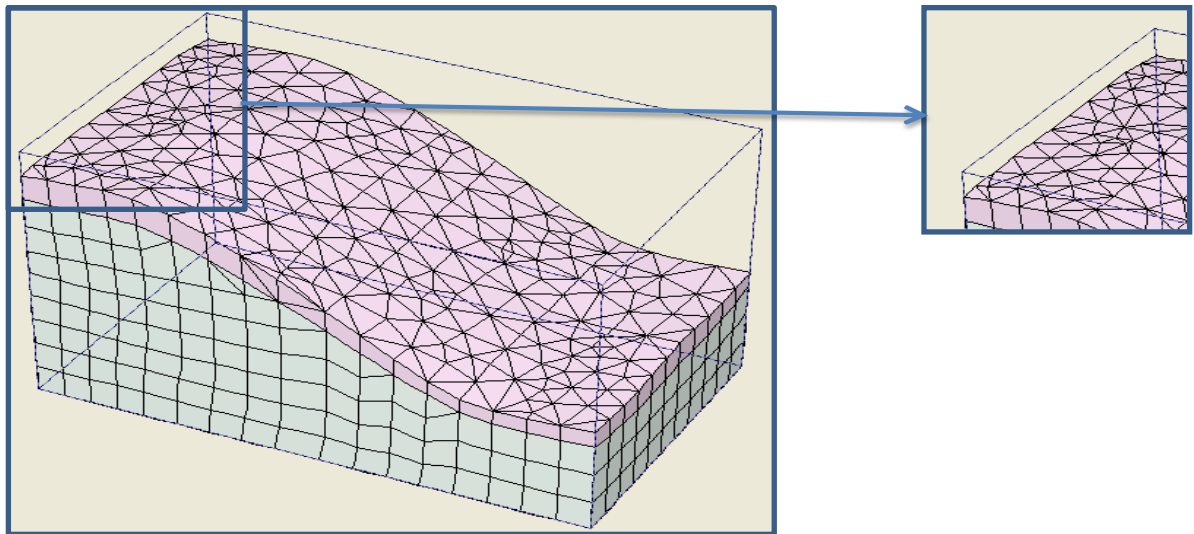
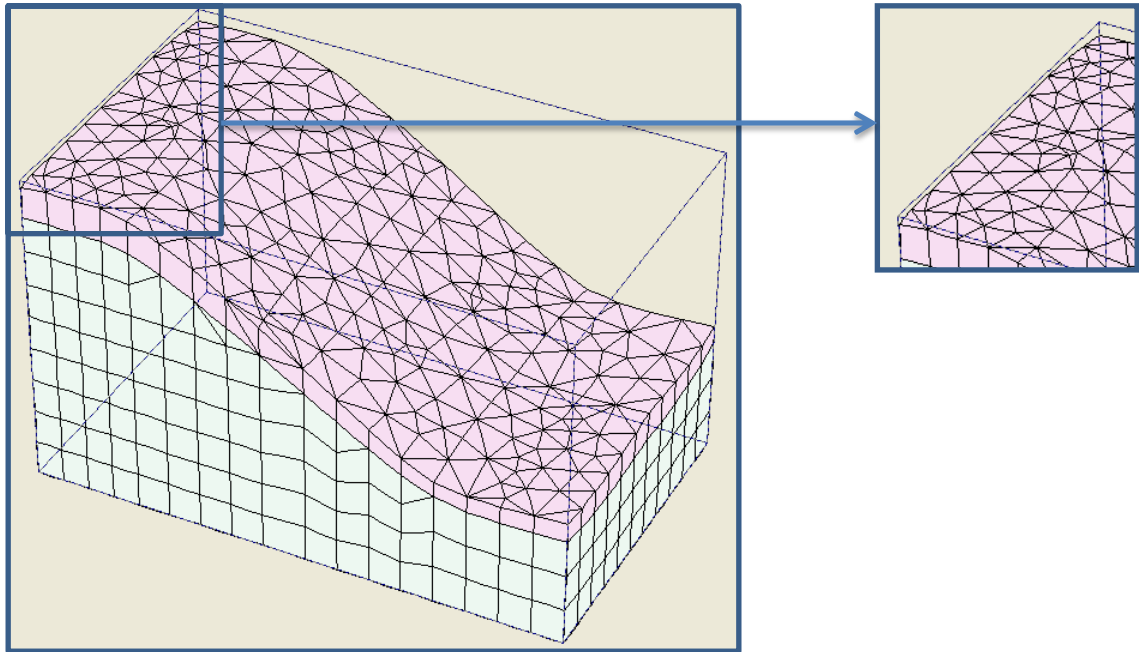


Plaxis proporciona resultados del cálculo que se realizó durante el procesamiento con figuras y tablas representativas. Tomando como referencia estas liberaciones, se analiza el comportamiento del talud después de la simulación considerando únicamente su propio peso.

En primer lugar, a continuación, se muestran las figuras que muestran las condiciones de pendiente inicial y final en la condición de compensación.

Figura 7

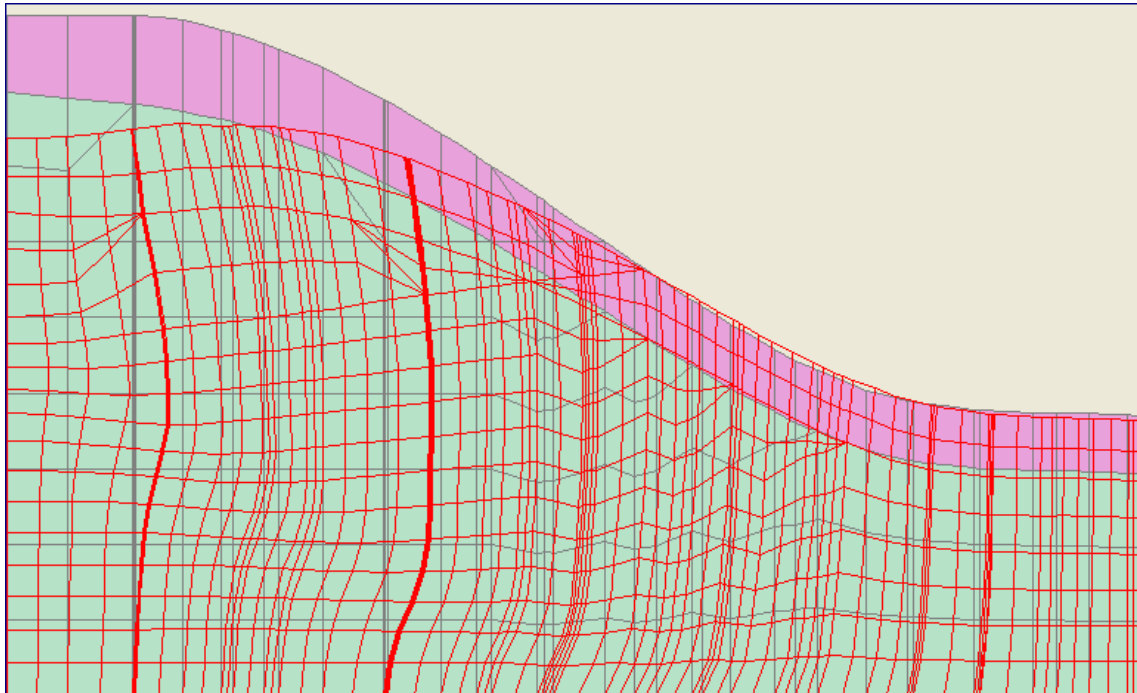
Talud sin ser sometido a su peso propio (a) y talud sometido a su peso propio (b).



Plaxis también permite visualizar los resultados en dos dimensiones de cualquier parte del modelo para una mejor comprensión.

Figura 8

El gradiente se muestra en capas de color antes del peso propio, luego se muestra la malla de deformación.



Con el fin de estudiar a fondo los Deslizamientos que ocurren en la masa de suelo, estos Deslizamientos se muestran en tres direcciones (x, y, z) y juntos (en 3D), así como líneas de aislamiento de desplazamiento, nombre de la punta y escala de colores. Estos resultados se muestran para una mejor comprensión tomando los valores que se muestran en naranja como los valores máximos, teniendo los valores más oscuros una mayor magnitud. Todo esto se mostrará en los resultados a continuación:

Figura 9

Representación por flecha el desplazamiento total.

