

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis y propuesta de estabilización de taludes utilizando
tecco system G65 o geomallas coextruidas mono orientadas en
el tramo de la carretera Rocchacc – Ongoy provincia de
Chincheros, departamento de Apurímac, 2022**

Edwin Javier Montoya Aldonate

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Augusto Elias Garcia Corzo
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 28 de agosto de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Análisis y propuesta de estabilización de taludes utilizando TECCO System G65 o geomallas coextruidas mono orientadas en el tramo de la carretera Rocchacc – Ongay Provincia de Chincheros, Departamento de Apurímac, 2022

Autor:

Edwin Javier Montoya Aldonate – EAP, Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 15 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía

SI ☒ NO ☐

- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores

SI ☒ NO ☐

Nº20 de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"):

- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante

SI ☒ NO ☐

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original

(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)
Idad Interesado(a)

Cc.
Facultad
Interesado(a)

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis asesores, profesores, habitantes locales y autoridades del tramo de la carretera Rocchacc-Ongoy, en la provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, así como a la empresa proveedora de los sistemas *Tecco System G65* y geomallas coextruidas mono-orientadas. Su orientación, colaboración y apoyo técnico fueron fundamentales para la realización de esta tesis. También quiero agradecer a mi familia y a mi mejor compañera de vida, mi pareja, por su constante motivación y respaldo durante este proceso.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos abuelos, cuyo amor y sabiduría son mi inspiración constante. A mis padres, por su inquebrantable apoyo y sacrificio, que han hecho posible que hoy culmine este camino. A mis hermanos, compañeros de risas y retos, su aliento ha sido vital. A mi amada pareja: tu paciencia y aliento me impulsaron en cada paso. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en este proceso y en mi vida. Con gratitud infinita, dedico este logro a ustedes.

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	15
1.1 Planteamiento del Problema y Formulación del Problema	15
1.2 Objetivos	18
1.3 Justificación e Importancia	19
1.4 Delimitación del Proyecto	20
1.5 Hipótesis	21
1.6 Variables	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1 Antecedentes del Problema	24
2.2 Bases Teóricas	28
2.2.1 Geomalla	28
2.2.2 Malla Tecco System	31
2.2.3 Geomalla Coextruída	37
2.2.4 Estabilización de Taludes	38
2.2.5 Cohesión del Suelo	38
2.2.6 Ángulo de Inclinação	39
2.2.7 Ángulo de Fricción	39
2.2.8 Resistencia a la Tensión (kN/m ²)	40
2.2.9 Factor de Seguridad	41
2.2.10 Factor de Seguridad al Corte en Condiciones Estáticas	43
2.2.11 Factor de Seguridad al Corte en Condiciones Pseudoestáticas	43

2.2.12 Deformaciones de Taludes	43
2.2.13 Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes	45
2.2.14 Softwares GEO5 de Estabilización de Taludes	48
2.2.15 Softwares Slide para Estabilidad de Taludes	50
2.3 Definición de Términos Básicos	54
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	56
3.1 Método de la Investigación	56
3.2 Tipo de la Investigación	56
3.3 Nivel de Investigación	56
3.4 Diseño de la Investigación	57
3.5 Población, Muestra y Muestreo	57
3.6 Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos	58
3.7 Métodos de Análisis	59
3.8 Aspectos Éticos	59
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	61
4.1 Descripción de la Zona de Estudio	61
4.1.1 Generalidades	61
4.1.2 Metodología	61
4.1.3 Ubicación	62
4.1.4 Geomorfología	62
4.1.5 Geología General	63
4.1.6 Estratigrafía Regional	65
4.1.7 Geología Local	66
4.1.8 Antecedentes de Sismos en el Departamento de Apurímac	66
4.1.9 Riesgo Sísmico	66

4.1.10 Coeficiente Sísmico	68
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	69
5.1 Estudios de Suelos	69
5.2 Generalidades	70
5.3 Análisis de Estabilidad de Taludes en Estado Actual	73
5.4 Análisis de Estabilidad de Taludes con Modificación de Geometría	78
5.5 Análisis de Estabilidad de Taludes Utilizando Tecco System G65	81
5.6 Análisis de Estabilidad de Taludes con Geomalla Coextruida Mono Orientada	93
CAPÍTULO VI: PRUEBA DE HIPÓTESIS Y DISCUSIÓN	96
6.1 Análisis Estadístico de las Hipótesis Específicas	96
6.2 Discusión de Resultados	105
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS	125

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables
- Tabla 2. Características de la Malla G65/3
- Tabla 3. Características Resistentes
- Tabla 4. Características Anticorrosivas
- Tabla 5. Carga Aplicada para la Tensión
- Tabla 6. Apriete Recomendado según Diámetro del Cable
- Tabla 7. Coordenadas UTM
- Tabla 8. Distribución de Muestras
- Tabla 9. Parámetros Sísmicos del Área de Estudio
- Tabla 10. Localización de Excavaciones Realizadas
- Tabla 11. Ensayos de Campo y de Laboratorio Realizados
- Tabla 12. Resumen de las Propiedades Mecánicas de los Suelos
- Tabla 13. Factores de Seguridad a Emplear en el Análisis de Estabilidad de Taludes
- Tabla 14. Factor de Seguridad Estático del Corte 1 en Condiciones Actuales
- Tabla 15. Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 1 en Condiciones Actuales
- Tabla 16. Factor de Seguridad Estático del Corte 2 en Condiciones Actuales
- Tabla 17. Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 2 en Condiciones Actuales
- Tabla 18. Factor de Seguridad Estático del Corte 3 en Condiciones Actuales
- Tabla 19. Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 3 en Condiciones Actuales
- Tabla 20. Factores de Seguridad con la Primera Alternativa de Estabilización
- Tabla 21. Factores de Seguridad con la Alternativa de Perfil Modificado
- Tabla 22. Parámetros Iniciales de Anclaje
- Tabla 23. Factores de Seguridad con la Tercera Alternativa de Estabilización
- Tabla 24. Factores de Seguridad Pseudoestático con la Tercera Alternativa de Estabilización
- Tabla 25. Factores de Seguridad con la Cuarta Alternativa de Estabilización
- Tabla 26. Factores de Seguridad Pseudoestático con la Cuarta Alternativa de Estabilización
- Tabla 27. Parámetros Finales de Anclaje
- Tabla 28. Factores de Seguridad con Medida de Estabilización Eficiente
- Tabla 29. Propiedades Mecánicas de los Geosintéticos
- Tabla 30. Factores de Seguridad con la Incorporación de Geosintéticos
- Tabla 31. Comparación de Factores de Seguridad
- Tabla 32. Escenarios Comparados

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Zona de Deslizamiento de la Carretera Rocchacc-Ongoy
- Figura 2. Talud Estabilizado Recubierto de Vegetación
- Figura 3. Geomalla Uniaxial
- Figura 4. Geomalla Biaxial
- Figura 5. Geomalla Triaxial
- Figura 6. Geomalla Tecco de Acero de Alta Resistencia
- Figura 7. Pernos de Anclaje G65
- Figura 8. Presión de Placa y Malla
- Figura 9. Sujetacables
- Figura 10. Sujetacables Instalado
- Figura 11. Instalación del Tecco System
- Figura 12. Geomalla Biaxial Coextruida
- Figura 13. Cohesión del Suelo
- Figura 14. Ángulo de Fricción Interna
- Figura 15. Curva Esfuerzo-Deformación
- Figura 16. Fuerza de Compresión y Flexión
- Figura 17. *Phi* Reduction-Plaxis
- Figura 18. Cálculo de Deformaciones
- Figura 19. Fuerzas Actuantes
- Figura 20. Superficie Poligonal
- Figura 21. Superficie Circular
- Figura 22. Visualización 3D
- Figura 23. Slide 2D
- Figura 24. Slide-Estabilidad de Taludes
- Figura 25. Capas Estructurales-Slide
- Figura 26. Ubicación Satelital del Proyecto
- Figura 27. Mapa Geomorfológico del Área de Estudio
- Figura 28. Mapa Geológico del Cuadrángulo San Miguel
- Figura 29. Columna Estratigráfica Generalizada del Cuadrángulo de San Miguel
- Figura 30. Mapa Geológico del Área de Estudio
- Figura 31. Zonificación Sísmica del Perú
- Figura 32. Mapa de Isoaceleraciones del Perú
- Figura 33. Levantamiento Topográfico con las Secciones de Corte

Figura 34. Perfil Simplificado de las Secciones de Análisis A

Figura 35. Perfil Simplificado de las Secciones de Análisis B

Figura 36. Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 1

Figura 37. Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 2

Figura 38. Factor de Seguridad Pseudoestático en Condiciones Actuales del Corte 2

Figura 39. Factor de Seguridad Estático del Corte 3

Figura 40. Factor de Seguridad del Talud en Condiciones Actuales del Corte 3

Figura 41. Factor de Seguridad Estático con Primera Alternativa de Estabilización

Figura 42. Factor de Seguridad Estático con Alternativas de Perfil Modificado

Figura 43. Factor de Seguridad con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=30^\circ$)

Figura 44. Factor de Seguridad con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=25^\circ$)

Figura 45. Factor de Seguridad con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=20^\circ$)

Figura 46. Factor de Seguridad Pseudoestático con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=30^\circ$)

Figura 47. Factor de Seguridad Pseudoestático con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=25^\circ$)

Figura 48. Factor de Seguridad Pseudoestático con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=20^\circ$)

Figura 49. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=30^\circ$)

Figura 50. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=25^\circ$)

Figura 51. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=20^\circ$)

Figura 52. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=30^\circ$)

Figura 53. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=25^\circ$)

Figura 54. Factor de Seguridad Con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=20^\circ$)

Figura 55. Variación del Factor de Seguridad con $i=30^\circ$ (Alternativa 3)

Figura 56. Variación del Factor de Seguridad con $i=25^\circ$ (Alternativa 3)

Figura 57. Variación del Factor de Seguridad con $i=30^\circ$ (Alternativa 4)

Figura 58. Variación del Factor de Seguridad con $i=25^\circ$ (Alternativa 4)

Figura 59. Medida de Estabilización más Efectiva en Condiciones Estáticas - Corte 1

Figura 60. Medida de Estabilización más Efectiva en Condiciones Pseudoestático - Corte 1

Figura 61. Factor de Seguridad Estático con la Incorporación de los Geosintéticos

Figura 62. Factor de Seguridad Pseudoestático con la Incorporación de los Geosintéticos

RESUMEN

La estabilización de taludes en carreteras es fundamental para garantizar su seguridad y funcionalidad. Este estudio se llevó a cabo en el tramo Rocchacc-Ongoy, ubicado en la provincia de Chincheros, región Apurímac. El objetivo principal fue determinar la alternativa más adecuada de estabilización entre las mallas *Tecco System G65* y las geomallas coextruidas mono-orientadas, para mejorar la seguridad vial en dicho tramo.