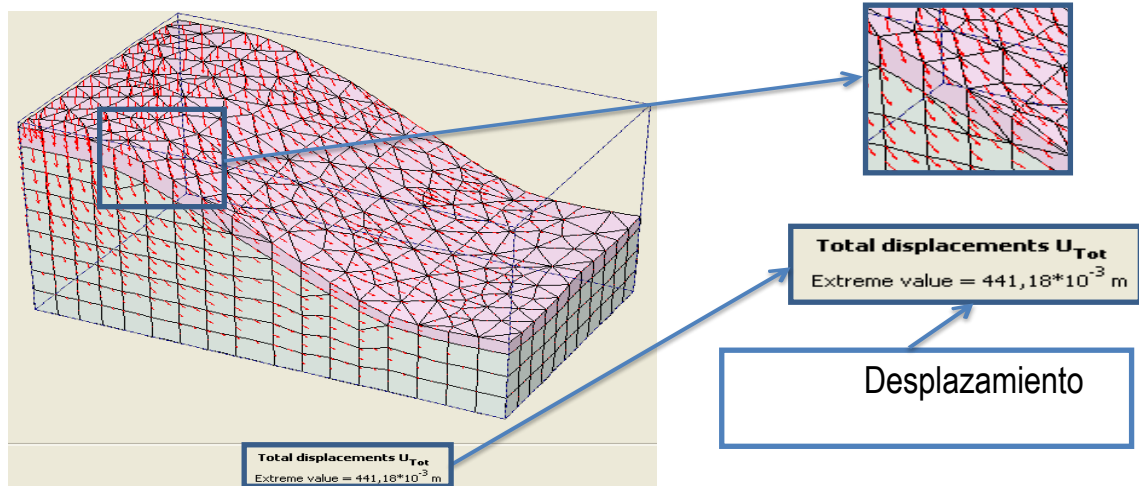


Figura 10

Representación por escala de color el desplazamiento total en la dirección x

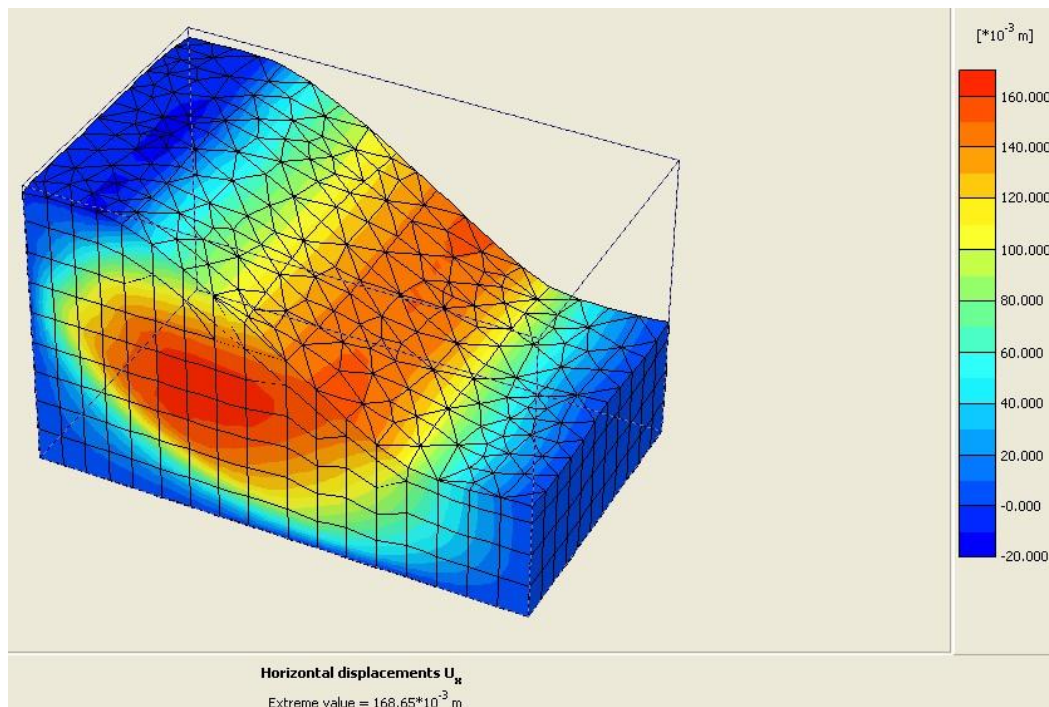


Figura 11

Representación por isóneas en el desplazamiento en la dirección eje z

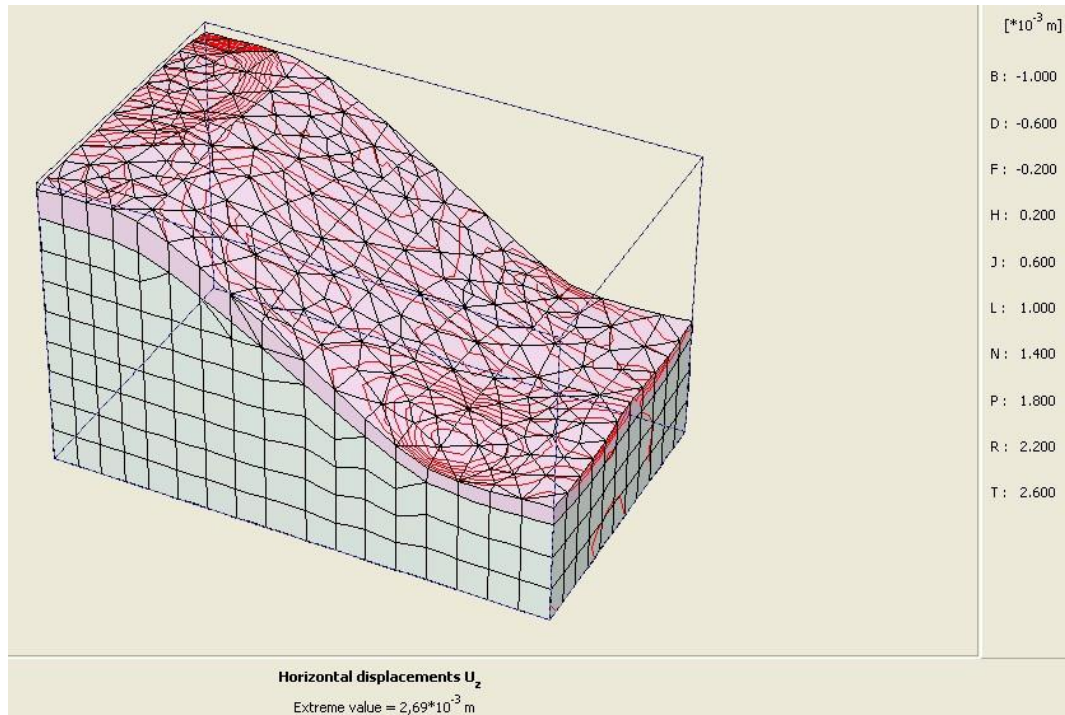


Figura 12

Desplazamiento en dirección al eje z, simbolizado

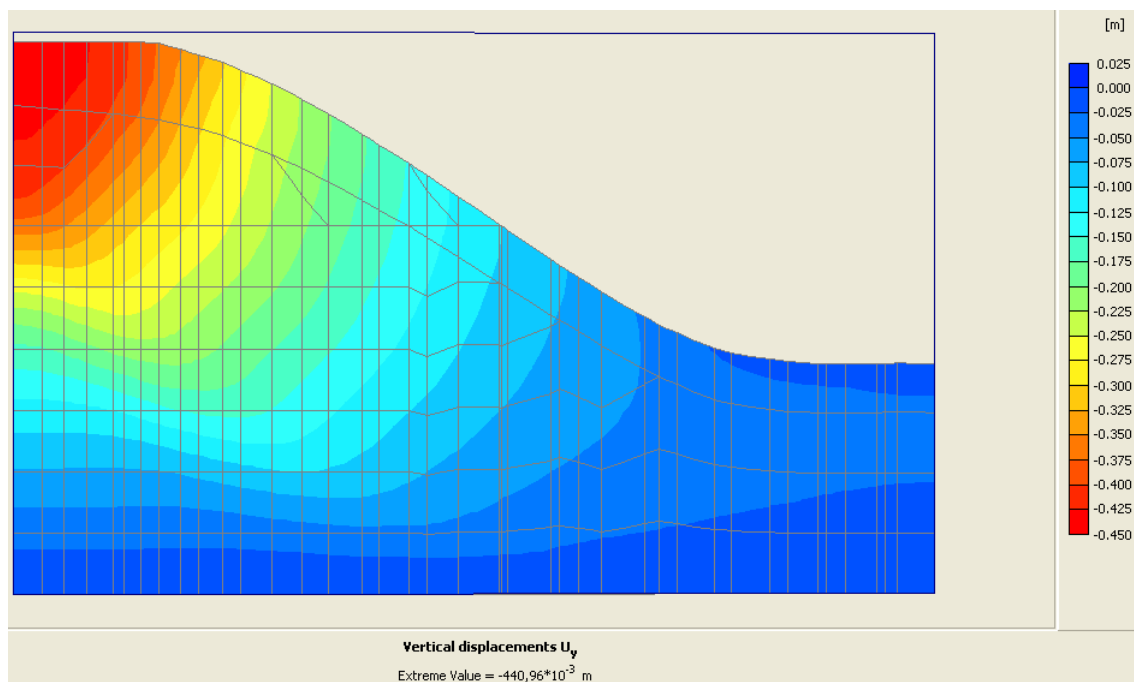
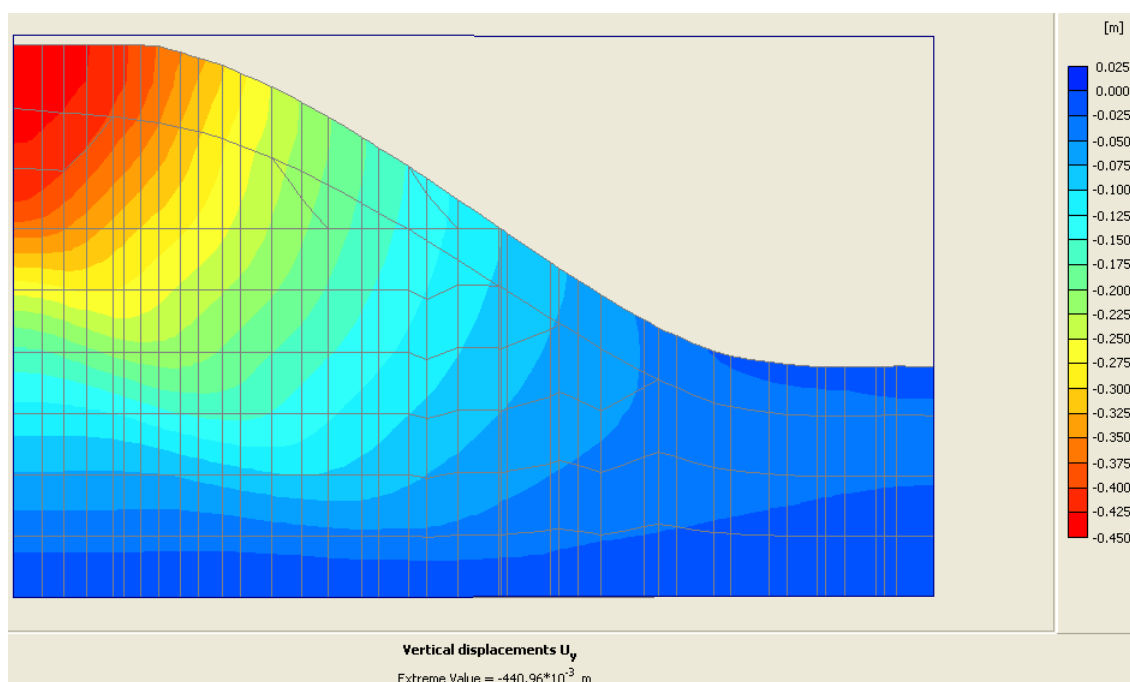


Figura 13

La representación visual de Deslizamientos totales en dirección al eje y (en un análisis bidimensional)



En general, los resultados de desplazamiento se consideran los más adecuados para la evaluación de la estabilidad de taludes. Sin embargo, el programa de computadora Plaxis también proporciona información sobre las deformaciones individuales que ocurren en la estructura en cada punto, en todas las direcciones y direcciones, y permite la visualización de los estados de tensión que ocurren en la masa del suelo bajo la influencia de condiciones dadas.

Figura 14

Deformaciones unitarias en el talud mediante Plaxis.

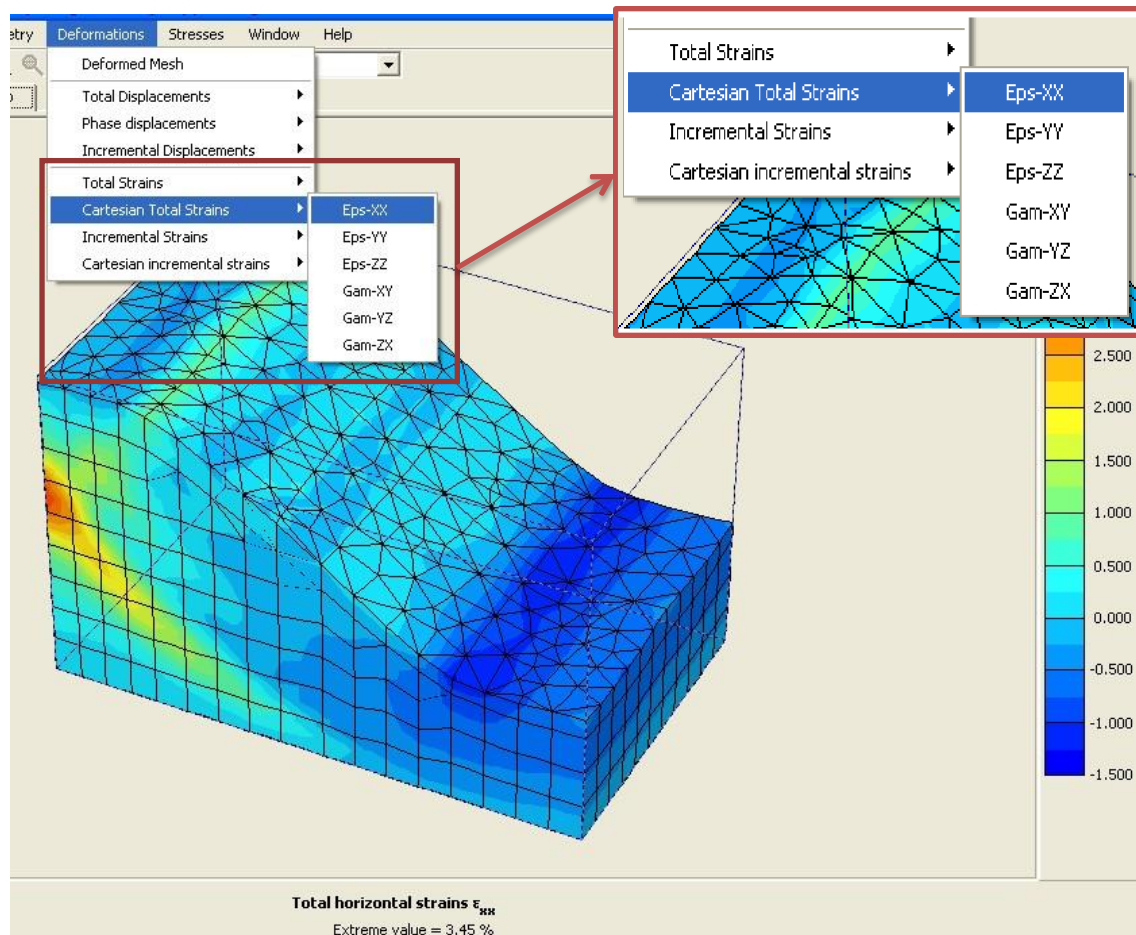
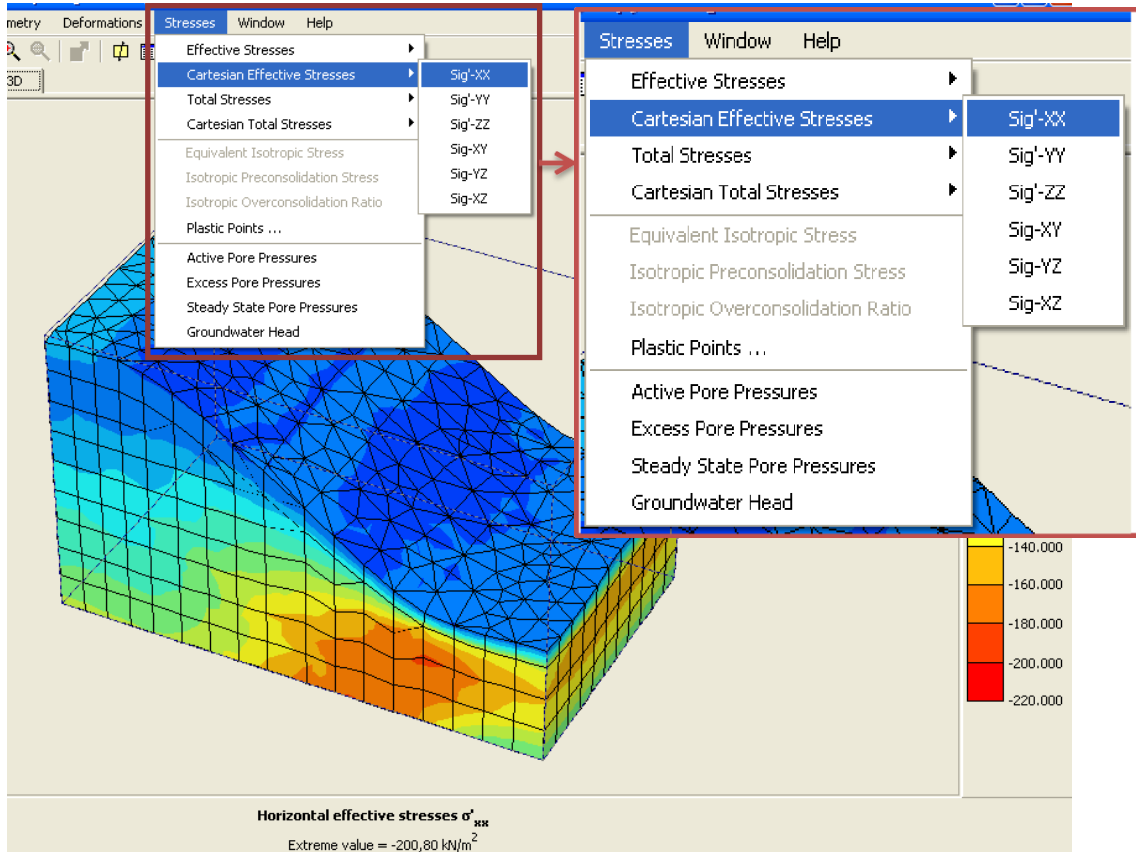


Figura 15

Las Stress que se generan en el talud y que pueden ser examinadas mediante el uso de Plaxis.



Es necesario conocer las nomenclaturas que se utilizaron:

Tabla 3

Nomenclaturas utilizadas en las figuras 14.

Nomenclatura utilizada	Significado
Gam - ZX	Esfuerzos unitarios de corte que ocurren en el plano x-z
Sig' - XX	Esfuerzos que actúan en la dirección del eje x y que tienen un impacto o influencia significativos.
Sig' - YY	Esfuerzos verticales efectivos (en la dirección del eje y)
Sig' - ZZ	Esfuerzos que se ejercen en la dirección del eje z y tienen un impacto significativo.
Sig' - XY	Fuerzas cortantes que ocurren en el plano xy
Sig' - YZ	Deformaciones de corte que ocurren en el plano y-z
Sig' - YZ	Deformaciones de corte que ocurren en el plano X-Z.

Sig¹ - ZX

Esfuerzos cortantes en el plano X-Z

En el artículo anterior, discutimos el uso de tablas en Plaxis para evidenciar los parámetros analizados en cada nodo del sólido estructural. Esto permite realizar un estudio de pendiente en 3D en cada punto de la masa terrestre.

Tabla 4

Tabla de segmentos que ofrece el software.

Soll Element	Node	Local number	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ux	Uy	Uz	Utot
Arena 1 Clus 14 - EL 3866	3986	1	22013	(-10000)	0	143505	-135455	0	197377
	2528	2	19010	(-5252)	0	98211	(-174215)	0	199991
	3992	3	21942	(-10000)	1.058	143539	(-136149)	0,056	197839
	2567	4	22013	(-7156)	0	119526	(-139337)	0,000	183403
	2528	5	19010	(-5252)	0	98211	(-174215)	0,000	199991
	2690	6	21942	(-7098)	1.058	118772	(-140226)	0,128	183767
	3965	7	20511	(-7626)	0	123767	(-154720)	0,000	198132
	3964	8	20476	(-7626)	0.529	123724	(-155091)	0,037	198396
	3967	9	21977	(-10000)	0.529	146527	(-135794)	0,029	197585
	3968	10	22013	(-8578)	0	132363	-138210	0	191369
	2528	11	19010	(-5252)	0	98211	-174215	0	199991
	3969	12	21942	(-8549)	1.058	132055	-138971	0,073	191707
	2530	13	20511	(-6204)	0	109118	-155828	0	190234
	2529	14	20476	(-6175)	0.529	108831	-156266	0,073	190429
	2568	15	21977	(-7127)	0.529	119013	-139765	0,067	183571
Arena 1 Clus 14 - EL 3867	3992	1	21942	(-10000)	1.058	143539	-136149	0,056	197839
	2571	2	19349	(-5425)	3.473	100354	-170468	0,394	197814
	3996	3	21772	(-10000)	3.517	143391	-137965	0,151	198986

Conclusiones parciales:

- El uso de modelos 3D para el análisis de suelos la mejor alternativa al problema sería los modelos en 2D. Por lo tanto, será beneficioso para las organizaciones encargadas de diseñar y verificar movimientos de tierra para incluir en el análisis de suelos en 3D.



- El software Plaxis ofrece muchas oportunidades para trabajar con pendientes, esto permite evaluar el desempeño de la estructura en cada punto bajo las especificaciones del diseñador. Sin embargo, la forma de la malla utilizada en el programa puede ser una limitación en su uso en algunos casos, Reducir el tamaño de la malla no siempre conduce a una reducción de los errores de desplazamiento, ya que no se observó un acercamiento en los valores de desplazamiento en las pruebas analizadas. Por lo tanto, para determinar la malla más eficiente para trabajar con Plaxis, se necesitarán más pruebas en computadoras más potentes para aumentar la cantidad de ensayos con tamaños de malla más pequeños y ver si los valores convergen hasta cierto punto o no.
- Introducir datos en el programa es un proceso rápido y fácil. Sin embargo, como con cualquier modelo, se debe hacer un buen trabajo previo para garantizar que los datos ingresados en el software sean correctos.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología de investigación

El trabajo "Simulación Matemático de la Degradación de Suelos para el Análisis de la Estabilidad de Taludes en el Área Puno-Azangaro-Cerro Choquechambi" Sin embargo, este tema de investigación ofrece un análisis numérico de los modelos de degradación de la tierra utilizando elementos finitos. El objetivo es aplicar este método en el análisis de pendientes utilizando el método de equilibrio límite, con especial énfasis en su comportamiento tensión-deformación y anisotropía. El trabajo también se centra en el análisis numérico de la interacción entre el relieve y el refuerzo, Se considerarán varios gráficos de contorno de línea de base simples para obtener resultados factibles e identificar factores y componentes importantes en el análisis de sistemas topográficos degradados. Además, en el marco de la Teoría de la Plasticidad, se ha propuesto una fórmula general para ser implementada en el programa de elementos finitos Plaxis. La verificación de esta fórmula se hará mediante el análisis de la capa de suelo del subsuelo, que puede degradarse desde la superficie hacia el interior del terreno, El análisis de la estabilidad de taludes con diversos grados de degradación en su región cercana a la superficie se realiza mediante simulación

numérica, debido a que el avance tecnológico de la última década ha permitido que el uso de esta técnica en obras de construcción y minería tenga muchas ventajas, entre ellas : (i) la capacidad de predecir el fallo de los mecanismos, (ii) obtener las Stress y deformaciones en los diferentes puntos del talud, (iii) analizar la estabilidad en base a diferentes modelos constitutivos y (iv) realizar estudios paramétricos. resiliencia y resistencia del suelo, Se decidió analizar la estabilidad y comportamiento del talud mediante un método tensión-deformación-estado basado en el campo de Deslizamientos, teniendo en cuenta diferentes modelos de materiales constituyentes. Se utilizarán dos modelos: el modelo elástico ideal y el modelo elástico suave. En ambos casos, el análisis general de estabilidad de taludes se realizará a partir de los campos de Stress y Deslizamientos obtenidos del análisis numérico. Los factores de seguridad obtenidos se compararán con los obtenidos en el equilibrio límite por otros métodos y se determinará la misma superficie de falla en análisis numérico. Este estudio se considera "Cuasi experimental" e incluirá los siguientes pasos:

- El texto hace referencia a una evaluación bibliográfica realizada sobre la inestabilidad superficial de taludes en el suelo, incluyendo aspectos como el método computacional utilizado para analizarla, otras formas de inestabilidad superficial entre sí, la degradación del suelo y cómo tratarla en la literatura.
- Por lo tanto, el propósito del análisis de equilibrio límite en taludes bajo presión superficial es comprender cómo responderá el talud a las cargas que recibe debido a la degradación del suelo.
- Se refiere a la descripción del comportamiento mecánico de los suelos, específicamente en cuanto a cómo responden a las fuerzas y



deformaciones a las que se someten, y cómo varía este comportamiento en función de las condiciones del suelo.

- Se realizó un análisis de tensión-deformación del conjunto de celdas unitarias que forman la pendiente para establecer los criterios para el comportamiento general del suelo. Se presentan como ejemplo casos sencillos de análisis de pendientes.
- La degradación del suelo debe ser considerada como la principal causa de inestabilidad superficial, por lo que es necesario proponer una fórmula teórica para representarla y luego alimentarla a un programa de elementos finitos. La verificación de esta fórmula se realizará aplicándola en el caso de cimentaciones superficiales y en el análisis de taludes degradados en su superficie.

El resumen presenta los principales resultados obtenidos del estudio y discute sus posibles consecuencias y aplicaciones. También se consideran posibles direcciones futuras de investigación, basadas en los resultados obtenidos.

3.2 Características de la investigación

La zona de estudio comprende el cerro Choquechambi, que pertenece al sector de Azángaro Distrito y Provincia de Azángaro y Departamento de Puno. Morfológicamente se encuentra en la ladera del cerro del cerro choquechambi.

Es accesible desde la salida de Juliaca por la carretera asfaltada Azángaro-Juliaca, y por el otro lado salida Muñani por la carretera afirmada Azángaro-Muñani dirección norte a sur por el centro del cerro Choquechambi.

3.3. Población y muestra

Se recopilará información del estado actual y características de los suelos en las zonas del deslizamiento la circunscripción del sector del cerro Choquechambi (Azángaro), del estado actual y características de los suelos en las zonas con degradación en la zona alto andina del estudio.

Las muestras para ensayos de suelos, en cuanto a su número y forma de extracción, se tomarán de acuerdo a lo establecido por las Normas ASTM y otras relacionadas a estos ensayos.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Las pruebas y ensayos a realizar y sus resultados correspondientes, seguirán las correlaciones siguientes:

- Diferencias entre las características y comportamiento mecánico de un mismo tipo de suelos sometido a diferentes alternativas de estabilidad de taludes depredados.
- Implicancia de estas alternativas en los costos y seguridad de los taludes de suelos restaurados.
- La modelación matemática de la degradación de suelos.

3.5. Diseño de la contratación de la hipótesis.

Se desarrollará después de haber efectuado el trabajo de tesis.

3.5.1. Estratigrafía del talud.

Se realizaron observaciones visuales y análisis de muestras tomadas del proceso de perforación (incluidos nueve perforaciones en tres secciones transversales). Los resultados se compararon con los resultados de laboratorio

y se identificaron cuatro clases principales en el área de estudio. Estas capas han sido identificadas como capas 2, 3, 3A y 4, formando las dos primeras el saliente superior y el talud y las dos últimas formando la base natural del talud. Se dan las principales propiedades físicas y mecánicas de cada capa (Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, 2002).

La segunda capa consiste en un relleno de grava de tamaño mediano mezclado con arena y una pequeña cantidad de arcilla de plasticidad media a baja. En algunos casos, puede ver que la capa está ligeramente húmeda o parcialmente saturada. Su consistencia es media baja y su color es gris. Esta formación es el primer terraplén depositado en el área y llega aproximadamente a la mitad de la ladera.

Tabla 5

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 2.

nat	f nat	d nat	eO	S
19.1	14.4	16.3	0.66	78

Tabla 6

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 2.

Gs	LL	LP	OP	G	A	L	A	opt	f max	d max	Kf.	NSP T
2.7	29	24	5	75	9	10	6	13.6	21.31	18.76	0.277	24

Tabla 7

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 2.

PROPIEDADES MECANICAS															
Condiciones del ensayo				Corte directo		TRIAXIAL								CONSOLIDACIÓN	
						Para (1 - 3) máx.				PARA U máx.					
sat	sat	e	S	CN	N	CN	C'	N	'	CN	C'	N	'	E1-2	E2-4
20.2	21.04	0.54	100			17	3	18	15	13	10	22	18	11.6	18.9
		c				0.049	0.048			0.069	0.078				
		tg						0.79	0.012			0.071	0.049		

El estrato N° 3 consiste en un relleno de grava arcillosa local y limo arenoso medianamente maleable, de color amarillo-rojo. Su espesor oscila entre 1,0 y 5,0 m y se extiende por toda el área de estudio por debajo del estrato N° 2.

Tabla 8

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3.

nat	f na	d nat	eo	S
28.8	18.6	14.5	0.9	88

Tabla 9

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3.

Gs	LL	LP	OP	G	A	L	A	Wop t	f max	d max	NSP T
2.76	36	26	10	47	17	19	17	14.7	20.88	18.2	17

Tabla 10

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3.

PROPIEDADES MECANICAS															
ensayo			TRIAxIAL												
			Corte directo		Para (1 - 3)máx					PARA U máx				CONSOLIDACIÓN	
sat	sat	e	S	CN	N	CN	C'	N	'	CN	C'	N	'	E1-2	E2-4
26.4	2016	0.73	99	10	16	20	6	21	17	9	8	24	18	87	68
		c		0.302		0.139	0.147			0.204	0.254				
		tg			0.02			0.227	0.067				0.135	0.099	

El estrato 3A es un suelo natural de textura limo-arcillosa, ligeramente arenoso, con una capa intermedia de mica. Tiene una textura media y un color gris oscuro. Este nivel está por debajo del estrato N°3.

Tabla 11

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3A.

nat	f nat	d nat	eo	S
32.4	18.45	13.93	0.99	91

Tabla 12

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3A.

Gs	LL	LP	IP	G	A	L	A	NSP T
2.78	47	33	14	0	22	38	40	20

Tabla 13

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 3A.

PROPIEDADES MECANICAS																
Condiciones del ensayo				TRIAxIAL												
sat	sat	e	S	Corte directo		Para (1 - 3)máx				PARA U máx				CONSOLIDACIÓN		
				CN	N	CN	C'	N	'	CN	C'	N	'	E1-2	E2-4	
33.2	19.32	0.92	100			18	9	22	17	7	5			16	5.75	6.48
		c				0.133	0.155			0.183	0.244					
		tg						0.19	0.084			0.09	0.057			

El estrato N° 4 es una capa de suelo arenoso-fangoso fracturado que a veces contiene grava fina de cuarzo y óxido. Esta capa es la más desarrollada en el área de estudio y representa la capa residual de la capa de mica. Tiene una textura media y color gris.

Tabla 14

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 4.

nat	f nat	d nat	eo	S
29.7	17.57	13.65	1.05	79

Tabla 15

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 4.

Gs	LL	LP	IP	G	A	L	A	NSPT
2.77	48	39	9	0	38	35	27	27

Tabla 16

Atributos físicos – mecánicas del Estrato N° 4.

Condiciones del ensayo		PROPIEDADES MECANICAS													
		Corte directo				TRIAXIAL								CONSOLIDACIÓN	
						Para (1 - 3)máx				PARA U máx					
sat	sat	e	S	CN	N	CN	C'	N	'	CN	C'	N	'	E1-2	E2-4
31.5	19.22	0.89	98			24	15	28	21	16	13	26	21	6.1	9
		c				0.158	0.193			0.187	0.225				
		tg						0.315	0.177			0.235	0.171		

Tabla 17

Nomenclatura utilizada

sat	Humedad de saturación	%
d	P.E. saturado	kN/m ³
e	Peso específico seco	kN/m ³
sat	Índice de poro "relación de vacío"	adimensional
Cn	Saturación	%
	Cohesión normativa	kPa
c	Ángulo de fricción	(°) grados
tg	Coef. de dis. para CN	adimensional
fsat	Coef. de dis. para N	adimensional

3.5.2. Realización del modelo.

En la fase de simulación se definieron los límites del volumen de análisis y se describieron lo más relevante de las características de cada capa que conforma la masa de suelo de los taludes.

Los experimentos de laboratorio permitieron la simulación de formaciones tanto drenadas como no drenadas, que se utilizaron para crear varios modelos iniciales de pendiente.

Figura 16

El método de ingreso de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que componen la estructura se presenta a través de la interfaz que presenta la

información correspondiente a cada capa: Clase N0 2 (a), Grado N0 3 (b), Grado N0 3A (c) y Clase N0 4 (d).

Mohr-Coulomb - Estrato # 2 drenado

General | Parameters | Interfaces

Material Set
Identification:
Material model:
Material type:

General properties
 γ_{unsat} : kN/m³
 γ_{sat} : kN/m³

Stiffness
 E_{ref} : kN/m²
 ν (nu):

Strength
 c_{ref} : kN/m²
 ϕ (phi): °
 ψ (psi): °

Alternatives
 G_{ref} : kN/m²
 E_{oed} : kN/m²

Advanced...
Next OK Cancel

(a)

Mohr-Coulomb - Estrato # 3 drenado

General | Parameters | Interfaces

Material Set
Identification:
Material model:
Material type:

General properties
 γ_{unsat} : kN/m³
 γ_{sat} : kN/m³

Stiffness
 E_{ref} : kN/m²
 ν (nu):

Strength
 c_{ref} : kN/m²
 ϕ (phi): °
 ψ (psi): °

Alternatives
 G_{ref} : kN/m²
 E_{oed} : kN/m²

Advanced...
Next OK Cancel

(b)

Mohr-Coulomb - Estrato # 3 A drenado

General | Parameters | Interfaces

Material Set
Identification:
Material model:
Material type:

General properties
 γ_{unsat} : kN/m³
 γ_{sat} : kN/m³

Mohr-Coulomb - Estrato # 3 A drenado

General | Parameters | Interfaces

Stiffness
 E_{ref} : kN/m²
 ν (nu):

Strength
 c_{ref} : kN/m²
 ϕ (phi): °
 ψ (psi): °

Alternatives
 G_{ref} : kN/m²
 E_{oed} : kN/m²

Advanced...

Next OK Cancel

(c)

Mohr-Coulomb - Estrato # 4 drenado

General | Parameters | Interfaces

Material Set
Identification:
Material model:
Material type:

General properties
 γ_{unsat} : kN/m³
 γ_{sat} : kN/m³

Mohr-Coulomb - Estrato # 4 drenado

General | Parameters | Interfaces

Stiffness
 E_{ref} : kN/m²
 ν (nu):

Strength
 c_{ref} : kN/m²
 ϕ (phi): °
 ψ (psi): °

Alternatives
 G_{ref} : kN/m²
 E_{oed} : kN/m²

Advanced...

Next OK Cancel

(d)

Luego de determinar las características del material, se procede a asignar geometría al talud y sus correspondientes capas. Para llevar a cabo esta tarea,

se estudian los datos obtenidos de 9 perforaciones, formando 3 perfiles paralelos separados por 15 metros, de acuerdo con el siguiente esquema:

Figura 17

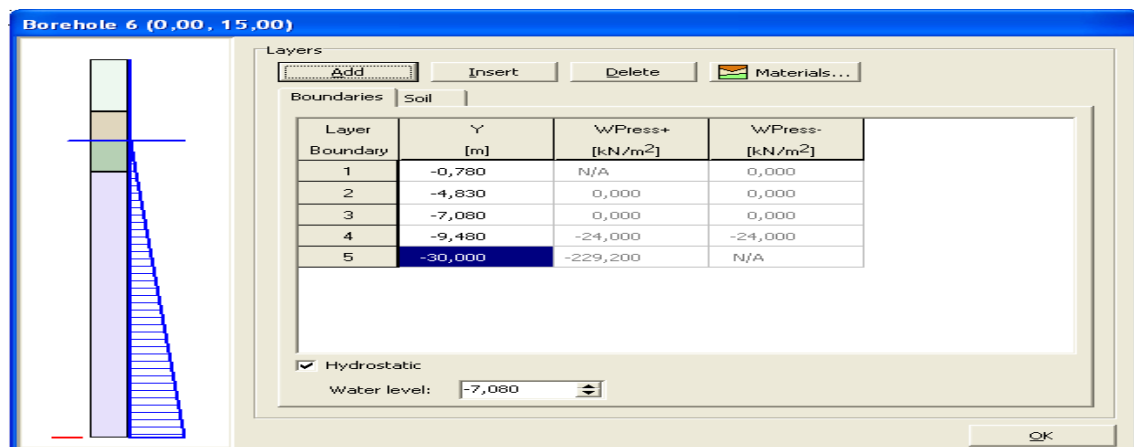
Planta de cala de perfil longitudinal.



La construcción se modela horizontalmente a partir de la información obtenida de los registros geológicos y de ingeniería de las bahías, donde se debe prever la altura del nivel freático.

Figura 18

Interfaz de introducción de los datos para el modelamiento estructural.



Después de modelar la estructura, se genera una malla que permite calcular la pendiente y el comportamiento tridimensional de la pendiente bajo su propio peso y otras cargas. Como se explicó en el capítulo anterior, se realizó un análisis de cuadrícula detallado.

Figura 19

Modelamiento en 3D de un talud (mallado a 3.23 metros)