Los análisis efectuados sobre los cortes del talud identificaron al Corte 1 como la sección más crítica, al presentar el menor factor de seguridad: 1.00 en condiciones estáticas y 0.87 en condiciones pseudoestáticas, ambos valores por debajo de lo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Si bien las modificaciones geométricas, como la incorporación de banquetas y el rediseño del perfil, elevaron el factor de seguridad hasta 1.3, estas medidas no lograron garantizar una estabilidad adecuada del talud.

No obstante, se evidenció que la implementación del *Tecco System G65* y de geomallas coextruidas mono-orientadas incrementó significativamente el factor de seguridad, cumpliendo con las normativas vigentes. En particular, la combinación de banquetas o perfil modificado con el *Tecco System G65*, empleando un ángulo de anclaje de 30°, demostró ser eficaz para reforzar la sección crítica del talud.

Los resultados indican que las soluciones de estabilización basadas en tecnologías como el *Tecco System G65* y las geomallas coextruidas mono-orientadas son viables y efectivas para mejorar la seguridad en taludes de alta vulnerabilidad, como el del tramo Rocchacc-Ongoy. Finalmente, se optó por la aplicación de geomallas coextruidas mono-orientadas debido a su menor costo y a su mayor capacidad para incrementar el factor de seguridad.

Palabras clave: *Estabilización de taludes, Tecco System G65, geomallas coextruidas mono orientadas, reforzamiento de taludes.*

ABSTRACT

Slope stabilization on roads is essential to ensure their safety and functionality. This study was conducted along the Rocchacc-Ongoy section, located in the Chincheros Province, Apurímac Region. The main objective was to determine the most suitable stabilization alternative between the *Tecco System G65* and mono-oriented co-extruded geogrids, in order to improve road safety in this section.

The slope cut analyses identified Cut 1 as the most critical section, showing the lowest safety factor: 1.00 under static conditions and 0.87 under pseudo-static conditions, both values falling below the standards set by the National Building Regulations. Although geometric modifications, such as the incorporation of berms and profile redesign, increased the safety factor to 1.3, these measures were insufficient to ensure adequate slope stability.

However, the implementation of the *Tecco System G65* and mono-oriented co-extruded geogrids significantly improved the safety factor, complying with current regulations. In particular, the combination of berms or a modified slope profile with the *Tecco System G65*, using a 30° anchoring angle, proved effective in reinforcing the critical slope section.

The results suggest that stabilization solutions based on technologies like the *Tecco System G65* and mono-oriented co-extruded geogrids are both viable and effective in enhancing safety in high-risk road slopes, such as that of the Rocchacc-Ongoy section. Ultimately, mono-oriented co-extruded geogrids were chosen due to their lower cost and greater ability to increase the safety factor.

Keywords: *Slope stabilization, Tecco System G65, mono-oriented co-extruded geogrids, slope reinforcement.*

INTRODUCCIÓN

El proceso de estabilización de taludes se ha convertido en una tarea fundamental dentro del esfuerzo continuo por mejorar la infraestructura vial y garantizar la seguridad de los conductores. La carretera que conecta Rocchacc y Ongoy, ubicada en la provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, presenta significativos desafíos geotécnicos. En este proyecto de tesis se evalúan dos alternativas para su estabilización: mallas *Tecco System G65* y las geomallas coextruidas mono-orientadas.

Las carreteras desempeñan un papel crucial en la conexión y el desarrollo de las regiones, al facilitar el comercio, el transporte y la interacción social. La estabilidad de los taludes en estas vías es esencial para asegurar tanto la seguridad de los usuarios como la funcionalidad de la infraestructura. En este sentido, la elección de técnicas apropiadas de estabilización se convierte en un aspecto clave para enfrentar los desafíos geotécnicos y climáticos de la zona.

Esta investigación posee una justificación teórica sólida, al promover el análisis comparativo de las propiedades y el desempeño de las técnicas de estabilización consideradas. Además, busca ofrecer una solución práctica a los problemas de inestabilidad en el tramo vial Rocchacc-Ongoy, contribuyendo a mejorar la seguridad de sus usuarios. Desde una perspectiva metodológica, el estudio establece una base técnica para futuras investigaciones en zonas con características geotécnicas similares, al evaluar la eficacia de las geomallas como solución de ingeniería.

El área de estudio comprende el tramo de la carretera Rocchacc-Ongoy, donde se realizaron análisis geomecánicos y estudios de estabilidad. A partir de un plan exploratorio y evaluaciones detalladas, se obtuvieron el perfil estratigráfico del terreno, las condiciones de estabilidad y las recomendaciones geotécnicas pertinentes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento del Problema y Formulación del Problema

La erosión y el colapso de taludes en zonas de carretera son problemas recurrentes, especialmente en regiones con topografía irregular. Esta situación genera obstrucciones en la circulación vehicular y pone en riesgo a los peatones, lo que evidencia la necesidad urgente de implementar soluciones eficaces para estabilizar los taludes que bordean estas infraestructuras viales. Las carreteras son fundamentales para la conectividad territorial, facilitando el tránsito de personas y bienes entre distintas zonas, por lo que su seguridad estructural es prioritaria.

Costa Rica, país tropical ubicado entre los océanos Pacífico y Atlántico, se caracteriza por una geografía sumamente variada. A pesar de contar con zonas planas, gran parte del país está atravesada por cordilleras montañosas que presentan pendientes pronunciadas. Durante la temporada de lluvias, estas pendientes se vuelven inestables debido a la presencia de suelos residuales de hasta 10 metros de espesor superpuestos a formaciones rocosas. La interfaz entre estos materiales tiende a generar planos de falla o separación por infiltración, acentuando los deslizamientos de tierra. La alta pluviosidad y la falta de espacio para intervenciones correctivas agravan el problema, exponiendo formaciones rocosas sin una estabilización adecuada (Bermúdez, 2019).

Durante mucho tiempo, los sistemas de estabilización de taludes carecieron de normativas técnicas claras, lo que derivó en la implementación de soluciones sin un respaldo científico o metodológico riguroso. Aunque algunos expertos han hecho esfuerzos por aplicar criterios técnicos sólidos, aún persiste la práctica de emplear soluciones empíricas o basadas en experiencia previa sin evaluación contextual. Como resultado, se han aplicado grandes extensiones de membranas u otras soluciones sin criterios específicos, motivados

frecuentemente por factores económicos más que técnicos. Esta situación ha conllevado riesgos considerables, además de resultar en intervenciones costosas e ineficientes que no logran una estabilización efectiva del terreno (Fonseca y Roduner, 2022).

Numerosos proyectos de ingeniería impactan la estabilidad de los taludes, ya que modifican la topografía, alteran el flujo superficial y subterráneo del agua, y generan cambios en las condiciones de tensión y resistencia del suelo. La erosión, causada principalmente por el agua y el viento, modifica la geometría del talud y altera las tensiones internas previstas en su diseño original. Durante la temporada de lluvias, la saturación del suelo incrementa la masa del talud y reduce su resistencia al corte, favoreciendo procesos erosivos. La infiltración del agua genera presiones de poro y fuerzas de filtración que pueden desestabilizar la estructura. Además, los sismos introducen fuerzas dinámicas que disminuyen aún más la resistencia del suelo mediante esfuerzos de corte adicionales, lo que puede llevar a fenómenos como la licuefacción. En muchos casos, los fallos se deben a condiciones geológicas no identificadas durante las etapas de reconocimiento y exploración, lo que introduce incertidumbre en el cálculo del factor de seguridad (Revista Seguridad Minera, 2018).

En el contexto peruano, muchas carreteras y puentes fueron diseñados para soportar cargas de hasta 5 toneladas, mientras que camiones de carga pesada llegan a transportar hasta 53 toneladas. A modo de comparación, en países como Estados Unidos el límite permitido es de 40 toneladas, y la longitud máxima de los vehículos pesados es de 1,6 metros, mientras que en Perú se permiten unidades de hasta 18 metros. Esta sobrecarga, junto con el trazado sinuoso de muchas vías como la Autopista Central, reduce la velocidad operativa y dificulta maniobras, especialmente durante la temporada de lluvias. Estas condiciones generan grandes pérdidas económicas para usuarios y transportistas, además de

frenar el desarrollo económico de las regiones afectadas, limitando su potencial turístico, agrícola e industrial (Mendieta y Suito, 2017).

En la carretera Rocchacc-Ongoy se han registrado múltiples deslizamientos a consecuencia de las lluvias, afectando la circulación vehicular en varios tramos de esta vía secundaria. La Municipalidad de Rocchacc ha comunicado que el terreno presenta condiciones de inestabilidad recurrentes, lo que obliga a mantener maquinaria en la zona para atender emergencias de forma permanente (INDECI, 2022).

La presente investigación se centra en el análisis del talud ubicado en el tramo de la vía Rocchacc-Ongoy, en la provincia de Chincheros (Figura 1). Esta zona ha sido históricamente propensa a deslizamientos, lo cual ha alterado considerablemente su configuración geomorfológica. Las condiciones climáticas variables, con intensas lluvias en ciertos meses y escasez de agua en otros, afectan el ligante del suelo. Estas condiciones justifican la necesidad de evaluar y proponer soluciones de estabilización técnica que respondan adecuadamente a las características geotécnicas de la zona.



Figura 1. Zona de Deslizamiento de la Carretera Rocchacc-Ongoy. Tomada de “Deslizamiento en el distrito de Ongoy - Apurímac”, por INDECI, 2022.

1.1.1 Problema General

¿De qué manera la aplicación de la malla *Tecco System G65* o de la geomalla coextruida mono orientada mejora la estabilidad del talud en el tramo del km 11+080 al km 11+180 de la carretera Rocchacc-Ongoy, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, evaluada mediante el análisis del factor de seguridad?

1.1.2 Problemas Específicos

PE1: ¿Cuál es el factor de seguridad sin un método de estabilización de la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, y cumple el factor con lo mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)?