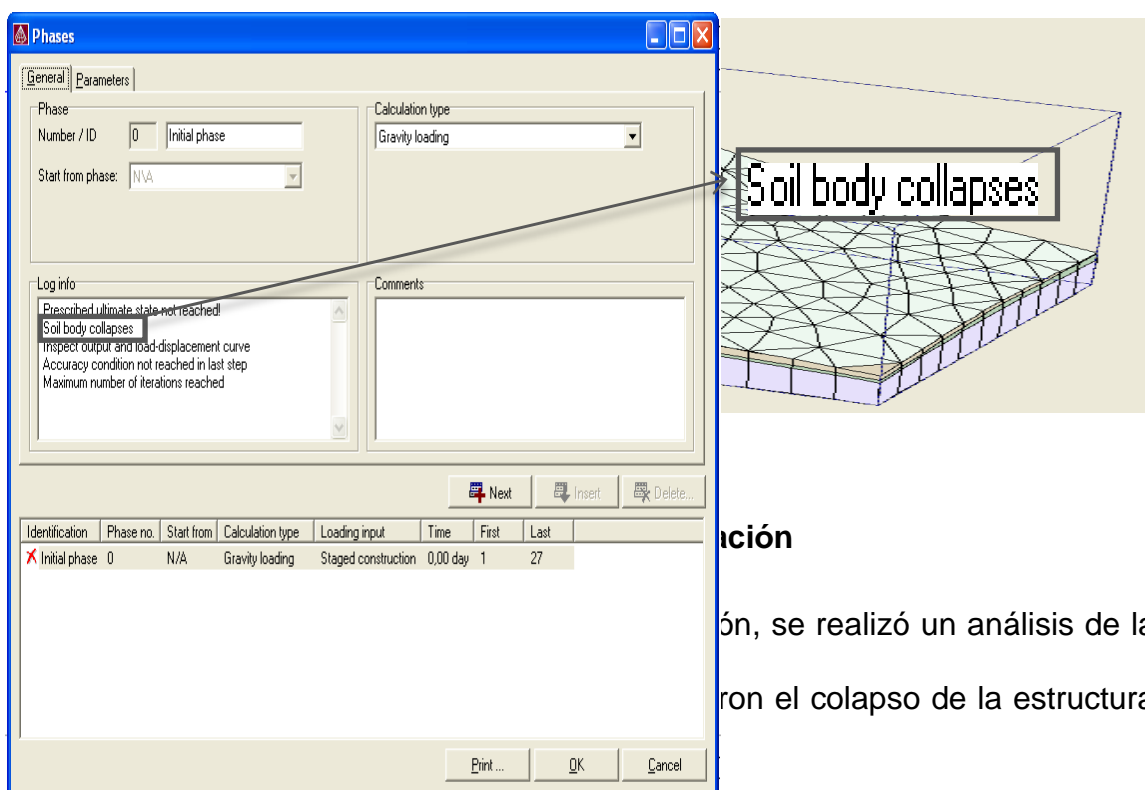


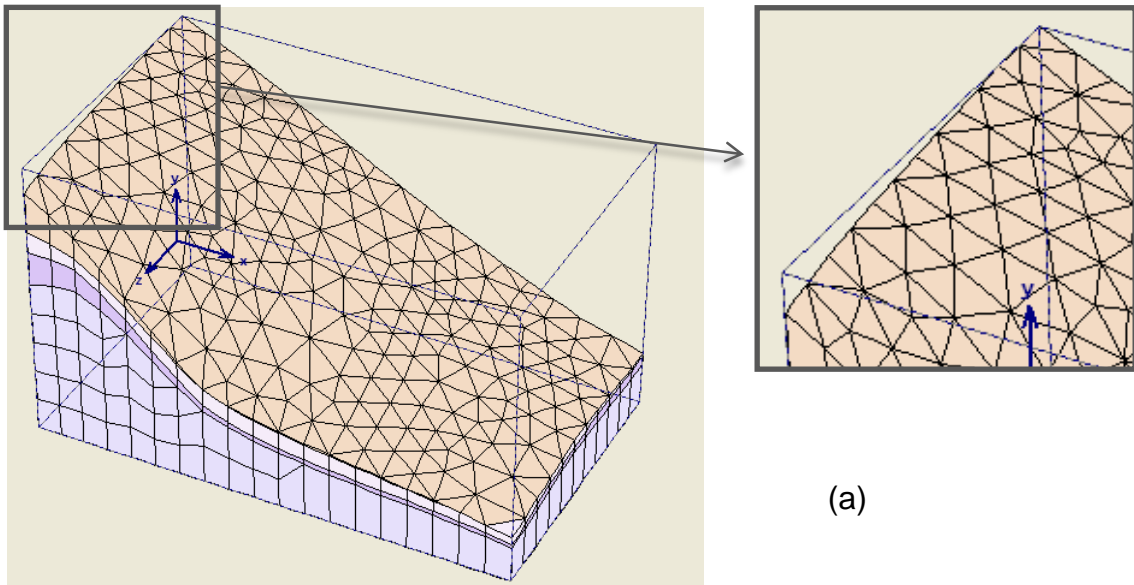
Figura 20

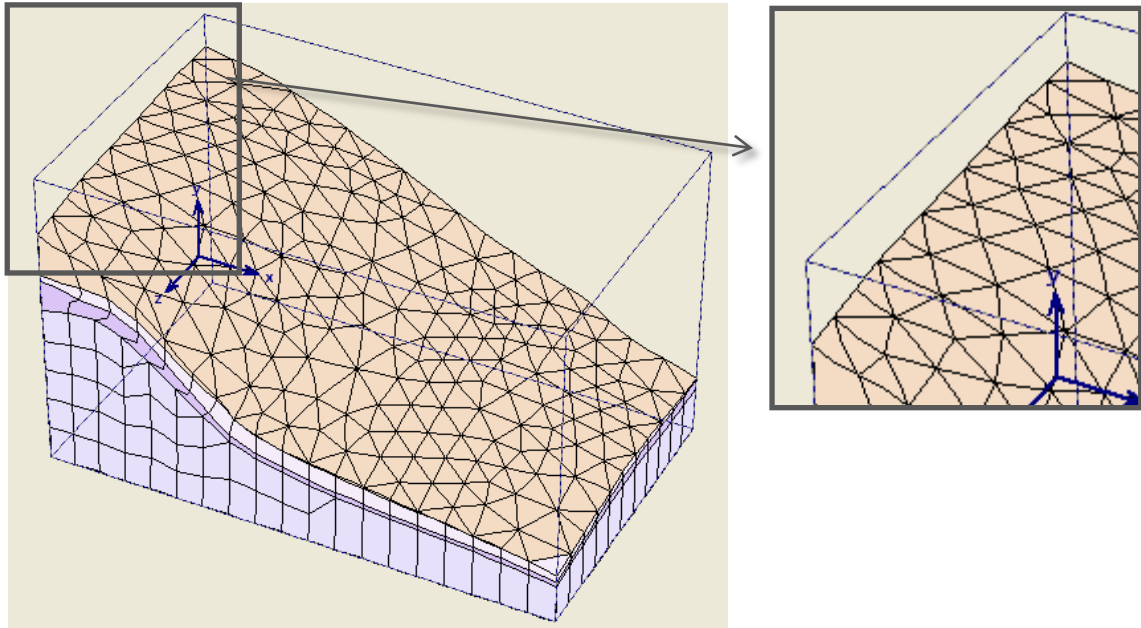
Interfaz de cálculo con software Plaxis.

El siguiente conjunto de imágenes muestra los estados del talud antes y después del desplazamiento, representando el cambio de altura de la masa de suelo en respuesta a las condiciones de tensión provocadas por su propio peso.

Figura 21

Talud sin falla (a) y talud con falla (b).





El desplazamiento vertical de la estructura calculada se muestra a continuación:

Figura 22

Representación del desplazamiento por una escala a color.

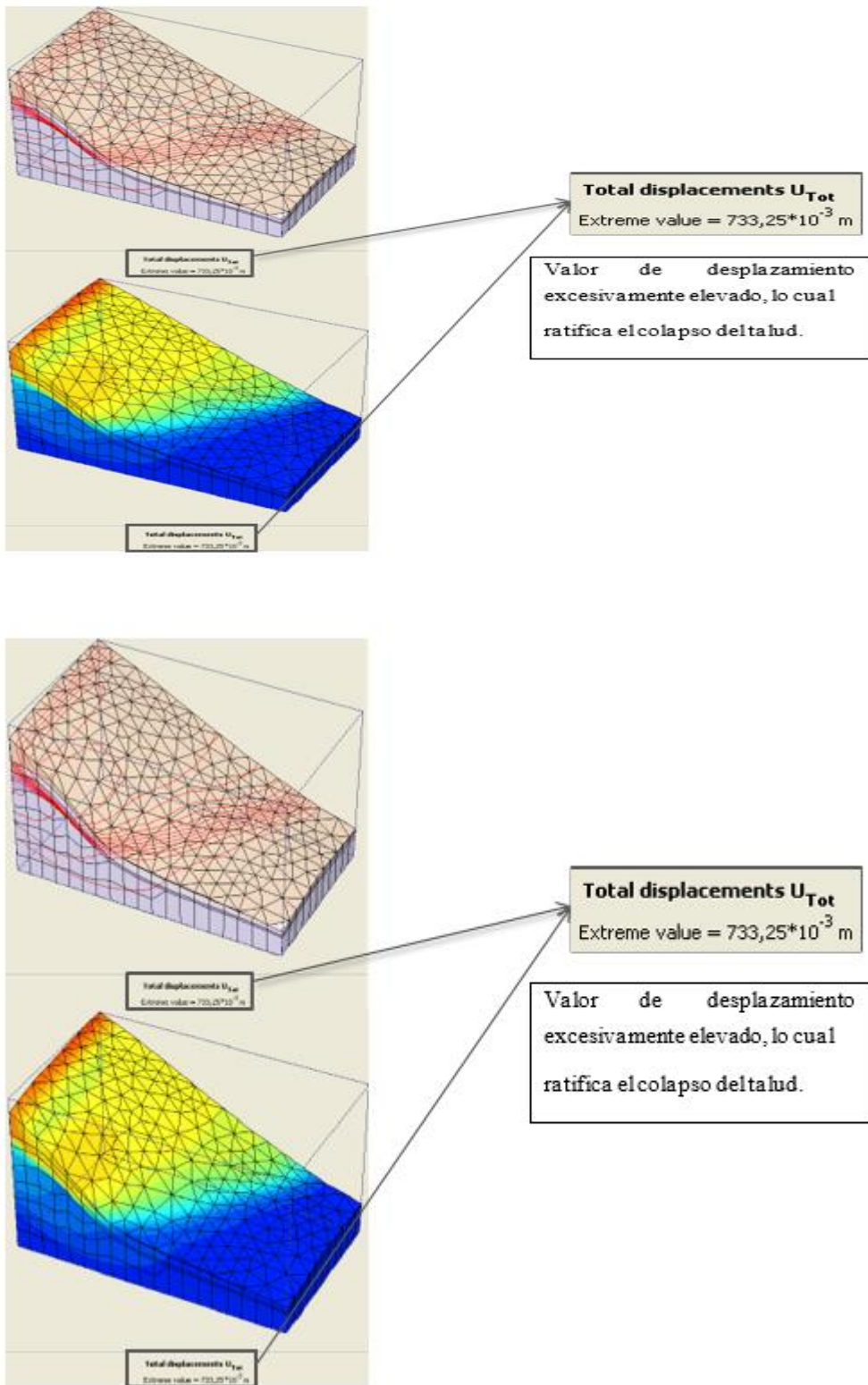


Figura 23

Desplazamiento total en 2D del perfil # 3.

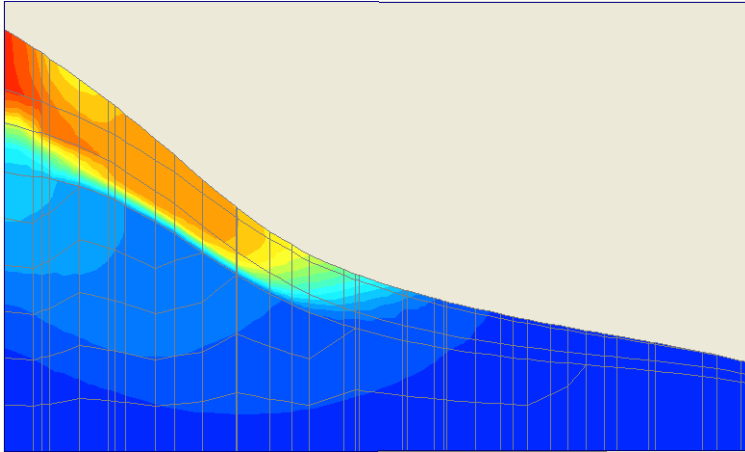
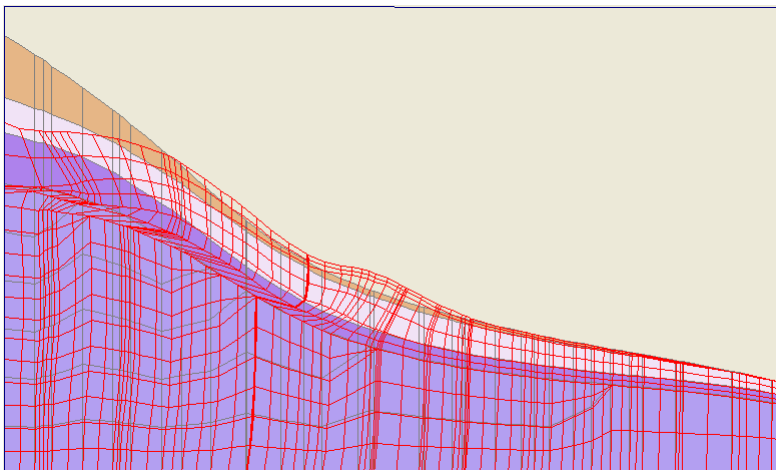


Figura 24

Desplazamiento en dos dimensiones del perfil # 3, presentado por planos deformados.



El conjunto de imágenes presentado ilustra los estados inicial y final del talud, representando sus Deslizamientos y deformaciones. La pendiente de derrumbe en la parte superior coincide con lo descrito en el informe geológico anterior. Además, en comparación con el cálculo de Plaxis, se puede ver que los datos del informe geológico son más conservadores sobre la profundidad y extensión del deslizamiento.

Tabla 18

Resultados de falla en la superficie de un talud por el software plaxis y el informe de un ingeniero geólogo del área de estudio.

Aspectos	Informe ingeniero geológico	Programa computacional Plaxis
Hondura de la falla	Variable de 1 m a 2 m	Variable
Distancia de la Falla	Aproximadamente 12 metros	Aproximadamente de 20 metros a lo largo del perfil # 3

Calcular la profundidad y la longitud de la falla es difícil porque no se puede determinar a simple vista y los modelos 2D usan superficies de falla aproximadas imprecisas. Sin embargo, el programa utilizado muestra Deslizamientos en la masa del suelo, lo que permite autodireccionar el error, aunque no lo especifica con precisión. Para determinar con mayor precisión el comportamiento del área de estudio, es necesario tomar datos de un área más grande para modelar un área más grande. Además, los resultados.

La Tabla 17 muestra las diferencias encontradas en los aspectos discutidos anteriormente. Sin embargo, para obtener datos que permitan extraer conclusiones más precisas y fiables, se recomienda realizar análisis adicionales utilizando varios métodos, por ejemplo, programas informáticos.

Los aspectos considerados anteriormente se reflejan en la Tabla 17, que muestra las diferencias encontradas. Sin embargo, para obtener datos más precisos y confiables, que permitan extraer conclusiones más informadas, se

recomienda realizar análisis adicionales utilizando varios métodos, por ejemplo, programas de computadora.

En general, en la zona de estudio se observan déficits de compresión de valores inferiores al 80% del peso específico máximo. Según informó el geólogo del área, la principal causa de los deslizamientos observados en la masa del suelo está relacionada con la alta saturación, provocada, entre otras causas, por cambios en la información de la resistencia del terreno. materiales El flujo continuo de agua hacia el área ocasionar la erosión del suelo y sobrecarga el volumen de material existente debido a la fuerte saturación.

Figura 25

Patologías de falla en el talud.



Figura 26

La saturación del suelo.

3.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS ENTRE LOS SOFTWARES GEOSLOPE 2007 Y PLAXIS.

Esto con los resultados de uno de los más programas populares. comúnmente utilizado para este propósito (GeoSlope 2007), se analizó una rampa idéntica para poder comprar los resultados con ambos softwares.

Al describir la superficie de falla de la masa terrestre determinada por GeoSlope 2007, se notó que es muy similar, casi idéntica al diagrama de desplazamiento obtenido por Plaxis, lo que confirma la validez del diagrama posterior (al menos en el área de estudio).

Figura 27

Resultado del análisis del factor de seguridad y superficie de falla con el software GeoSlope

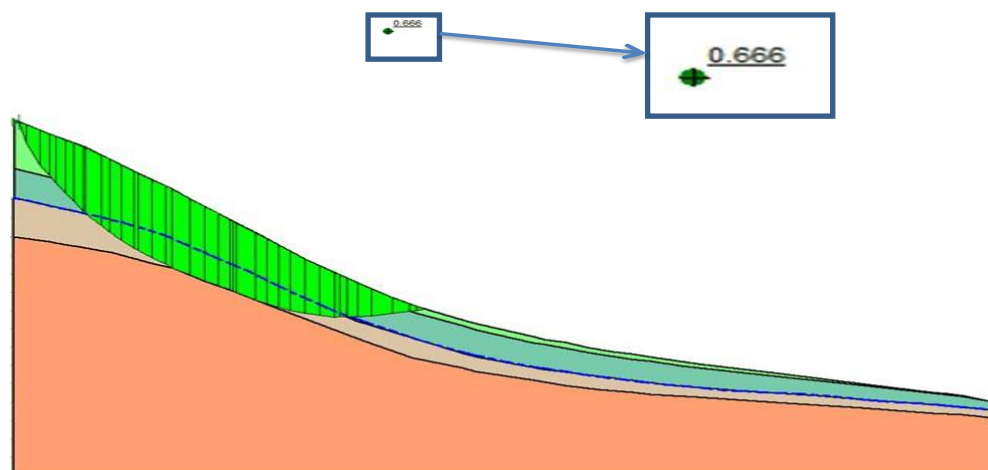
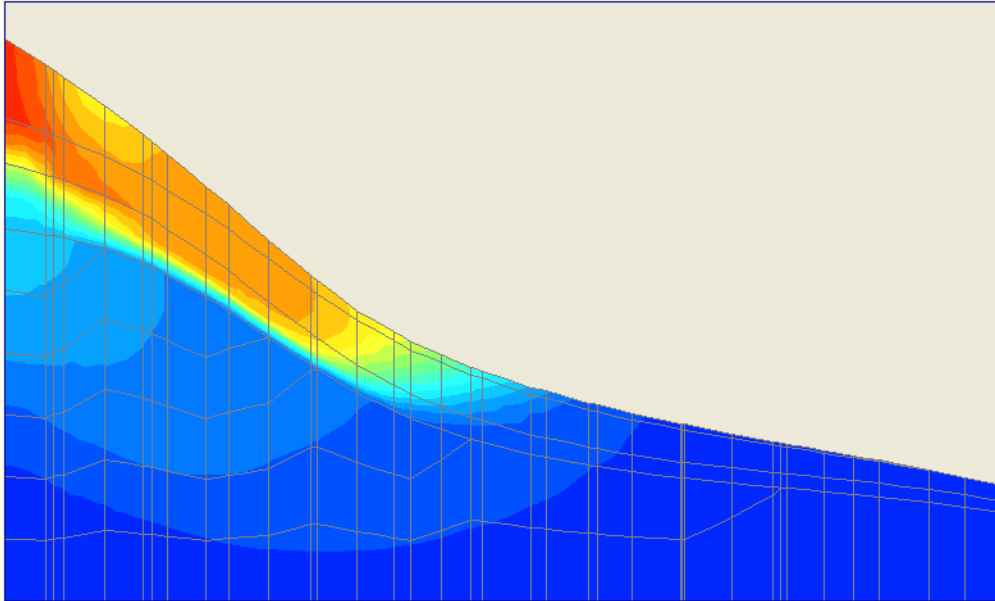


Figura 28

sección de desplazamiento mediante el software Plaxis



Los criterios de comparación que utilizan los modelos de gradiente Plaxis 2D y 3D discutidos en este capítulo se proporcionan en el Apéndice del presente trabajo de investigación.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Desde 1776, cuando se comenzó a estudiar la estabilidad de taludes, ha habido cambios en los enfoques analíticos que han resultado en una mayor similitud entre los resultados teóricos y lo que sucede en la práctica. Las transformaciones van desde la propuesta original de deslizamiento plano de Coulomb hasta los métodos más populares de la actualidad, como la dovela.