PE2: ¿Cómo influye la utilización de la geomalla coextruida mono orientada en la estabilización del talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, y es suficiente para cumplir con el factor de seguridad mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)?

PE3: ¿Cómo influye la utilización de la malla *Tecco System G65*, en conjunto con las modificaciones geométricas del perfil, en la estabilización del talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, y se cumple con el factor de seguridad mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)?

PE4: ¿Cuál de las soluciones propuestas ofrece el mejor desempeño en términos de factor de seguridad para la estabilización del talud?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar la estabilidad del talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, mediante el análisis del factor de seguridad en

distintas condiciones de intervención, con malla *Tecco System G65* y geomalla coextruida mono orientada, para determinar la mejor alternativa de estabilización.

1.2.2 Objetivos Específicos

OE1: Determinar la estabilidad del talud mediante el factor de seguridad sin un método de estabilización en la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.

OE2: Determinar el factor de seguridad con la utilización de geomallas coextruidas mono orientadas en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.

OE3: Determinar el factor de seguridad con la utilización de la malla *Tecco System G65*, en conjunto con las modificaciones geométricas del perfil, en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.

OE4: Comparar los factores de seguridad de estabilización del talud obtenidos entre las soluciones propuestas, para seleccionar la alternativa de estabilización más eficiente.

1.3 Justificación e Importancia

1.3.1 Justificación Teórica

La justificación teórica se sustenta en el establecimiento de un diálogo crítico entre el objeto de estudio y la bibliografía existente, lo cual permite validar resultados previos o generar nuevas discusiones académicas (Méndez, 2020). La presente investigación se fundamenta en la comparación entre la malla *Tecco System G65* y la geomalla coextruida mono orientada, con el propósito de verificar las propiedades técnicas declaradas por los fabricantes y evaluar su efectividad en la mejora de la estabilidad del talud en el tramo correspondiente de la carretera Rocchacc-Ongoy.

1.3.2 Justificación Práctica

La justificación práctica radica en la necesidad de proponer soluciones efectivas frente a un problema real y existente (Méndez, 2020). En este caso, la investigación plantea una alternativa de estabilización para los taludes inestables de la carretera Rocchacc-Ongoy, cuya condición actual representa un riesgo para los transeúntes y los vehículos que transitan por la zona, especialmente durante la temporada de lluvias.

1.3.3 Justificación Metodológica

La justificación metodológica se centra en la contribución al desarrollo de nuevos enfoques de investigación o en la validación de métodos existentes bajo nuevas condiciones (Méndez, 2020). Esta investigación tiene el potencial de convertirse en una base metodológica para futuros estudios de estabilización de taludes en zonas con características geotécnicas similares, mediante la evaluación comparativa de geomallas como soluciones de ingeniería aplicables.

1.4 Delimitación del Proyecto

1.4.1 Delimitación Conceptual

La delimitación conceptual se refiere a la definición del campo de estudio y a la selección de las fuentes bibliográficas utilizadas para su análisis (Moreno, 2021). En esta investigación se abordará la estabilización de taludes mediante el uso de la norma MTC E-103 para la extracción de muestras, así como la evaluación comparativa entre la malla *Tecco System G65* y la geomalla coextruida mono orientada. Esta comparación se realizará con base en las fichas técnicas proporcionadas por sus respectivos fabricantes y en el análisis del nivel de estabilidad alcanzado por cada sistema. Para los estudios preliminares de exploración de campo se aplicará el Manual de Ensayo de Materiales, y la evaluación de la estabilidad del talud se llevará a cabo mediante el uso del software Slide.

1.4.2 Delimitación Espacial

La delimitación espacial corresponde al ámbito geográfico en el que se desarrollan los estudios y la recolección de datos (Moreno, 2021). Esta investigación se realizará en el tramo comprendido entre el km 11+080 y el km 11+180 de la carretera Rocchacc-Ongoy, ubicada en la provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.

1.4.3 Delimitación Temporal

La delimitación temporal hace referencia al período en el que se ejecuta el estudio y se recopila la información necesaria (Moreno, 2021). En este caso, los datos corresponden al intervalo comprendido entre los meses de junio y setiembre del año 2022, abarcando un total de cuatro meses de investigación activa.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

La aplicación de la malla *Tecco System G65* o de la geomalla coextruida mono orientada mejora significativamente la estabilidad del talud en el tramo del km 11+080 al km 11+180 de la carretera Rocchacc-Ongoy, alcanzando factores de seguridad superiores al mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

1.5.2 Hipótesis Específicas

HE1: El talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, presenta un factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas menor al requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), lo que indica un riesgo de falla geotécnica.

HE2: La implementación de geomallas coextruidas mono orientadas en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, proporcionará un factor de seguridad superior al mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

HE3: La implementación de la malla *Tecco System G65* con perfil modificado en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, proporcionará un factor de seguridad superior al mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

HE4: Entre las soluciones propuestas, las geomallas coextruídas mono orientadas proporcionan un mayor factor de seguridad que la malla *Tecco System G65*, constituyéndose como la alternativa más eficiente para la estabilización del talud.

1.6 Variables

1.6.1 Variable Independiente

Malla *Tecco System G65* y geomalla coextruida mono orientada.

Definición Conceptual. Las mallas o geomallas son estructuras tridimensionales diseñadas para permitir el paso del agua por filtración, evitando al mismo tiempo el desplazamiento y la erosión de los materiales que componen el suelo. Una ventaja adicional es que facilitan el desarrollo de vegetación sobre el talud, lo que contribuye a mejorar su estabilidad a largo plazo (TexDelta, 2020).

Definición Operacional. Se realizará una comparación inicial entre las propiedades mecánicas de cada geomalla, de acuerdo con las especificaciones técnicas proporcionadas por sus fabricantes. Este análisis permitirá estimar su facilidad de instalación y su capacidad de retención.

1.6.2 Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala
Malla Tecco System G65	El sistema de estabilización de taludes Tecco es un sistema de protección que consiste de una malla de alambre de alto límite elástico, en combinación con anclajes para suelos o roca, empleada para estabilizar taludes de mucha pendiente en materiales sueltos o rocas susceptibles de desprenderse.	Se evaluará la efectividad de la malla Tecco System G65 para alcanzar el FS aceptable será mediante el uso de software.	D1: Propiedades físicas	I1: Dimensiones de la malla I2: Ángulo de inclinación de los anclajes	Ficha técnica Software Slide	Razón
			D2: Propiedades mecánicas	I1: Resistencia a la tensión (kN/m ²)		
			D3: Eficiencia en la estabilización de talud	I1: Factor de Seguridad al corte en condiciones estáticas > 1.5 I2: Factor de Seguridad al corte en condiciones pseudoestáticas > 1.25		
Geomalla coextruída mono orientada	También conocida como geomalla uniaxiales, son estructuras bidimensionales producidas con polietileno de alta densidad utilizando un proceso de extrusión seguido de un estiramiento mono-direccional.	Se evaluará la efectividad de la Geomalla coextruída mono orientada para alcanzar el FS aceptable será mediante el uso de software.	D1: Propiedades físicas	I1: Dimensiones de la malla	Ficha técnica Software Slide	Razón
			D2: Propiedades mecánicas	I1: Resistencia a la tensión (kN/m ²)		
			D3: Eficiencia en la estabilización de talud	I1: Factor de Seguridad al corte en condiciones estáticas > 1.5 I2: Factor de Seguridad al corte en condiciones pseudoestáticas > 1.25		

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

2.1.1 Antecedentes Nacionales

En la tesis titulada *Estabilización de taludes utilizando geomallas biaxiales extruidas en el tramo de la carretera Colcabamba, departamento de Huancavelica, 2021*, se planteó como objetivo analizar y proponer soluciones para la estabilización de taludes mediante la aplicación de geomallas biaxiales extruidas. La investigación empleó una metodología aplicada, de enfoque no experimental y nivel descriptivo, que incluyó estudios de suelos, levantamientos topográficos y modelado computacional con el software Slide v.06. El estudio describe detalladamente el proceso de estabilización mediante geomallas biaxiales, demostrando su efectividad en la mejora del factor de seguridad y la reducción del riesgo de deslizamientos. Se destaca la importancia de parámetros geotécnicos como la cohesión y el ángulo de fricción del suelo en el diseño. Las conclusiones indicaron que el uso de geomallas mejora significativamente la estabilidad del terreno, representa una solución replicable en zonas similares y resulta económica y eficiente, beneficiando tanto a la infraestructura vial como a las comunidades cercanas (Flores, 2021).

En la tesis titulada *Análisis de estabilidad de talud y propuesta de técnicas con estructuras estabilizadoras de la carretera hidroeléctrica San Gabán – Puno, 2021*, se planteó como objetivo evaluar la estabilidad de los taludes del tramo de estudio y proponer técnicas eficaces de estabilización mediante estructuras especializadas. Se aplicó una metodología descriptiva y aplicada, con análisis geotécnicos, levantamientos topográficos y estudios de estabilidad empleando software especializado. La investigación detalló el proceso de análisis de estabilidad y propuso soluciones como muros de contención, anclajes y estructuras geosintéticas. Además, se analizó la influencia de factores geomorfológicos y

climáticos en los deslizamientos. Se concluyó que las técnicas propuestas incrementan el factor de seguridad de los taludes, disminuyen el riesgo de deslizamiento y mejoran la sostenibilidad de la infraestructura vial. También se recomendó implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar el comportamiento a largo plazo de las soluciones aplicadas (Casa, 2022).

En la tesis titulada *Estabilización de taludes utilizando geomalla coextruida mono-orientada en el tramo de la carretera Samne – Casmiche, departamento La Libertad*, se tuvo como objetivo principal lograr la estabilización de taludes para minimizar el riesgo de deslizamientos. Se utilizó una metodología cuantitativa, no experimental, aplicada y descriptiva. Se instalaron geomallas coextruidas en dos taludes: el primero, con un ángulo de inclinación de 34° y una pendiente del 67%, presentaba un factor de seguridad (FS) de 0.77 en estado natural, un ángulo de fricción de 25° y una cohesión de 0.005 kg/cm^2 ; tras la estabilización, el FS aumentó a 1.62. El segundo talud, con un ángulo de 25° y una pendiente del 29%, pasó de un FS de 1.19 a 2.06 tras la intervención. Estos resultados se obtuvieron mediante simulaciones en el software GEO5–2019, concluyéndose que la geomalla coextruida es una alternativa eficaz para estabilizar taludes y mitigar el riesgo de deslizamientos (Alberca y Rondo, 2020).