SEGUNDA: Plaxis, un software de simulación de estructuras terrestres, es muy útil para analizar su comportamiento. La entrada de datos es simple y los resultados se presentan de forma clara y comprensible utilizando varios métodos de exportación.

El estudio "Las Jardineras" señala que el colapso de la estructura se debe principalmente a la falta de compresibilidad de las capas de talud. Este problema se ve agravado por la intensa saturación del suelo, que potencialmente podría ser causada por una falla en el suministro de agua en la parte que afecta la masa del suelo.

Las condiciones anteriores se incluyen en el modelo Plaxis para analizar el comportamiento de la masa de suelo en consideración, lo que permite observar claramente la identificación de la falla en el área de estudio.

Los datos proporcionados por Plaxis sobre la falla son muy fiables, aunque no del todo consistentes con lo descrito en el Informe Geotécnico de ENIA para el colapso de la estructura.



En general, Plaxis es un programa muy útil para realizar análisis de pendientes en 3D. Este programa brinda muchas oportunidades para comprender, trabajar y analizar los resultados.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Es importante hacer ese trabajo, pero utilizando un software más avanzado, que ofrece más capacidades analíticas y permite evaluar más parámetros en diferentes suelos. Esto permitirá sacar conclusiones más detalladas que se pueden utilizar como conclusiones generales para poder facilitar el trabajo y los resultados mas exactos para el análisis de un talud.

SEGUNDA: Se debe aumentar el uso del software para poder evaluar los taludes en tres dimensiones, con los resultados obtenidos se podría tener una mejor interpretación del análisis.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dr. Karl Tersaghi -Ralp Peck Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica.
Segunda Edición Editorial Ateneo 1976
- Lambe, T. W. y Whitman, R. V., 1972. Mecánica de Suelos. Ed. Limusa-Wiley,
S. A. México. Pag 576
- V Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de
Cimentaciones -Comité Peruano de Suelos, Fundaciones y Mecánica
de Rocas Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones
ACI-UNI, Segunda Edición Editorial UNI-1993.
- DRTCV&C-P Apuntes del laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos –
1989 Primera Edicion
- Eulalio Juárez Badillo-Alfonso Rico Rodríguez Mecánica de Suelos Tomo I.
Editorial Limusa -1981.Segunda edición
- Eulalio Juárez Badillo-Alfonso Rico Rodríguez Mecánica de Suelos Tomo II.
Editorial Limusa -1983.Segunda edición
- Eulalio Juárez Badillo-Alfonso Rico Rodríguez Mecánica de Suelos Tomo II.
Editorial Limusa -1983.Segunda edición
- Ralph Peck, Walter E. Hanson, Thomas H. Thornburn. Editoria Ingeniería de
Cimentaciones I Limosa – 1983
- A Carrillo Gil, CONCYTEC 1993 25 Años de Mecánica de Suelos Estabilidad y
Comportamiento de los suelos del Perú (Lima Perú, Pag. 278). Primera
Edición 1998
- Sowers Sowers G "Introducción a la Mecánica de los Suelos y Cimentaciones
Tercera Edición, Limusa dic.1989, Pag. 472



Roy Whitlow Fundamento de Mecánica de Suelos Segunda Edición Editorial

Continental S.A. DEL C.V. -México 1994. Pag-650

Alfonso Rico Rodrigues-Hermilio del Castillo La Ingeniería de Suelos en vías

Terrestres Editorial Limusa-1984. Pag 950

Alberto Martínez Vargas Geotecnia Para Ingenieros (Principios Básicos) -

Editorial Lluvia Editores 1995.

PLAXIS Finite Element Code for Soil and Rock Analyses, Version 7.10,

Netherlands

Terzaghi K., Peck R. (versión española O. Moretto), "Mecánica de Suelos en la

Ingeniería Práctica", segunda edición, abril 1973.

Braja M. Das (1994). "Principles of Geotechnical Engineering". Boston.

Rico Rodríguez A. y Del Castillo Mejía H. (1994). "La Ingeniería de Suelos en

las Vías Terrestres". Vol. 1. México.

Mallard. W. Dalrymple, R, (1977), "Water Waves Propagating over a

Deformable Bottom", Offshore Technology Conference, Houston TX

USA. OCT 2895.

AASHTO, Design Guidelines for use of extensible reinforcements for

mechanically stabilized earth walls in permanent applications, 1990.

Task Force 27, AGC-ARTBA, Joint Committe.

Arnold, P. (1973), "Finite Analysis a basis for seafloor soil movement design

criteria", Proceedings, fifth Annual Offshore Technology Conference,

Vol. 2, pp. 743-752.

Braja M. Das (1994). "Principles of Geotechnical Engineering". Boston.

BRAJA M. DAS. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.



Doyle, E. H, (1973), "Soil Wave Tank Studies of Marine Soil Instability",

Offshore

Dr. en Ing. Rafael Morales y Monroy Muros, Taludes y Terraplenes de Suelo

Reforzado: Control de Erosión,

Rico A. y Del Castillo H., 1980. Mecánica de Suelos Aplicada a Vías Terrestres,

Vol. 1 y 2., Ed. Limusa, Mexico.

SLOPE/W for slope stability analyses, Version 5, Alberta Canada.

PLAXIS Version 8.20 Finite Element Code for Soil and Rock Analyses.

Brinkgreve, R. B.J. y Vermeer, P.A. 1998. A.A. Balkema. Rotterdam.

Pérez, J. L. (2022). Modelos matemáticos en geotecnia: Teoría y aplicaciones.

Editorial Técnica.

López, A., & Martínez, R. (2021). Modelos matemáticos de suelos para el análisis de la estabilidad de taludes. Revista de Ingeniería Geotécnica, 15(2), 45-67.

<https://doi.org/10.1016/j.rig.2021.03.002>

Gómez, P. (2020). Modelos matemáticos para la estabilidad de taludes. En R. Fernández (Ed.), Avances en ingeniería civil (pp. 112-130). Editorial Científica.

Romero, M. A. (2019). Análisis de la estabilidad de taludes en zonas montañosas. Revista de Geología Aplicada, 8(3), 123-140.

<https://doi.org/10.1080/0942030.2019.1623402>

Torres, L., & Rivera, D. (2018). Técnicas avanzadas en modelos matemáticos para la estabilidad de taludes. Journal of Soil Mechanics and Foundations, 22(4),

78-95. <https://doi.org/10.1093/jsmf/22.4.78>



ANEXOS



ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos de medición
<p>Interrogante general.</p> <p>¿Cómo modelar matemáticamente la degradación (¿progresiva?) de los suelos por efectos del intemperismo y humedecimiento progresivo para analizar la estabilidad de los taludes más críticos de la región alto andina del Perú, aplicando la teoría de Mohr-Coulomb para suelos con comportamiento elasto-plástico utilizando el método de los elementos finitos?</p> <p>Interrogantes específicos.</p> <p>1. ¿Cuál es la influencia en la estabilidad de taludes el comportamiento tensión-deformación de los suelos degradados?</p> <p>2. ¿Cuáles son los estudios de estabilidad de taludes para establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo?</p> <p>3. ¿Qué tipo de elementos finitos se utilizarán?</p>	<p>Objetivo general.</p> <p>El objetivo general es plantear un Modelo matemático consistente en simular la degradación (¿progresiva?) de los suelos por efectos del intemperismo y humedecimiento progresivo para aplicar al análisis de la estabilidad de los taludes más críticos de la región alto andina del Perú, aplicando la teoría de Mohr-Coulomb para suelos con comportamiento elasto-plástico y la solución del modelo matemático del método de los elementos finitos.</p> <p>Objetivos específicos.</p> <p>1. Establecer los Modelos matemáticos que permiten realizar analizar el problema de inestabilidad superficial de taludes en suelos, como una degradación de las propiedades resistentes del suelo.</p> <p>2. Estimar la formulación de la degradación del terreno, en la implementación de un modelo matemático y su empleo del método del elemento finito.</p> <p>3. Explicitar la efectividad los sistemas de prevención para evitar deslizamientos superficiales, y superar el efecto de la degradación.</p>	<p>Hipótesis general.</p> <p>Los modelos matemáticos en la simulación de la degradación de los suelos por efectos del intemperismo y humedecimiento progresivo para analizar la estabilidad de los taludes más críticos de la región alto andina del Perú, aplicando la teoría de Mohr-Coulomb para suelos con comportamiento elasto-plástico y el método de los elementos finitos nos proporcionan la efectividad de los análisis numéricos y nos permiten determinar la inestabilidad superficial de taludes en suelos en degradación de las propiedades resistentes del suelo.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>1.La potencialidad Los modelos matemáticos en el análisis de estabilidad de taludes con degradación en los suelos nos proporcionan la efectividad de los análisis numéricos a determinar la inestabilidad superficial de taludes en suelos en la degradación de las propiedades resistentes del suelo.</p> <p>2.Las propiedades Los programas de elementos finitos nos permite realizar un adecuado planteamiento de la degradación del terreno.</p> <p>3.Los procedimientos El análisis tenso-deformacional de una serie de celdas elementales definidas como parte del talud, establecerá algunos criterios sobre el comportamiento conjunto del suelo y su comportamiento físico mecánico.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Factores de seguridad de estabilidad de taludes, resistencia al corte de los suelos. <p>Variable Interviniente</p> <ul style="list-style-type: none"> Características físico mecánico de los suelos. <p>Variable Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Geometría de las características del talud en estudio, con los suelos degradados, Nivel freático y Otros. 	<ul style="list-style-type: none"> Factores de seguridad de estabilidad de taludes, resistencia al corte de los suelos. Características físico mecánico de los suelos. Geometría de las características del talud en estudio, con los suelos degradados, Nivel freático y Otros. 	<ul style="list-style-type: none"> X=Factor de Seguridad a la falla. Z1=Angulo de fricción interna. Z2=Cohesión. Z3=Permeabilidad Horizontal, Permeabilidad Vertical. Z4=Modulo de Young Z5=Relación de Poisson Y=Sistemas de Refuerzo. Y1=Altura del Talud. Y2=Corona del Talud. Y3=Nivel Freático del Agua. Y4=Peso de los estratos de los suelos. Y5=Tipo de suelos. 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación. Evaluación. Evaluación. Evaluación. Evaluación. Evaluación. Evaluación. Evaluación.

ANEXO 2

Este apéndice presenta importantes conclusiones adicionales derivadas por Plaxis del estudio de caso de pendiente investigado en el capítulo 3, titulado "Los plantadores". El autor omitió estos hechos cruciales en la mayor parte del ensayo.

Figura 29

Deslizamientos totales en la dirección del eje x.

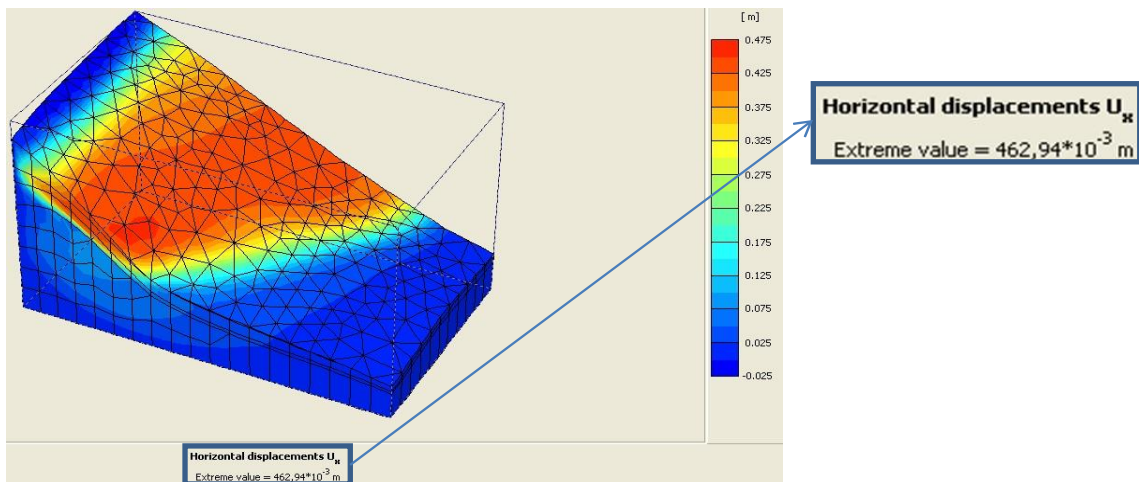


Figura 30

Deslizamientos totales en la dirección del eje z.

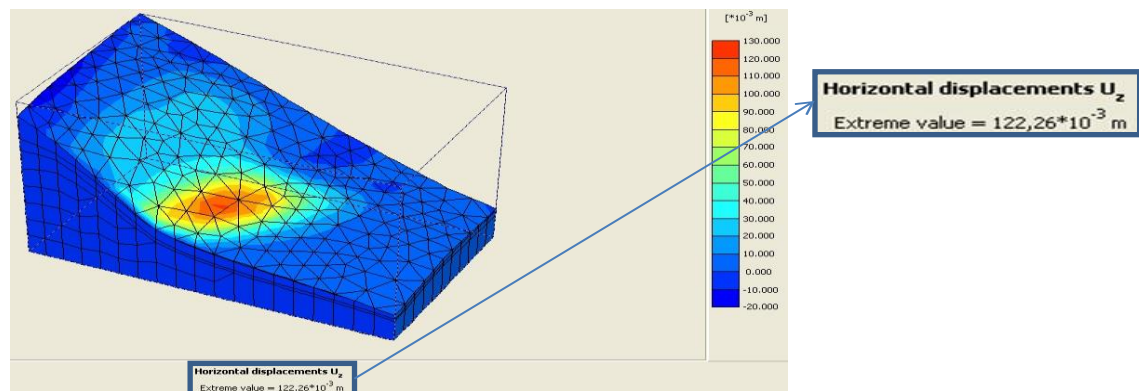


Figura 31

Deformaciones unitarias cortantes totales.

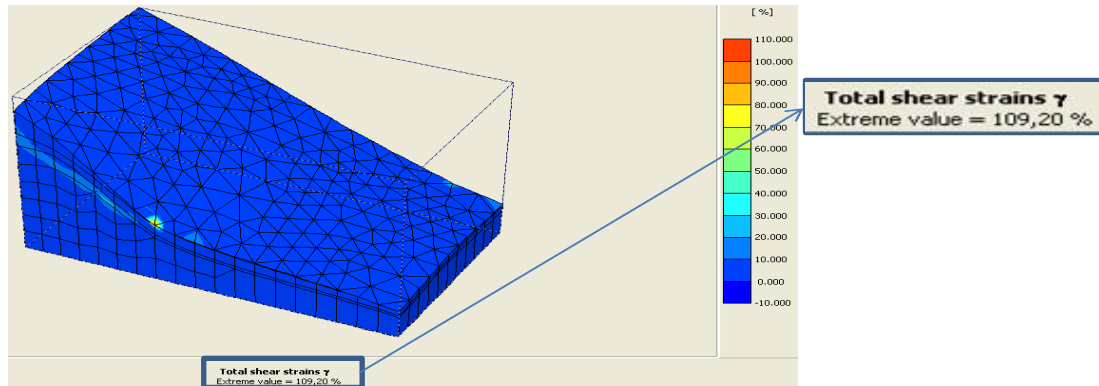


Figura 32

Deformaciones unitarias cortantes incrementales.

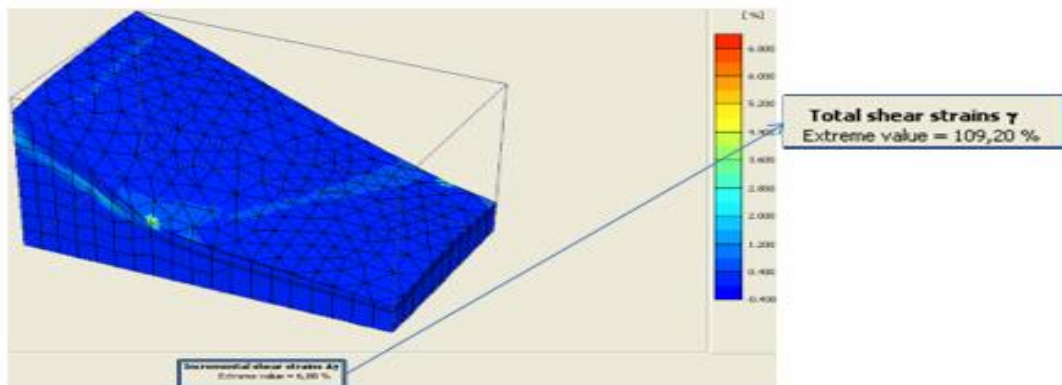


Figura 33

Deformaciones unitarias normales totales (perfil 3).

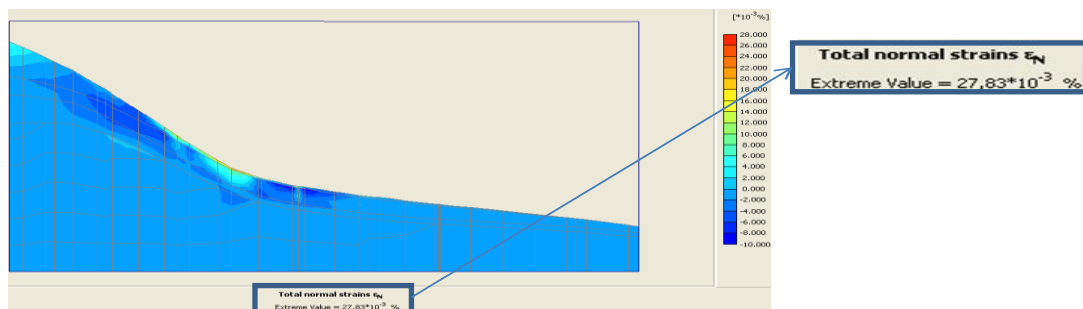


Figura 34

Deformaciones unitarias cortantes verticales totales (perfil 3).

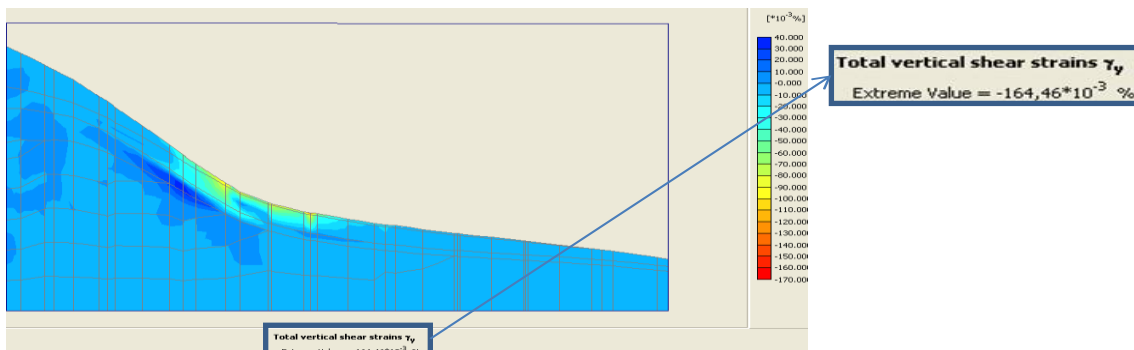


Figura 35

Deformaciones unitarias cortantes horizontales totales (perfil 3).



Figura 36

Stress principales totales.

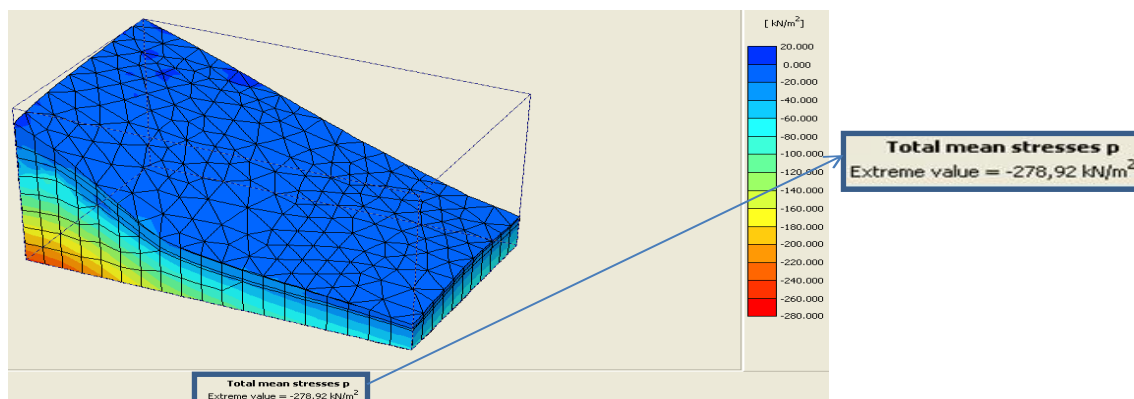


Figura 37

Stress principales efectivas.

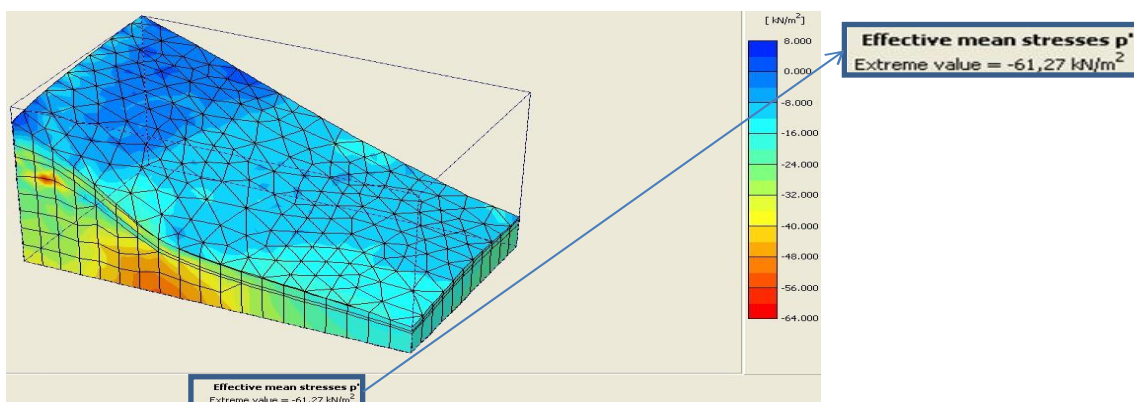


Figura 38

Stress normales efectivas (perfil 3).

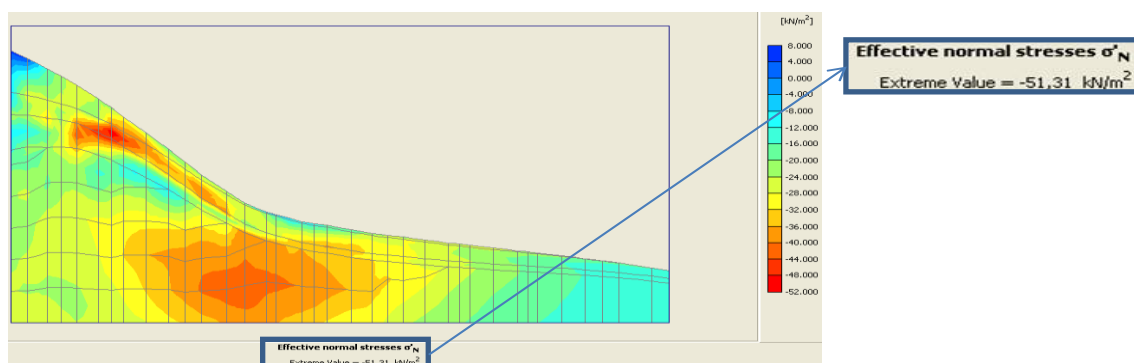


Figura 39

Stress normales totales (perfil 3).

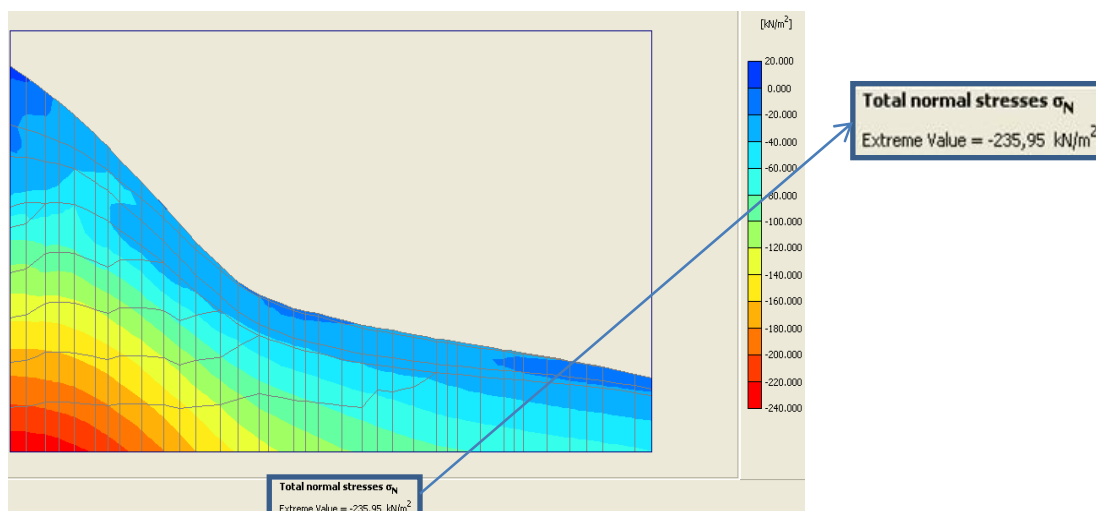


Figura 40

Stress de corte verticales (perfil 3).

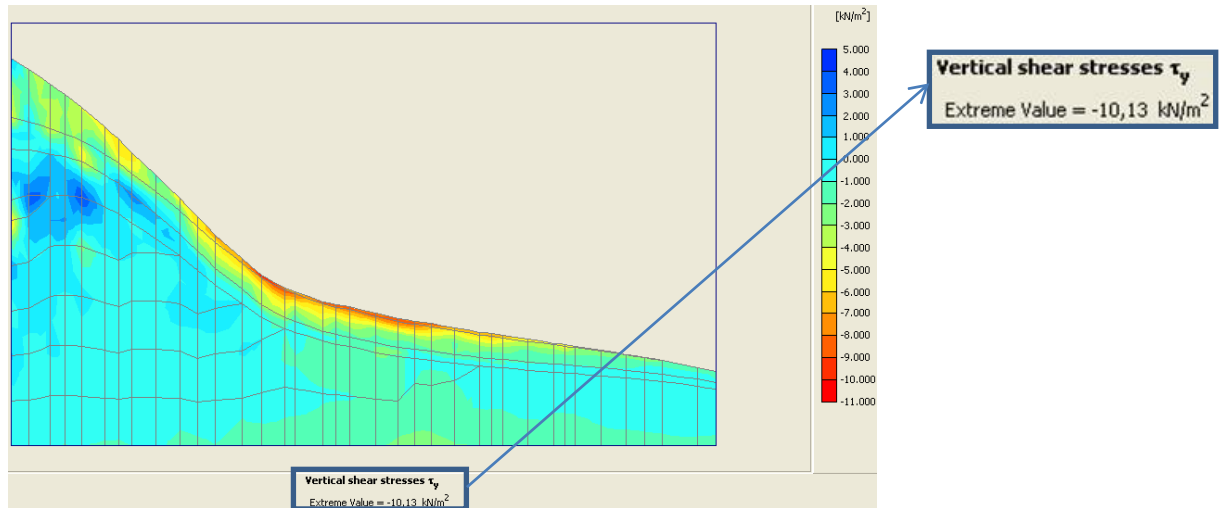
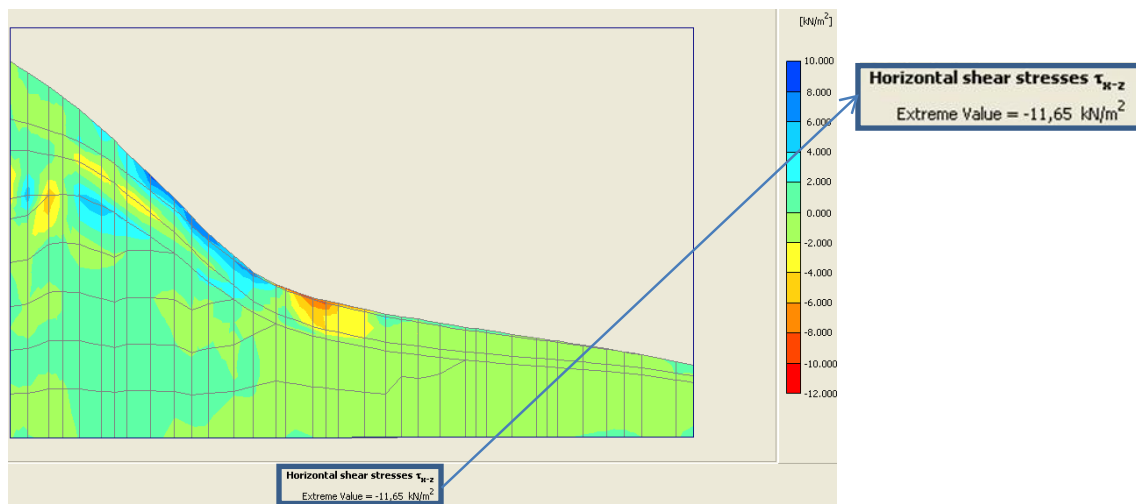


Figura 41

Stress de corte horizontales (perfil 3).



ANEXO 3

El objetivo de este apéndice es proporcionar al lector una comprensión precisa y mensurable de las diferencias entre los métodos de análisis de estabilidad de taludes 2D y 3D. La simulación Plaxis del caso de estudio "Las Jardineras" se realizó utilizando una sección transversal uniforme a lo largo del eje z, especialmente empleando el perfil longitudinal 2. Esta disminución permite un examen completo en dos dimensiones. Para ayudar a la comparación de resultados, se desarrolló un modelo adicional que tuvo en cuenta los tres perfiles longitudinales del área de estudio. Las comparaciones se realizaron sólo para los elementos apropiados en ambas arquitecturas, utilizando el perfil longitudinal #2.

Para simplificar el análisis de datos, hemos decidido elegir el perfil en el centro del talud simulado y utilizarlo para un análisis 2D, al que nos referiremos como sección 1. La primera versión de la inclinación analizada se denominó sección 2.