Finalmente, en la tesis *Estabilización de taludes por tres métodos: gaviones, geomalla y muro de contención en el centro poblado San Juanito Alto de Guadalupito – Virú – La Libertad*, se propuso mejorar la estabilidad de taludes mediante el uso de geomallas, como parte de una estrategia para preservar la calidad ambiental de la zona. La metodología utilizada fue cuantitativa y experimental. Se realizaron estudios de suelos, levantamientos topográficos y análisis geológicos, los cuales revelaron un relieve moderado con presencia de rocas y un suelo de tipo grava mal graduada (GP), con un peso específico de 1.90 g/cm^3 , un índice plástico (IP) de 2.36%, un ángulo de fricción de 36.29° y una

cohesión de 0.013 kg/cm². Los resultados evidenciaron que el uso de geomallas contribuyó positivamente a la estabilidad de los taludes, constituyéndose en una solución técnicamente viable para las condiciones del terreno (Vergara, 2018).

2.1.2 Antecedentes Internacionales

En la investigación titulada *Evaluación de la geomalla en base de fibra de coco para la estabilización de taludes*, se plantea como objetivo evaluar la efectividad de las geomallas hechas de fibra de coco en la estabilización de taludes en la parroquia Santa Rosa, Ambato, Ecuador, mediante la aplicación de una solución sostenible para mitigar la erosión y mejorar la estabilidad del talud. Haciendo uso de una metodología experimental, se realizaron ensayos de resistencia y durabilidad de las geomallas, en dicha investigación se describe paso a paso cómo se implementó el uso de las geomallas de fibra de coco para reforzar el talud, además de evaluar su impacto ambiental positivo. Las conclusiones fueron que la geomalla de fibra de coco demostró ser una opción eficaz para estabilizar taludes en zonas de alta pendiente y con problemas de erosión, además de ello, se destaca su bajo costo y sus beneficios en términos de sostenibilidad ambiental (Ases, 2021).

En el artículo de investigación titulado *Estabilización de taludes en Roma, en la Vía de Cavalieri Di Vittorio y Vía Trionfale, con Sistemas de Terreno Reforzado y paramento revegetable con malla Doble Trenzado combinada con geomalla Macmat*, se plantea como objetivos la estabilización de la estructura mediante la aplicación de la geomalla Green Terramesh, el ángulo de inclinación de talud es de 65°, el espaciamiento entre el concreto es de 58cm. Como conclusiones se tiene que la geomalla presenta una facilidad al momento de instalarlo con un tiempo de entrega de 30 días desde el inicio de la programación de actividades (Vicari y Abbate, 2020).

En la tesis titulada *Study on Slope Stability Analysis and Reinforcement Technology Based on Geosynthetics*, se propone analizar diversas soluciones para la estabilización de

taludes, con énfasis en la utilización de geosintéticos. A través de análisis teóricos, revisión de literatura y estudios de propiedades mecánicas, se evalúan las ventajas de las geomallas y otros materiales geosintéticos en comparación con métodos tradicionales, considerando eficiencia y costos. La investigación detalla de forma secuencial el proceso de estabilización mediante geosintéticos y presenta una evaluación comparativa de distintos métodos de refuerzo, resaltando la durabilidad y la interacción entre el suelo y el material. Las conclusiones indican que la incorporación de geosintéticos constituye una alternativa eficaz, rentable y sostenible para estabilizar taludes sometidos a procesos erosivos, además de destacar su relevancia en obras de infraestructura ubicadas en zonas vulnerables (Zhang, 2024).

En la tesis de grado titulada *Estudio del comportamiento de taludes con mallas metálicas en la vía ecológica Santa Rosa km 3+500 del cantón Ambato provincia de Tungurahua*, se plantea como objetivos hacer uso de la malla metálica en suelos con pendientes entre 60-90 para lograr su estabilidad, mediante el análisis de sus propiedades físico mecánicas al estado natural, el factor de seguridad al estado natural y el factor luego de aplicarle la malla metálica para el posterior análisis de las ventajas que nos brinda este tipo de estabilización para futuras implementaciones, la zona de estudio abarca un área de 942m² tomando en cuenta la faltad e homogeneidad en partes del terreno, llegando a los siguientes resultados: la densidad natural es de 1.812g/cm³, el ángulo de fricción natural de 33°, una cohesión de 22.56kPa y un peso específico de 17.77kN/m³, con estas propiedades al estado natural el programa Geoestudio determinó que posee un FS de 1.22 y al ser menor al FS propuesto por la NEC2014, se aplica la malla metálica obteniendo un FS de 1.95, llegando así a la conclusión de que la malla metálica incrementa el FS y la estabilidad del talud en un 37.42% (Palate, 2018).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Geomalla

Las geomallas son materiales utilizados en ingeniería geotécnica para garantizar la estabilidad de taludes con pendientes pronunciadas que presentan riesgos de caída, hundimiento y erosión. Estos riesgos pueden ser causados tanto por agentes externos, como fenómenos climáticos y fuerzas actuantes, como por fuerzas internas asociadas a la estructura de las capas de suelo. Además de su función estructural, las geomallas contribuyen al cuidado del medio ambiente, ya que permiten el desarrollo de vegetación sobre su superficie, favoreciendo la integración del sistema con el entorno natural (TexDelta, 2022), como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Talud Estabilizado Recubierto de Vegetación. Tomada de “Aplicación de geomallas para el refuerzo de taludes”, por TexDelta, 2022.

2.2.1.1 Geomallas para Refuerzo de Taludes. Una de las alternativas más eficientes en términos de costo-beneficio para la estabilización de taludes es la aplicación de geomallas. Estas estructuras están diseñadas para reducir o eliminar la erosión del suelo. Se fabrican con refuerzo biaxial y poseen aberturas que permiten el paso del agua, lo que evita la acumulación de presiones internas por infiltración. Su diseño confiere alta

resistencia mecánica, resultado de una baja fluencia y elevada elasticidad, además de ofrecer una buena protección frente a daños mecánicos durante la instalación y operación (TexDelta, 2022).

2.2.1.2 Geomalla Uniaxial. La geomalla uniaxial (Figura 3) es una membrana fabricada a base de resina de polietileno, diseñada para resistir la fluencia bajo cargas sostenidas durante largos periodos de tiempo. Se caracteriza por su durabilidad ante impactos durante el transporte e instalación, así como por su resistencia a agentes químicos y a condiciones ambientales tanto húmedas como secas. Es aplicable a diversos tipos de suelos, incluidos suelos comunes y rellenos con material de desmonte o concreto. Su composición le otorga una gran facilidad de manejo y manipulación, además de permitir una buena adherencia a la superficie del talud (Geoace, 2018).

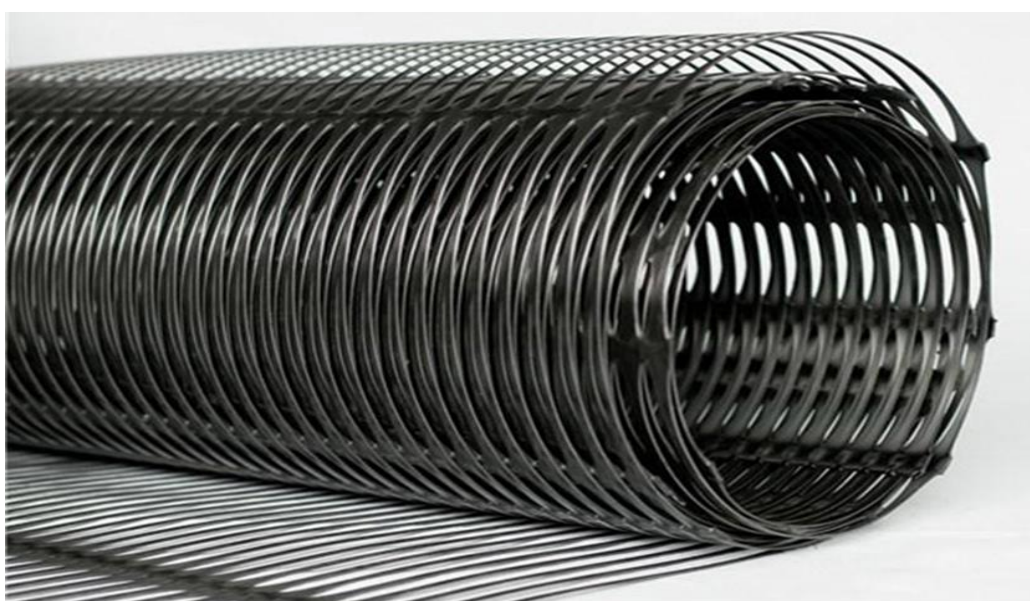


Figura 3. Geomalla Uniaxial. Tomada de “Venta de Geomalla Uniaxial, Lima-Perú” por Geoace, 2018.

Forma de la Malla. Generalmente, la geomalla uniaxial se presenta con una estructura de malla cuadrada o rectangular, con aperturas distribuidas de forma uniforme. Estas aberturas permiten el paso del agua sin comprometer la estabilidad del terreno, facilitando el drenaje y reduciendo la presión hidrostática sobre el talud (Pavco, 2018).

Dimensiones. Las dimensiones típicas de las aberturas oscilan entre 25 mm y 50 mm, en función del tipo de aplicación y de las características del suelo. La resistencia a la tracción de este tipo de geomalla varía entre 50 y 200 kN/m, presentando sus mayores valores de resistencia en la dirección principal de la malla (Pavco, 2018).

2.2.1.3 Geomalla Biaxial. La geomalla biaxial (Figura 4) es una membrana elaborada a base de polipropileno, obtenida mediante un proceso de extrusión que le confiere alta resistencia a la tracción y elevada elasticidad. Este tipo de malla está especialmente diseñado para suelos blandos, taludes con presencia de fallas geotécnicas y zonas propensas a deslizamientos. Su uso es común en proyectos de estabilización de carreteras en proceso de pavimentación, refuerzo de cimentaciones, áreas mineras, tratamiento de grietas en asfaltos y control de taludes (Geoace, 2018).