Figura 42

Talud simulación mediante un único perfil logitudinal (perfil # 2)

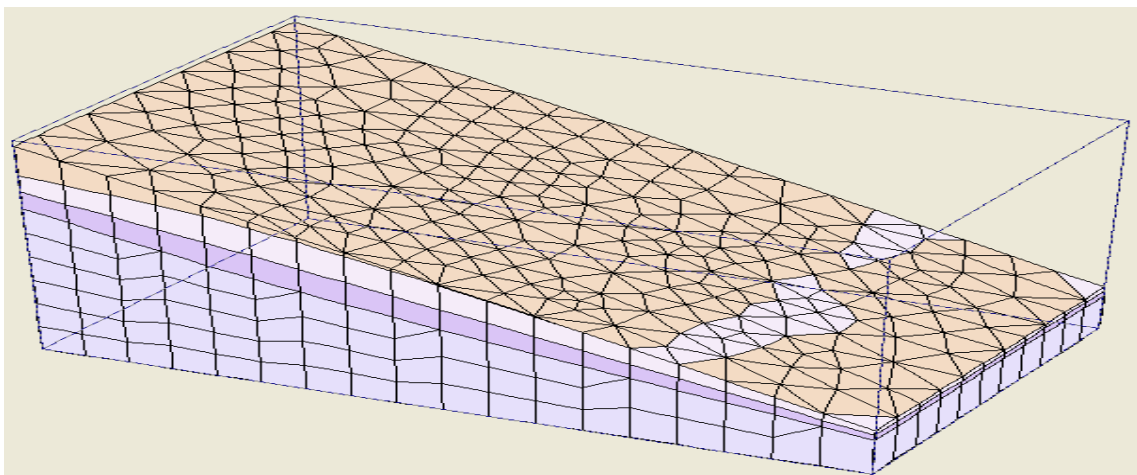


Figura 43

Talud simulación según los tres perfiles extraídos en la zona de estudio.

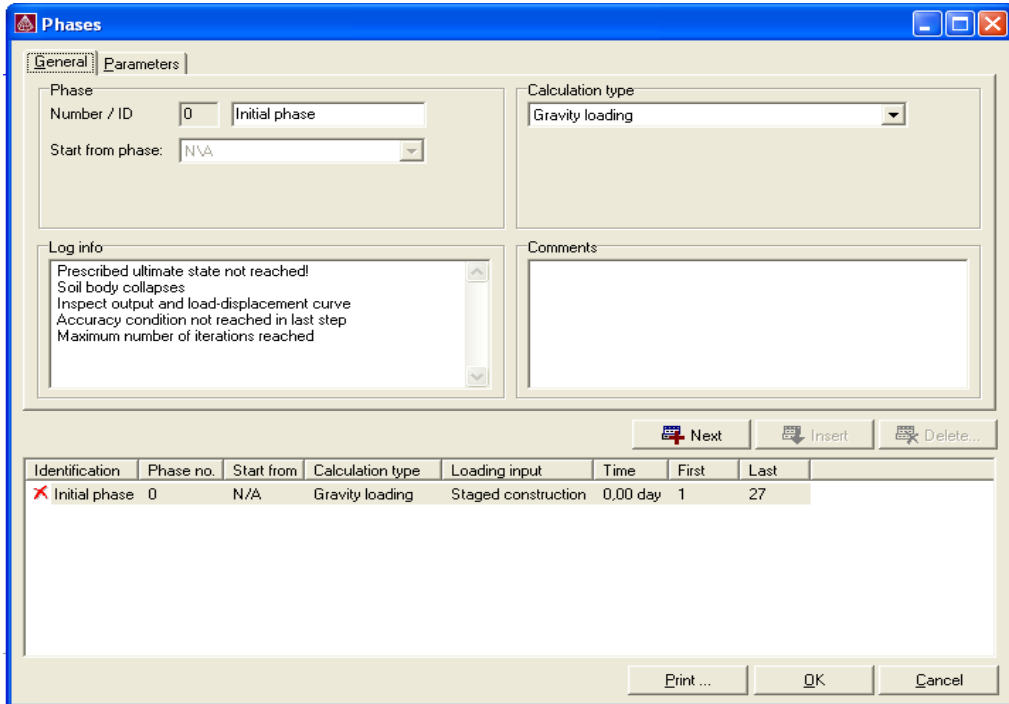


Figura 44

Malla deformada de la sección 1.

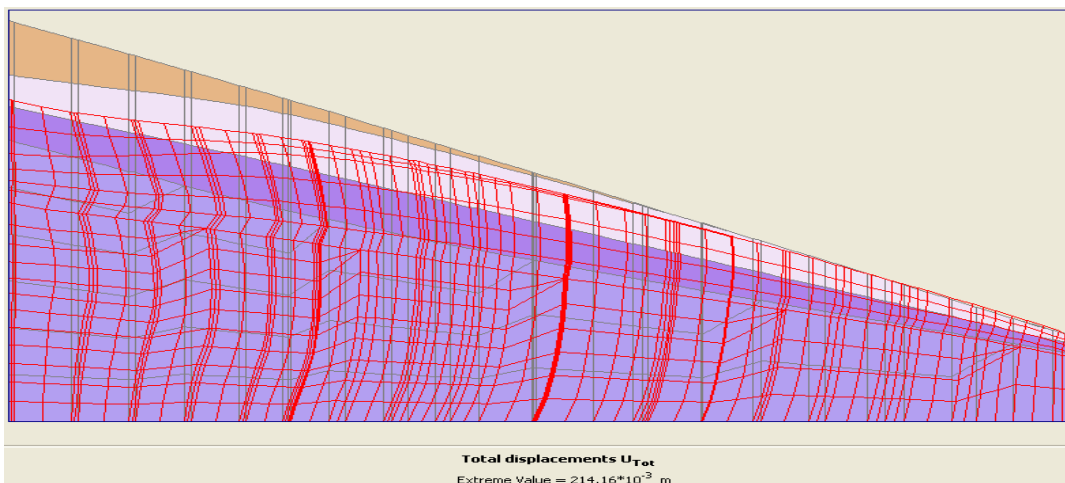


Figura 45

Deslizamientos totales de la sección 1.

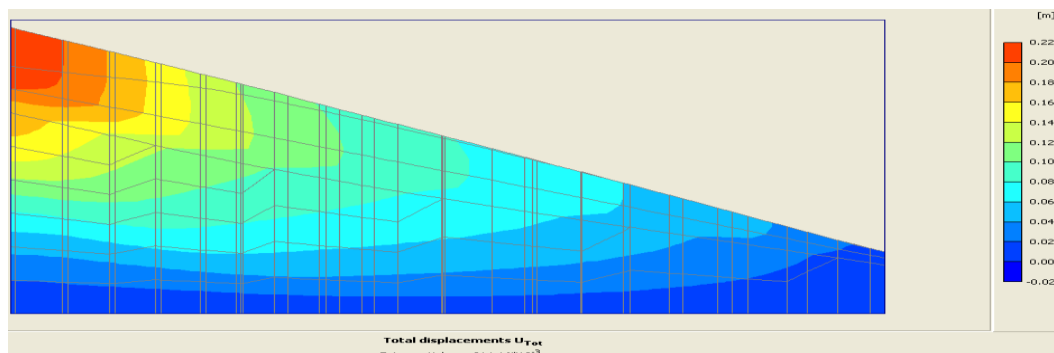


Figura 46

Deslizamientos en la dirección del eje x de la sección 1.

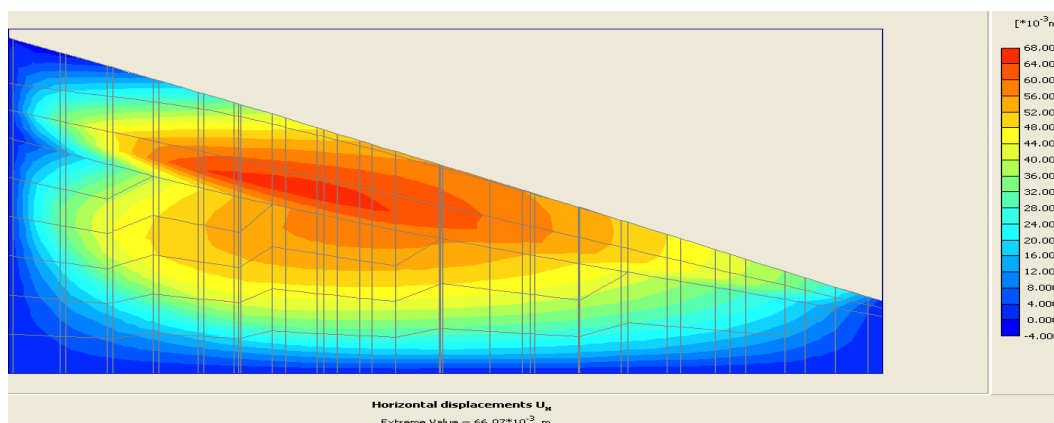


Figura 47

Deslizamientos en la dirección del eje z de la sección 1.

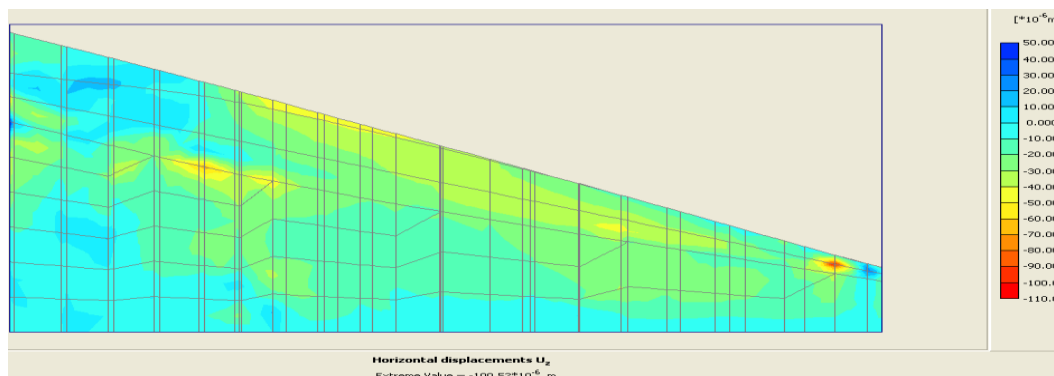


Figura 48

Deslizamientos en la dirección del eje y de la sección 1.

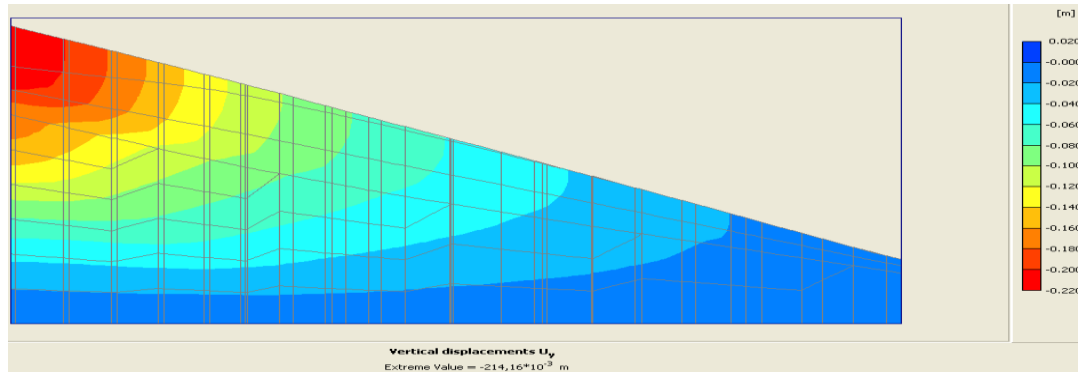


Figura 49

Stress principales totales de la sección 1.

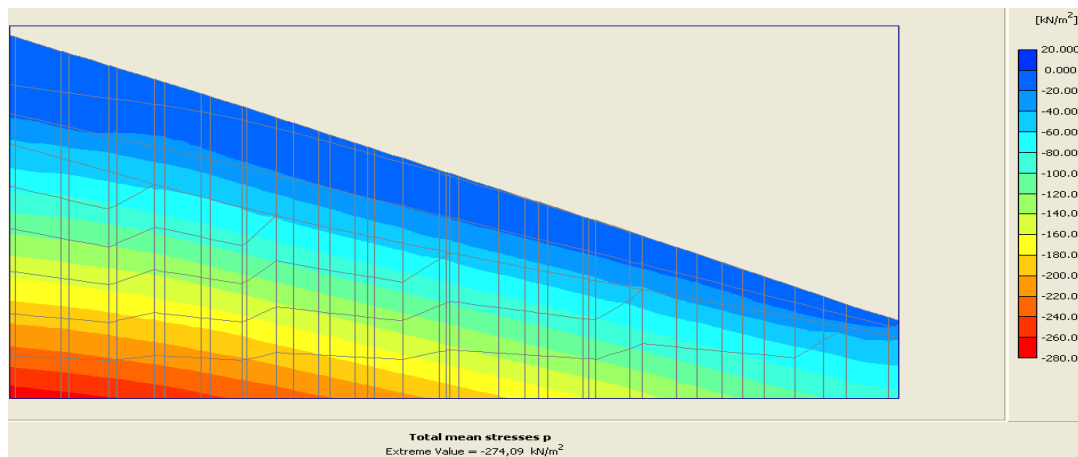


Figura 50

Stress principales efectivas de la sección 1.

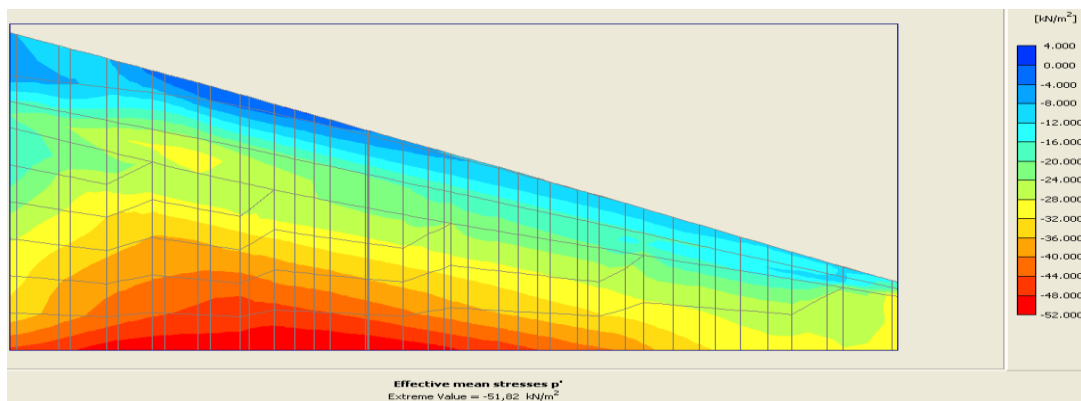


Figura 51

Stress de corte verticales de la sección 1.



Figura 52

Stress de corte horizontales de la sección 1.

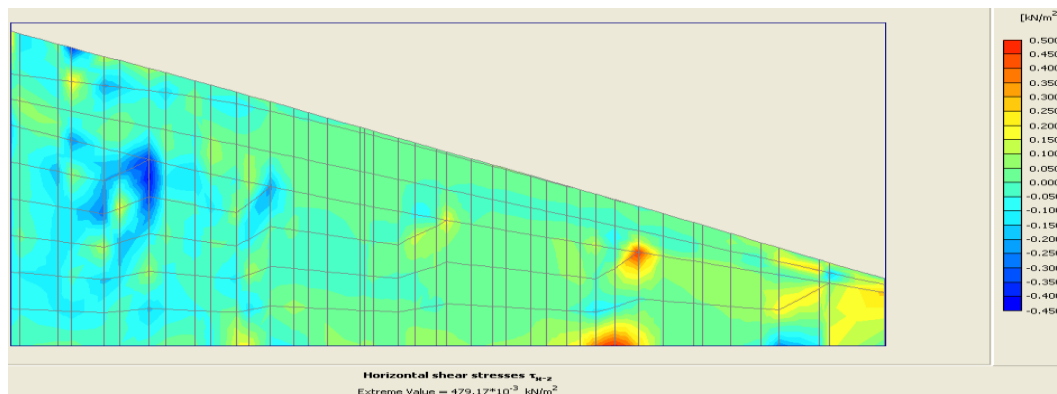
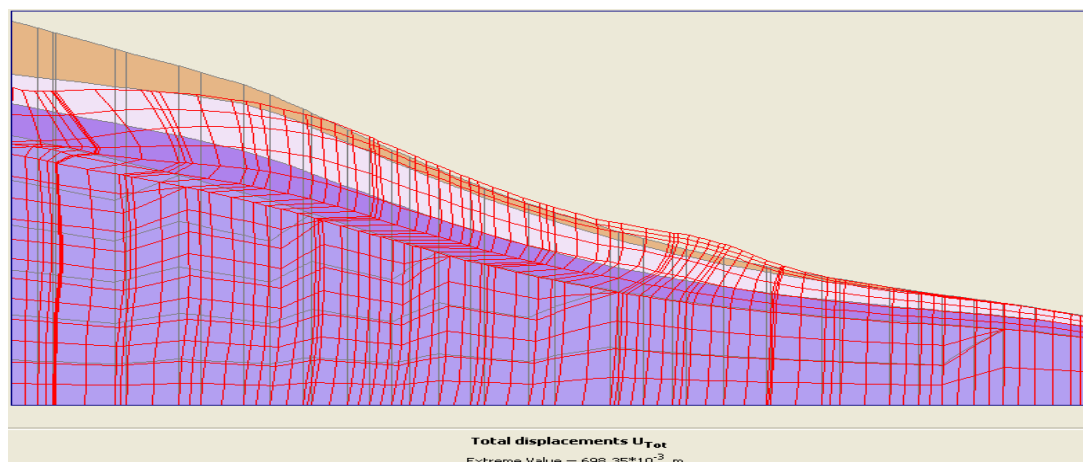


Figura 53

Malla deformada de la sección 2.