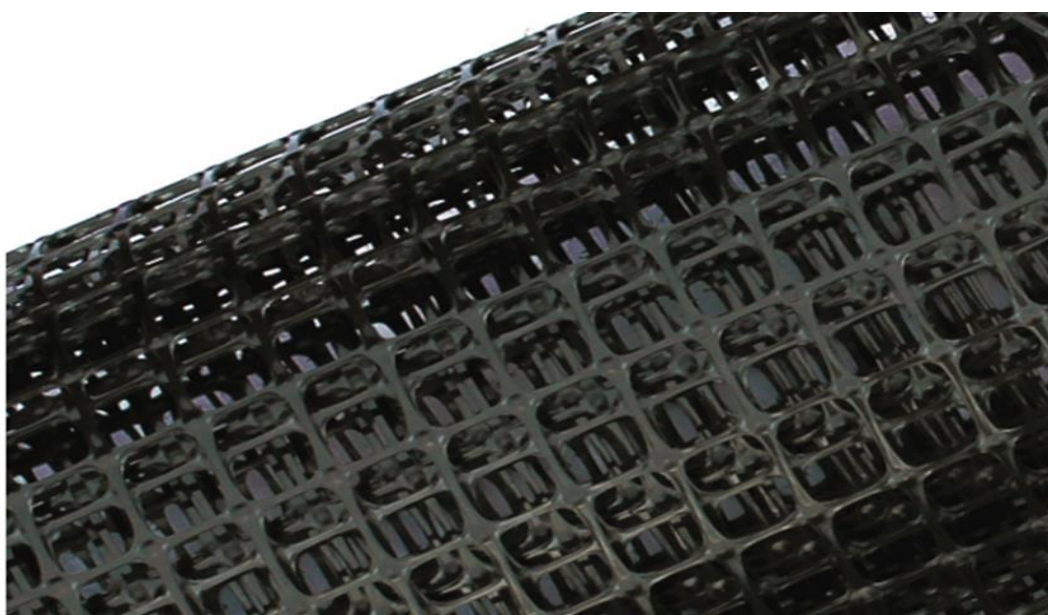


Figura 4. Geomalla Biaxial. Tomada de “Venta de Geomalla Uniaxial, Lima-Perú” por Geoace, 2018.

2.2.1.4 Geomalla Triaxial. Membranas fabricadas con fibra de polipropileno, dispuestas en múltiples orientaciones y con geometría triangular, que permiten alcanzar altos niveles de rigidez. Estas estructuras garantizan una eficiente transferencia de esfuerzos entre el suelo y la geomalla. La geomalla triaxial (Figura 5) está especialmente diseñada para

aplicaciones en vías de alto tránsito, gracias a su estabilidad lineal en un solo plano, lo que las convierte en una alternativa altamente efectiva para carreteras con alta carga vehicular (Geoace, 2018).



Figura 5. Geomalla Triaxial. Tomada de “Venta de Geomalla Uniaxial, Lima-Perú” por Geoace, 2018.

2.2.2 Malla Tecco System

El sistema de mallas *Tecco* (Figura 6) es una solución especializada para la protección y estabilización de taludes. Está compuesto por una malla de alambre de alta resistencia y elasticidad, que se fija al terreno mediante un sistema de anclajes, lo cual mejora significativamente su adherencia y eficacia. Debido a su alto desempeño, este sistema se aplica principalmente en taludes con problemas severos de deslizamiento o con escasa consolidación geotécnica.

La malla se instala directamente sobre la superficie del talud, incrementando el factor de seguridad (FS) del suelo. Para llevar a cabo un programa de instalación adecuado, se requiere la intervención de un especialista en patologías del suelo, ya que cada terreno presenta características particulares que deben ser consideradas para una solución efectiva.

Una de las principales ventajas del sistema *Tecco* es su compatibilidad con el medio ambiente. Gracias a las aberturas en su estructura, permite el crecimiento de vegetación, e

incluso de pequeños árboles, lo que no solo mejora el paisaje, sino que también refuerza la estabilidad del talud al incrementar el FS y favorecer la adherencia entre el suelo y la malla (Geobrugg, 2024).



Figura 6. Geomalla Tecco de Acero de Alta Resistencia. Tomada de “Manual del Sistema Tecco para estabilización de taludes” por Geobrugg, 2024.

El sistema Tecco está compuesto por un alambre de alta resistencia, con una capacidad mínima de tracción de 1.770 N/mm^2 , lo que garantiza una excelente respuesta ante deformaciones sin comprometer su integridad estructural. Su configuración romboidal optimiza la transferencia de cargas y la interacción suelo–malla, mientras que los extremos enrollados facilitan un anclaje individual eficiente y seguro. Entre sus principales ventajas destaca su sistema anticorrosivo de fábrica, el cual cuenta con garantía del fabricante.

Además, posee un bajo peso específico, lo que lo convierte en un material ligero, pero altamente resistente gracias a su elevada elasticidad, permitiéndole soportar grandes esfuerzos sin alcanzar el punto de falla (Geobrugg, 2014). El sistema *Tecco* incluye diversas variantes de geomalla metálica, entre las cuales el modelo G65 es uno de los más utilizados y comercializados.

2.2.2.1 Tecco G65 (3mm) 1.75m Superconting A. En la Tabla 2, se describen las características del *Tecco G65 (3mm) Superconting A*.

Tabla 2. *Características de la Malla G65/3*

Forma de Malla	Romboidal
Dimensiones	x,y=83-143mm (+/-3%)
Diámetro del Círculo Inscrito en el Rombo	Dl = 65mm (+/-3%)
Ángulo de Malla	$\varepsilon=49^\circ$
Espesor Total de la Malla	$h_{tot}=11,0\text{mm (+/-1\%)}$
Espesor Libre de la Malla	$h_l=5,0\text{ mm (+/-1\%)}$
N° de Malla Longitudinal	$n_l=7,0\text{ uds/m}$
N° de Malla Transversal	$n_q=7,0\text{ uds/m}$

Nota: Tomada de Geobrugg, 2024.

A continuación, en la Tabla 3, se presentan las características resistentes.

Tabla 3. *Características Resistentes*

Resistencia a Tracción	$Z_k \geq 150\text{kN/m}^2$
Resistencia de Punzonamiento	$D_R \geq 180\text{kN}/240\text{kN}$
Diámetro del Círculo Inscrito en el Rombo	$P_R \geq 90\text{kN}/120\text{kN}$
Capacidad de Soporte Frente a Esfuerzos Paralelos al Talud	$Z_R \geq 30\text{kN}/40\text{kN}$
Elongación Longitudinal en Ensayo a Tracción Directa	$\delta < 6,0\%$
Clasificación de Acuerdo con EAD230025-00.0106	Grupo 2, clase A (P33 y P66)

Nota: Tomada de Geobrugg, 2024.

Por otro lado, las características anticorrosivas se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. *Características Anticorrosivas*

Tipo	Geobrugg Supercoating A
Composición	95%Zn/5% Al
Cobertura	Min. 255 g/m ²
≤5% de Óxido Marrón Oscuro en Prueba de Niebla Salina (ISO 9227)	4200 horas (ETA-17/0118)

Nota: Tomada de Geobrugg, 2024.

2.2.2.2 Anclajes de Unión. El sistema *Tecco* cuenta con un dispositivo propio diseñado para perforar el suelo sin dañar la geomalla ni comprometer sus propiedades anticorrosivas. Durante el proceso de instalación, el perno (Figura 7) se coloca sobre la malla

y se acciona una manivela que permite abrir el dispositivo hasta alcanzar una profundidad de 9 cm. Entre sus características técnicas destacan un peso aproximado de 5 kg, fabricación en acero galvanizado, una manivela de 22 mm, dimensiones generales de 48 × 22 cm, y un embudo que alcanza una profundidad de 9 cm (Geobrugg, 2024).

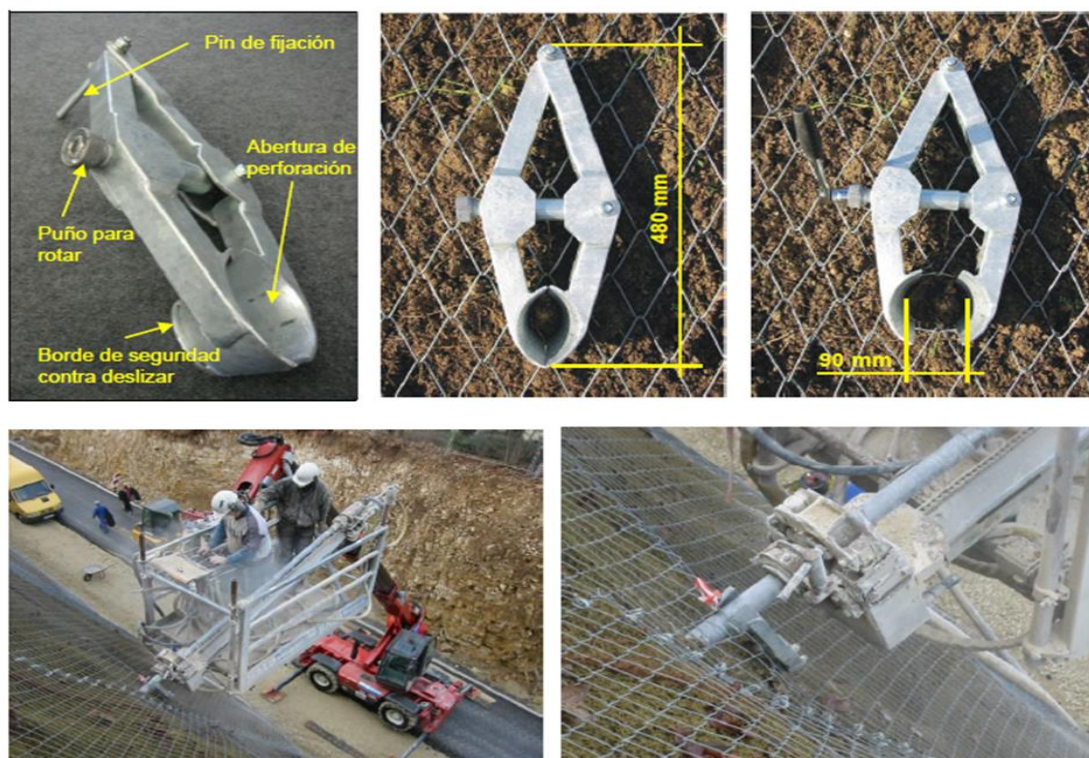


Figura 7. Pernos de Anclaje G65. Tomada de “Manual del Sistema Tecco para estabilización de taludes” por Geobrugg, 2024.