Véase la diferencia significativa, en cuanto al estado final de la masa de suelo, que experimenta la sección 2 con respecto a la sección 1.

Figura 54

Deslizamientos totales de la sección 2.

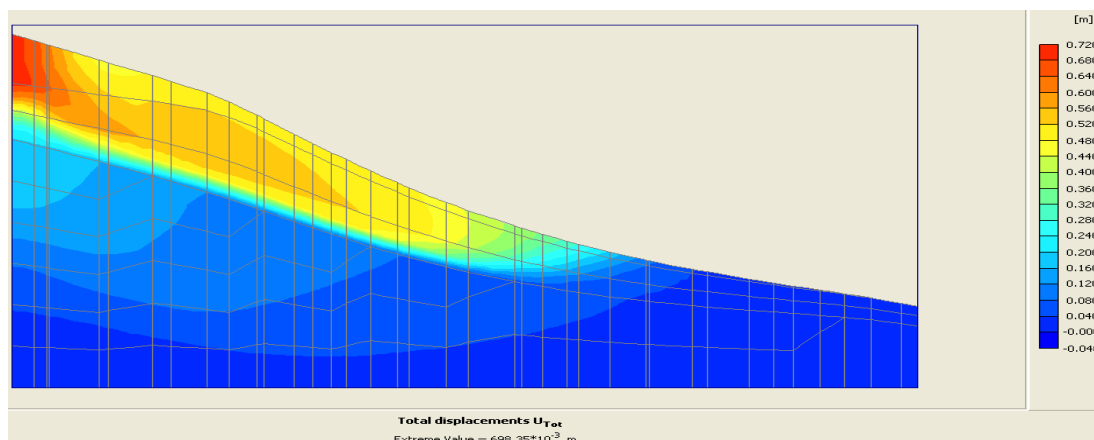


Figura 55

Deslizamientos en la dirección del eje x de la sección 2.

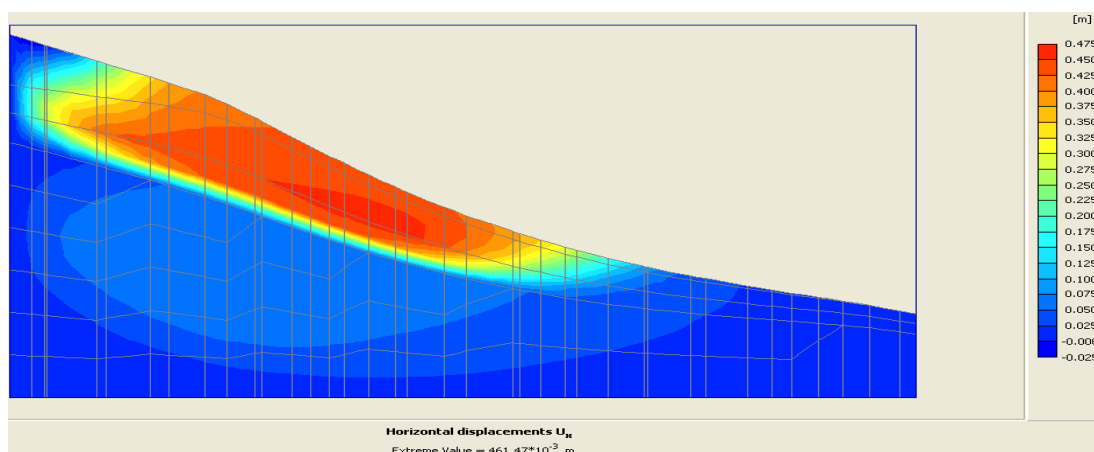


Figura 56

Deslizamientos en la dirección del eje z de la sección 2.

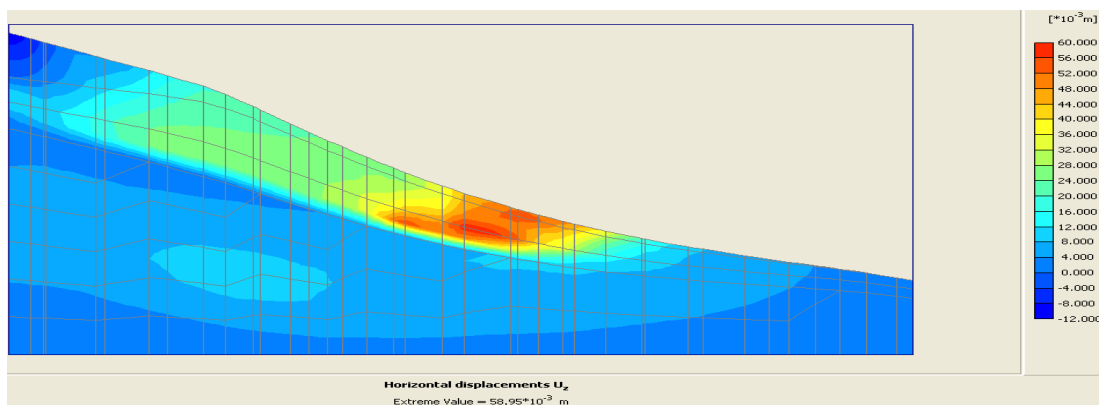


Figura 57

Deslizamientos en la dirección del eje y de la sección 2.

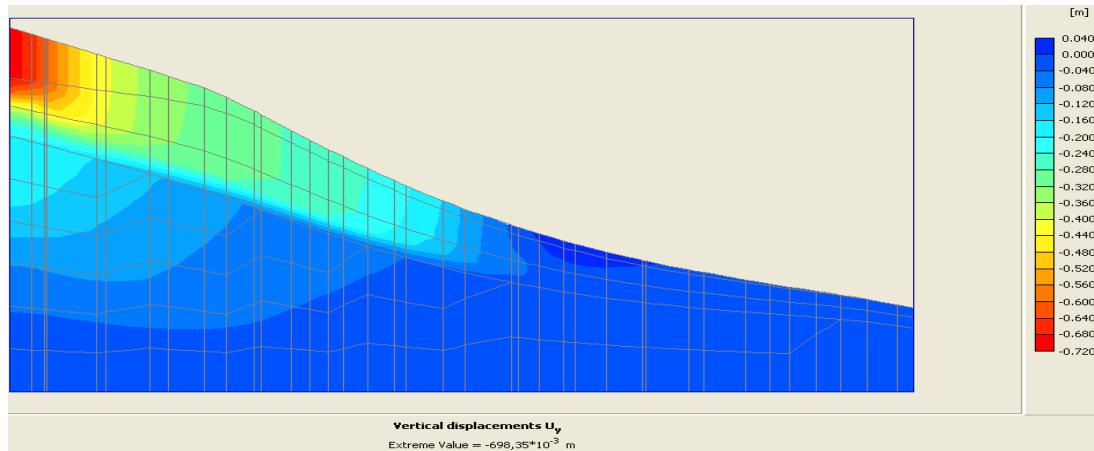


Figura 58

Stress principales totales de la sección 2.

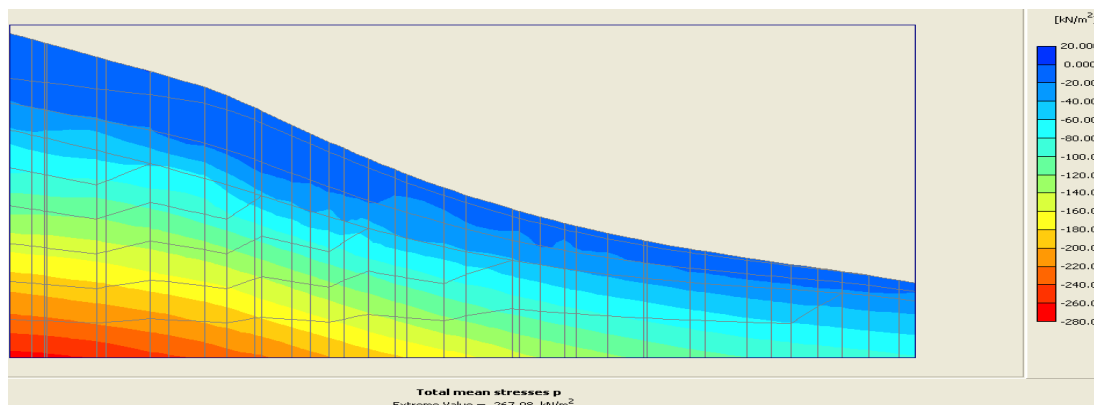


Figura 59

Stress principales efectivas de la sección 2.

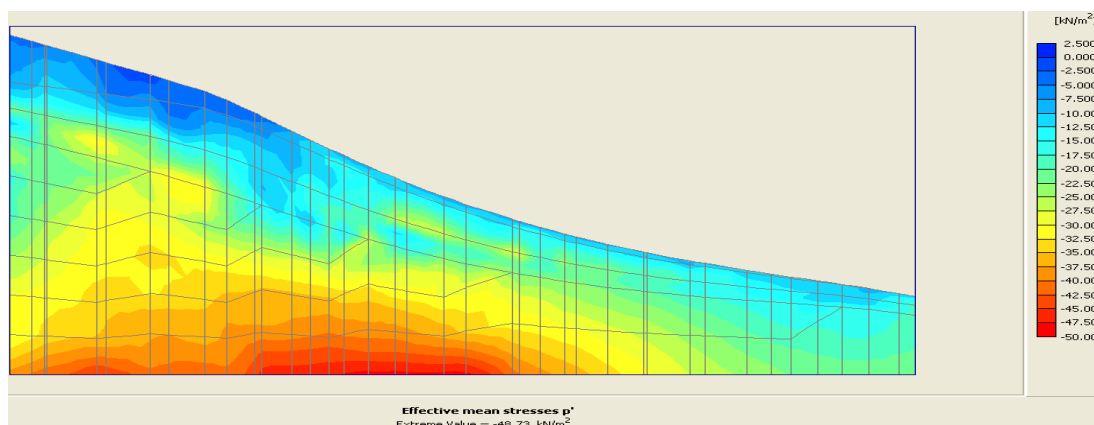
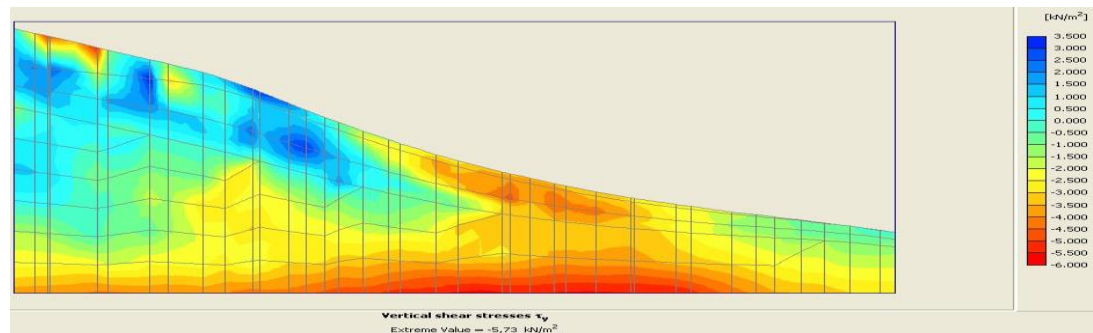
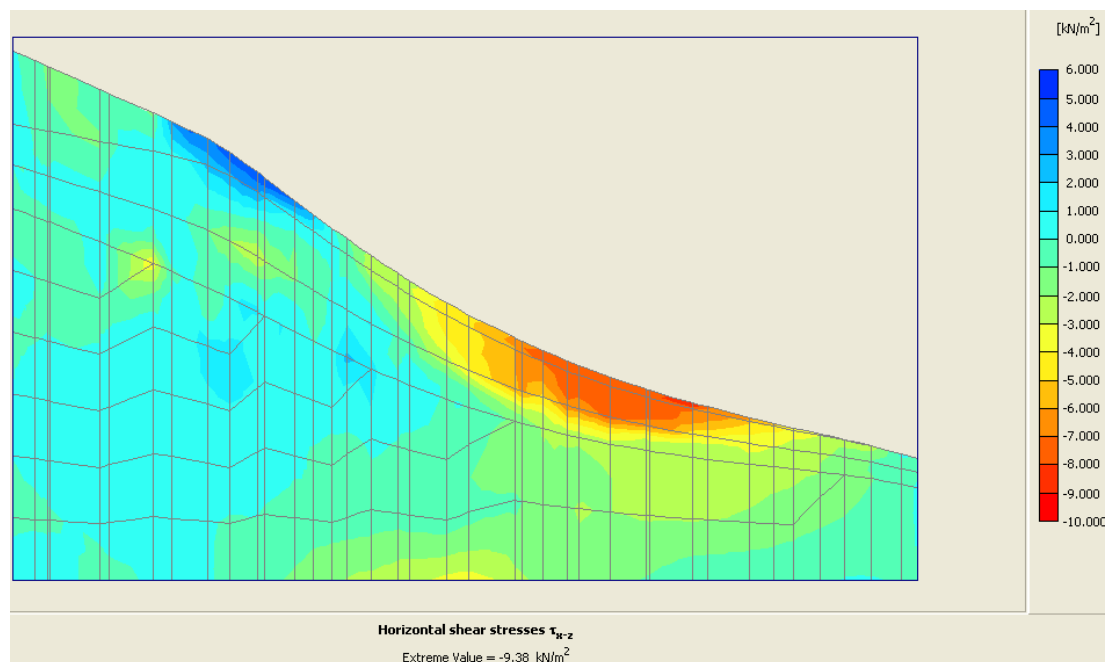


Figura 60*Stress de corte verticales de la sección 2.***Figura 61***Stress de corte horizontales de la sección 2.*

La evaluación cuantitativa de los parámetros investigados no fue posible ya que sus valores más altos no ocurrieron en la misma región de la masa del suelo. Esta limitación tiene dos efectos en el análisis, ya que el área elegida para el análisis de pendientes puede no ser significativa o ideal para la investigación. La siguiente tabla proporciona una comparación cuantitativa de datos cuantificables recopilados de las secciones 1 y 2. Estas secciones son piezas

geométricamente similares situadas dentro de la región de la pendiente y evaluadas en condiciones idénticas.

Tabla 19

Valores máximos de algunos parámetros comparativos entre la sección 1 y la sección 2.

Parámetro evaluado	Sección 1	Sección 2	Diferencia (%)
Desplazamiento total	214,16 * 10 ⁻³ m	698,35 * 10 ⁻³ m	69,33
Stress principales totales	-274,09 kN/m ²	-267,98 kN/m ²	2,23
Stress principales efectivas	-51,82 kN/m ²	-48,73 kN/m ²	5,96

Aunque puede haber pequeñas variaciones en ciertos factores, como el peso total en la pendiente, existe una disparidad sustancial en el desplazamiento entre las dos secciones, con discrepancias que superan el 70%.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 10-06-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos:	<u>ROGGER DINE VENTURO CUBA</u>		
Dirección:	<u>JR. ALFONSO UGARTE N° 111</u>		
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:	<u>71004570</u>		
Teléfono:	<u>940 08 62 96</u> email: <u>dime_92_10@hotmail.com</u>		
Nombres y Apellidos:			
Dirección:			
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:			
Teléfono:	email:		
Facultad y/o Escuela de Posgrado:	<u>INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS</u>		
Escuela Profesional o Mención:			
Título o Grado Académico a optar:			
Asesor:	<u>Mgtr. Ing. JOSE ANTONIO PAREDES VERA</u>		
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:			
Trabajo de Investigación <input type="checkbox"/>	Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional <input type="checkbox"/>	Trabajo Académico <input type="checkbox"/>
Título:	<u>MODELOS MATEMÁTICOS DE SUELOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO PARA EL CERRO CHOQUECHAMBI - REGIÓN PUNO</u>		
Palabras claves, (3 a 5 términos):	<u>FACTOR DE SEGURIDAD, ESTABILIDAD, PLAXIS, TALUD.</u>		
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2} ?	<u>1</u>		

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, entre 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: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

10-06-2024

Fecha