2.2.2.3 Pretensión del Sistema Superficial para su Protección. Para garantizar una adecuada pretensión del sistema superficial, se utiliza una prensa hidráulica que fija la malla junto con la placa spike al talud. Este procedimiento permite aplicar una tensión controlada mediante fuerzas que oscilan entre 30 kN y 50 kN, asegurando una instalación eficiente y estable del sistema de contención (Geobrugg, 2024).



Figura 8. Presión de Placa y Malla. Tomada de “Manual del Sistema Tecco para estabilización de taludes” por Geobrugg, 2024.

En la Tabla 5, se muestran las características de carga aplicada.

Tabla 5. Carga Aplicada para la Tensión

Diámetro de Anclaje	Fuerza de Pretensión V	Par de Apriete	
GEWID = 25mm o TITA 30/11	20kN	0.20 kNm	148 ft-lbs
	30kN	0.30kNm	221 ft-lbs
	50Kn	0.50Knm	369 ft-lbs
GEWID = 28mm	20kN	0.25 kNm	184 ft-lbs
	30kN	0.35kNm	258 ft-lbs
	50kN	0.55Knm	406 ft-lbs
GEWID = 32mm o TITA 40/16	20kN	0.30 kNm	221 ft-lbs
	30kN	0.40kNm	295 ft-lbs
	50kN	0.60Knm	443 ft-lbs

Nota: Tomada de Geobrugg, 2024.

2.2.2.4 Unión del Cable Perimetral. Los cables ubicados en el perímetro se fijan a los anclajes mediante sujetacables (Figura 9), cuya separación debe ser mayor que el ancho del puente y menor que el doble de dicho ancho (Geobrugg, 2024).

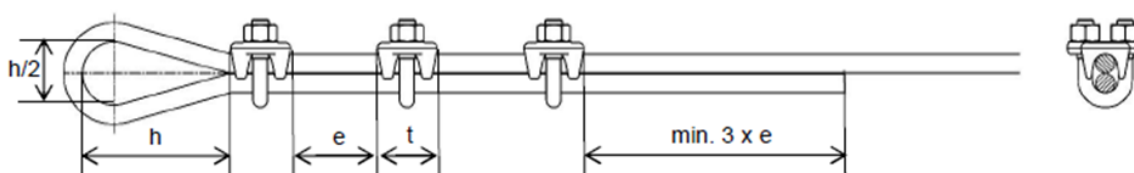


Figura 9. Sujetacables. Tomada de “Manual del Sistema Tecco para estabilización de taludes” por Geobrugg, 2024.

A los sujetacables se les aplica un apriete lubricado, y se engrasan las tuercas para facilitar su posterior ajuste (Tabla 6). Si este ajuste no cumple con los valores requeridos durante las pruebas posteriores, deberá ser nuevamente verificado y corregido (Geobrugg, 2024). Además, en la Figura 10 se muestra el sujetacable instalado.

Tabla 6. *Apriete Recomendado según Diámetro del Cable*

Diámetro del Cable (mm)	Tamaño del Sujetacables	Número de Sujetacables	Par de Apriete con Lubricación n (Nm)	Par de Apriete sin Lubricación n (Nm)	Tamaño de la llave (mm)
8	5/16"	3	20	50	18
9-10	3/8"	3	30	75	19
11-12	7/16"	3	40	110	22

Nota: Tomada de Geobrugg, 2024.



Figura 10. Sujetacables Instalado. Tomada de “Manual del Sistema Tecco para estabilización de taludes” por Geobrugg, 2024.

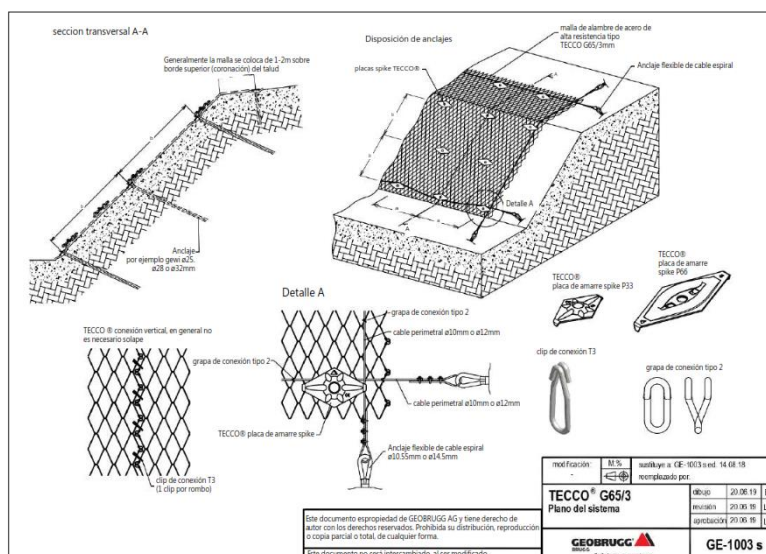


Figura 11. Instalación del Tecco System. Tomada de “Manual del Sistema Tecco para estabilización de taludes” por Geobrugg, 2024.

2.2.3. *Geomalla Coextruída*

Estas membranas están fabricadas con material sintético y presentan una estructura bidimensional obtenida mediante un proceso de coextrusión, el cual les confiere alta resistencia a las fuerzas de tracción y un elevado módulo de elasticidad. Además, poseen una notable resistencia frente a agentes atmosféricos, lo que garantiza una solución estable y adecuada para el refuerzo de taludes (Pavco, 2012).



Figura 12. Geomalla Biaxial Coextruida. Tomada de “Geosistemas Pavco ingenia mejor Ingeniería” por Pavco, 2012.

2.2.3.1 **Ventajas de la Geomalla Coextruída.**

- Prolonga la vida útil de los taludes en suelos granulares.
- Es una solución ecoamigable, especialmente en proyectos vinculados a la explotación minera de materiales pétreos.
- Reduce la necesidad de utilizar material granular de gran diámetro, optimizando los recursos constructivos.

2.2.3.2 **Puntos de Aplicación.**

- Suelos blandos.
- Vías y terraplenes.
- Muros de contención.
- Pistas aéreas.

2.2.4 Estabilización de Taludes

Una pendiente se define como una superficie inclinada que forma un ángulo con respecto a la horizontal. Esta puede ser de origen natural o artificial. En el terreno, las pendientes naturales se denominan laderas, mientras que las artificiales reciben el nombre de terraplenes o desmontes. Estos últimos son objeto de estudio de la mecánica de suelos y la mecánica de rocas. Los taludes naturales se forman sin intervención humana, mientras que los taludes artificiales, también llamados cortes, son producto de actividades de ingeniería civil y minera (Navarro, 2009).

La evaluación de la estabilidad de taludes involucra diversos estudios, tales como la determinación de la resistencia del suelo, el análisis del perfil del talud, las condiciones de infiltración superficial y subterránea, la selección de una superficie potencial de deslizamiento y el cálculo del factor de seguridad. Este último permite identificar la superficie crítica de falla, seleccionada en función del uso previsto del talud. Con los datos recopilados, se realiza un análisis computacional que permite abordar las complejidades del sistema y mejorar los criterios de diseño desde una perspectiva práctica y eficaz. Bajo este enfoque, se desarrolló la investigación sobre el comportamiento mecánico del suelo. Entre las metodologías más empleadas para el análisis de estabilidad mediante elementos finitos se encuentran la técnica de aumento de la gravedad y el método de reducción de la resistencia, ambas ampliamente reconocidas por su efectividad (Mesa et al., 2020).

2.2.5 Cohesión del Suelo

La cohesión del suelo (Figura 13) es una medida del grado en que las partículas se adhieren entre sí, ya sea por fuerzas de atracción molecular o por cementación. Representa una de las componentes fundamentales de la resistencia al corte del suelo. En suelos granulares, donde no existe una sustancia que produzca adhesión entre partículas, la

cohesión se considera nula (equivalente a cero), por lo que estos suelos se clasifican como no cohesivos (CIPSA, 2022).

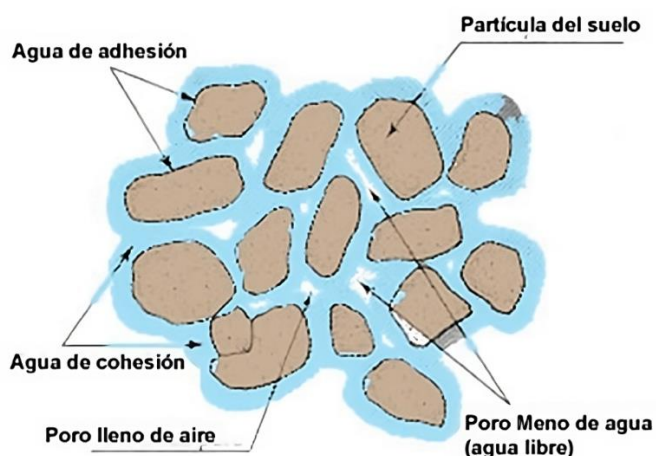


Figura 13. Cohesión del Suelo. Tomado de “Diferencias entre suelos cohesivos y granulares” por CIPSA, 2022.

2.2.6 Ángulo de Inclinación

La inclinación del talud incide de manera directa en su estabilidad; pendientes más pronunciadas presentan mayor riesgo de falla, lo que demanda el uso de geomallas con mayor resistencia o flexibilidad, según corresponda. Este factor ha sido abordado en investigaciones peruanas relacionadas con la estabilización geotécnica (Flores, 2021).

2.2.7 Ángulo de Fricción

El ángulo de fricción interna representa el ángulo máximo con el que un suelo puede mantener una pendiente estable sin deslizarse, mientras que el coeficiente de cohesión expresa el grado de adherencia entre las partículas del suelo (Figura 14). Ambos parámetros son fundamentales en el diseño de soluciones para la estabilización de taludes, ya que influyen directamente en la capacidad portante y la permeabilidad del suelo. Según la norma técnica (Braja, 2001), estos parámetros se determinan a partir de ensayos de corte directo y de compresión no confinada.

En la práctica, y de acuerdo con Braja (2001), se suele clasificar el suelo como cohesivo o friccional dependiendo de cuál parámetro tenga mayor influencia. Si el valor de cohesión (c) es predominante, se considera suelo cohesivo y se desprecia la fricción ($\phi \approx 0$). En cambio, si el ángulo de fricción (ϕ) es mayor, el suelo se clasifica como friccional, despreciando la cohesión ($c \approx 0$). Sin embargo, para un análisis completo y riguroso, es indispensable calcular ambos parámetros antes de definir la naturaleza del suelo.



Figura 14. Ángulo de Fricción Interna

2.2.8 Resistencia a la Tensión (kN/m^2)

La resistencia a la tracción constituye un parámetro fundamental para evaluar la capacidad de una geomalla de soportar cargas sin romperse. Este valor representa el esfuerzo máximo que puede resistir la malla antes de llegar a su punto de falla. Dicho criterio resulta indispensable para asegurar que la geomalla elegida posea la resistencia necesaria para reforzar el talud conforme a las condiciones particulares del terreno (De La Cruz, 2023).

2.2.9 Factor de Seguridad

El factor de seguridad (FS) es una herramienta ampliamente utilizada en la práctica de la ingeniería y en los distintos códigos de diseño, con el objetivo principal, aunque no

siempre declarado explícitamente, de evitar el colapso de los componentes estructurales planificados y contruidos, mientras se busca simultáneamente una optimización del diseño.

Aunque el FS es una magnitud adimensional, no posee un único valor universal, ya que está sujeto a diversas fuentes de incertidumbre. Su valor puede variar según el tipo de problema abordado y la variable de control seleccionada para el análisis. En este sentido, es fundamental que los factores de seguridad aplicados sean coherentes con la intención de garantizar la estabilidad y funcionalidad de la estructura.

En la literatura técnica se introducen conceptos como el factor de seguridad básico y el factor de seguridad indirecto, los cuales pueden diferir significativamente entre sí. Mediante ejemplos prácticos, se ha demostrado que para alcanzar un mismo nivel de seguridad estructural, es necesario establecer interacciones apropiadas entre ambos enfoques (González, 2009).

La noción del factor de seguridad surge de la necesidad de garantizar la seguridad y funcionalidad de obras y componentes, al tiempo que se busca maximizar su eficiencia. Además, se ha comprobado que el FS permite ejercer un control indirecto sobre las deformaciones, dado que las relaciones tensión-deformación suelen mantener proporcionalidad directa en numerosos materiales estructurales (González, 1974), como se observa en la Figura 15.

Curva de esfuerzo-deformación

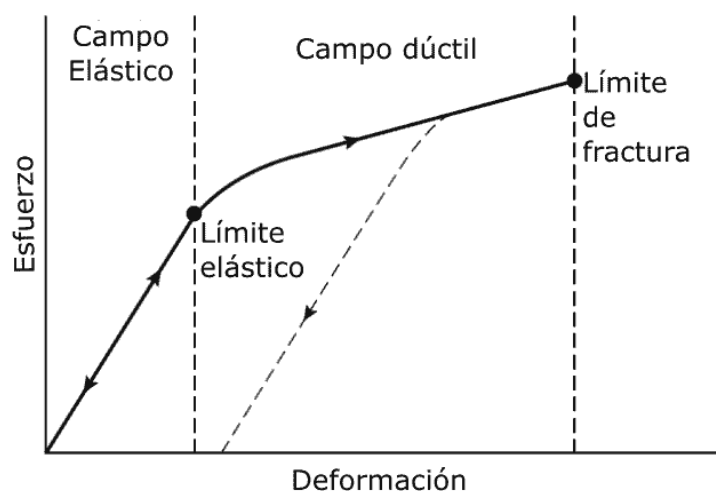


Figura 15. Curva Esfuerzo-Deformación. Tomada de “Esfuerzo y deformación” por Maldonado, 2023.

Desde el punto de vista de la ingeniería, los materiales sólidos pueden clasificarse en tres categorías principales: metales, polímeros y cerámicas. El acero, la madera y el hormigón son ejemplos representativos de estas categorías, respectivamente.

Los materiales metálicos presentan una alta resistencia tanto a la tracción como a la compresión. En contraste, los polímeros exhiben una resistencia relativamente baja en comparación con los metales. Por su parte, los materiales cerámicos, que incluyen minerales, suelos y rocas, se caracterizan por una alta resistencia a la compresión, pero poseen una resistencia muy limitada a la tracción.

El uso de materiales reforzados, como el hormigón armado, los gaviones o la tierra reforzada, tiene como objetivo mejorar la resistencia y durabilidad de estos materiales frente a cargas estructurales. Sin embargo, todos los materiales sólidos pueden experimentar rotura o fallo como resultado de solo dos tipos fundamentales de esfuerzo: tensión de tracción (σ_t) y tensión de corte o cizalladura (τ). Ambos esfuerzos permiten explicar todos los modos de falla conocidos, tales como la compresión, flexión y torsión (Figura 16).

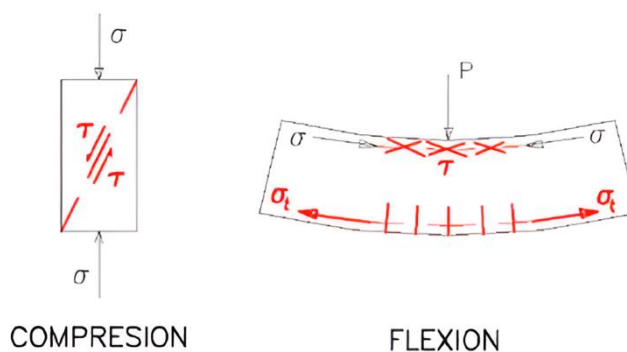


Figura 16. Fuerza de Compresión y Flexión. Tomada de “Esfuerzo y deformación” por Maldonado, 2023.

2.2.10 Factor de Seguridad al Corte en Condiciones Estáticas

Este parámetro evalúa la estabilidad del talud en condiciones estáticas, es decir, sin considerar efectos externos como sismos o precipitaciones intensas. El factor de seguridad al corte constituye uno de los indicadores más relevantes en el análisis de estabilidad de taludes, estableciéndose de forma general que valores superiores a 1,5 se consideran aceptables para garantizar su seguridad (Bedón Giraldo, 2025).

2.2.11 Factor de Seguridad al Corte en Condiciones Pseudoestáticas

Este indicador evalúa la estabilidad del talud en condiciones dinámicas, como eventos de un sismo o cambios abruptos en el terreno. El factor de seguridad en estas condiciones debe ser evaluado cuidadosamente, ya que los movimientos sísmicos pueden generar fuerzas adicionales que afecten la estabilidad (Bedón Giraldo, 2025).

2.2.12 Deformaciones de Taludes

El estudio de las deformaciones en taludes es de gran relevancia, ya que si bien estas deformaciones pueden indicar estabilidad del talud en sí, no garantizan necesariamente la seguridad de las estructuras cercanas. Por esta razón, se requieren análisis detallados mediante el método de elementos finitos, con el fin de modelar con precisión el comportamiento del suelo bajo esfuerzos de tensión.

Para aplicar este tipo de análisis, es necesario primero realizar una discretización del terreno, incorporando parámetros como la cohesión, el ángulo de fricción interna, el módulo de elasticidad y la viscosidad dinámica (Figura 17). También deben considerarse las condiciones iniciales del suelo y la presencia del nivel freático, dado que estos factores influyen directamente en la respuesta del talud. Debido a la complejidad del proceso, estos estudios se desarrollan mediante software especializado.

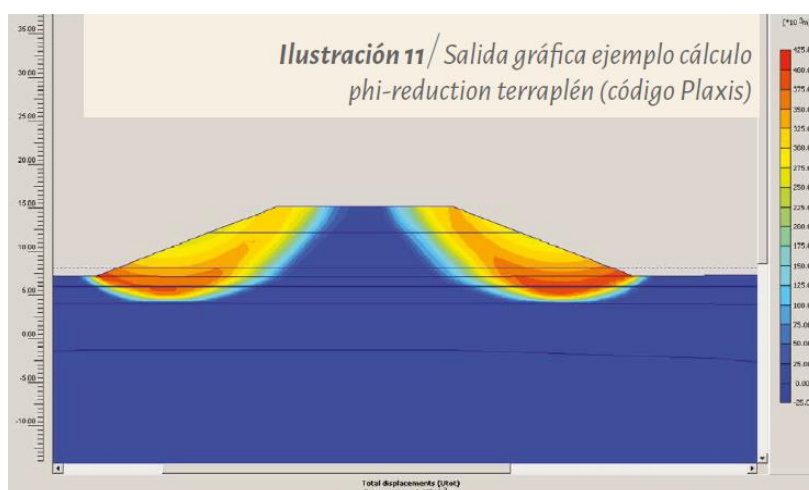


Figura 17. Phi Reduction-Plaxis. Tomada de “Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo” por Valiente Sanz et al., 2015.

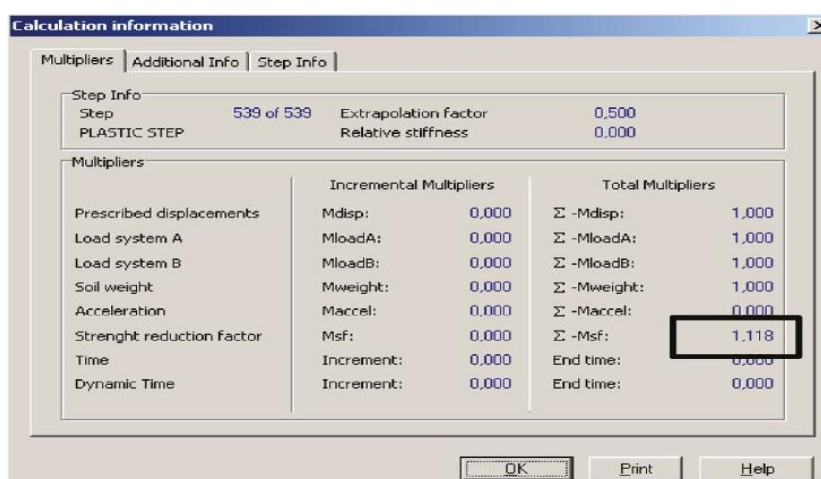


Figura 18. Cálculo de Deformaciones. Tomada de “Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo” por Valiente Sanz et al., 2015.

2.2.13 Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes

2.2.13.1 Método Heurístico. La estabilidad de taludes es un aspecto de gran importancia en los proyectos de ingeniería geotécnica. Se evalúa principalmente mediante el factor de seguridad, el cual depende de las cargas aplicadas y de las propiedades geométricas y físico-mecánicas del suelo. Este factor puede determinarse a través de teorías clásicas de resistencia de materiales, como los enfoques de equilibrio límite, o mediante métodos más avanzados como el análisis por elementos finitos, obteniéndose en ambos casos soluciones deterministas.

Sin embargo, la identificación de la superficie de deslizamiento crítica, aquella que genera el factor de seguridad más bajo, no puede resolverse únicamente mediante métodos heurísticos. Dado que este problema involucra múltiples variables y no siempre ofrece una solución única, suelen emplearse métodos de búsqueda iterativa, que exploran un rango posible de soluciones para encontrar el escenario más desfavorable. En este sentido, la búsqueda de la superficie crítica se considera un problema complejo de optimización, condicionado por numerosos factores desconocidos (Beneyto et al., 2011).

Los enfoques heurísticos se apoyan en el conocimiento previo sobre los elementos que contribuyen a la inestabilidad en la zona analizada. Estos elementos se jerarquizan y se les asignan ponderaciones según su supuesta o anticipada influencia en la ocurrencia de deslizamientos (Almaguer, 2005). Este tipo de análisis permite llevar a cabo una evaluación de la vulnerabilidad o susceptibilidad a deslizamientos, priorizando zonas de mayor riesgo.

Una de las metodologías más utilizadas para este fin es la técnica de Mora-Vahrson (1992), posteriormente mejorada por Mora et al. (2002), y conocida como el método Mora-Vahrson-Mora. Asimismo, el enfoque desarrollado por Camacho et al. (2004) ha sido ampliamente aplicado en diversos contextos. Estas metodologías, mediante ajustes paramétricos y ponderaciones específicas, permiten evaluar la importancia relativa de

múltiples factores y generar mapas de zonificación de susceptibilidad que se ajustan a las condiciones reales del terreno, en comparación con los inventarios históricos de deslizamientos.

2.2.13.2 Método Determinístico. El análisis de estabilidad de taludes puede abordarse mediante enfoques deterministas que emplean modelos numéricos. Estos métodos ofrecen un alto grado de confiabilidad, siempre que los datos de entrada (como propiedades del suelo, geometría del talud y condiciones de carga) sean precisos. Sin embargo, su principal limitación radica en su escasa aplicabilidad para realizar zonificaciones rápidas y extensas en áreas de gran magnitud, debido a la cantidad de información requerida y a la complejidad computacional involucrada (Fernández et al., 2018).

2.2.13.3 Método de Bishop Simplificado. En 1955, Bishop y Morgenstern desarrollaron un método de análisis de estabilidad denominado método de Bishop, basado en la suposición de una superficie de ruptura circular. Esta técnica divide la masa deslizante en n rebanadas o bloques verticales y analiza el equilibrio de momentos con respecto al centro de dicha superficie circular.

En este método, se determinan las fuerzas normales (N) perpendiculares a la superficie de falla y se introducen en una ecuación de equilibrio de momentos, considerando únicamente el equilibrio de fuerzas verticales de cada rebanada. Aunque el método no toma en cuenta las tensiones tangenciales entre rebanadas ni el equilibrio horizontal, sí considera las fuerzas normales, lo que le otorga un alto nivel de precisión.

El cálculo del factor de seguridad (FS) se realiza de manera iterativa. Se calcula un primer valor del FS para una superficie inicial; luego, se propone una nueva superficie circular, y se repite el procedimiento hasta encontrar el valor mínimo del FS. Este proceso implica examinar múltiples círculos con radios y centros variables, con el objetivo de encontrar la superficie crítica de falla.

El método también puede adaptarse a superficies no circulares mediante la introducción de un centro de rotación virtual. A pesar de sus simplificaciones, como ignorar las fuerzas horizontales entre rebanadas, el método de Bishop simplificado proporciona resultados comparables en precisión a los enfoques más rigurosos de equilibrio límite. En suelos friccionantes ($c\phi > 0$), donde la resistencia al corte está influida por las fuerzas de confinamiento, la consideración del equilibrio de fuerzas verticales permite una estimación más precisa de las fuerzas normales (Zuloaga, 2021).

2.2.13.4 Método de Sarma. El método de Sarma es un enfoque basado en el equilibrio límite, que calcula la aceleración sísmica crítica (K_c) necesaria para que se alcance el estado de falla de un talud. El análisis se realiza dividiendo la masa del terreno en n franjas verticales de pequeño espesor. Este método considera las condiciones de equilibrio tanto horizontal como vertical, así como el equilibrio de momentos, lo que permite evaluar la estabilidad del talud bajo condiciones pseudoestáticas (Catanzariti, 2016).

Condiciones de equilibrio en traslación horizontal y vertical:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = K W_i + \Delta E_i$$

Donde:

T_i : Esfuerzo Tangencial

N_i : Esfuerzo Normal

W_i : Peso

X_i : Fuerzas Verticales

E_i : Fuerzas Horizontales

K_i : Aceleración

Se asume que la sumatoria de fuerzas horizontales y verticales es igual a cero, ya que no existen fuerzas externas actuando sobre la superficie, como se observa en la Figura 19.

Ecuaciones de equilibrio de momentos:

$$\sum \Delta X_i \tan(\Psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i [(y_{mi} - y_g) \tan(\Psi'_i - \alpha_i) + (x'_i - x_g)] = \sum W_i (x_{mi} - x_g) + \sum \Delta_i (y_{mi} - y_g)$$

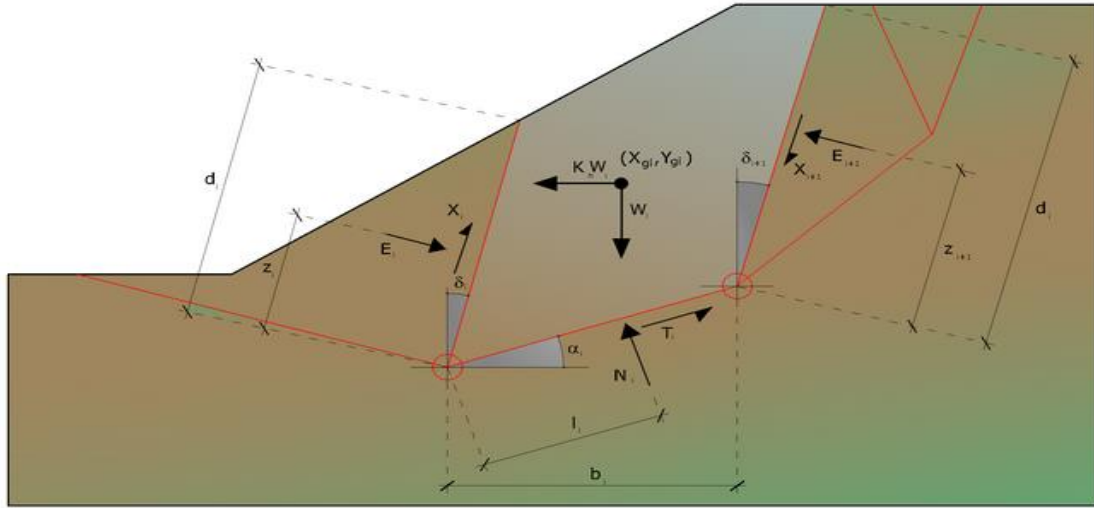


Figura 19. Fuerzas Actuantes. Tomada de “Estabilidad de Taludes” por Catanzariti, 2016.

2.2.14 Softwares GEO5 de Estabilización de Taludes

El software GEO5 es una herramienta utilizada en el análisis de estabilidad de taludes en diversos contextos geotécnicos, tales como terraplenes, cortes de tierra, estructuras de contención ancladas y muros de suelo reforzado. Este programa permite modelar y evaluar diferentes tipos de superficies de deslizamiento. Entre los métodos disponibles para superficies circulares se encuentran: Bishop, Fellenius, Peterson, Janbu, Morgenstern-Price o Spencer. Para superficies poligonales, el software permite aplicar métodos como: Sarma, Janbu, Morgenstern-Price o Spencer (Fine Software, 2022).

Esta versatilidad convierte a GEO5 en una de las herramientas más completas para el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y pseudoestáticas, como se muestra en la Figura 20.

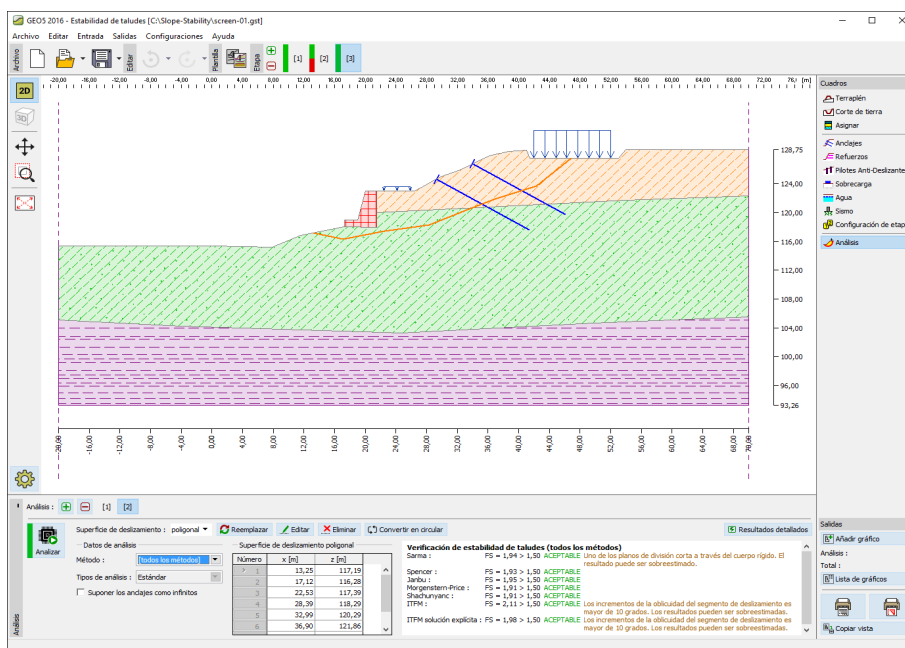


Figura 20. Superficie Poligonal. Tomada de “Estabilidad de taludes: GEO5 Software Geotécnico” por Fine Software, 2022.

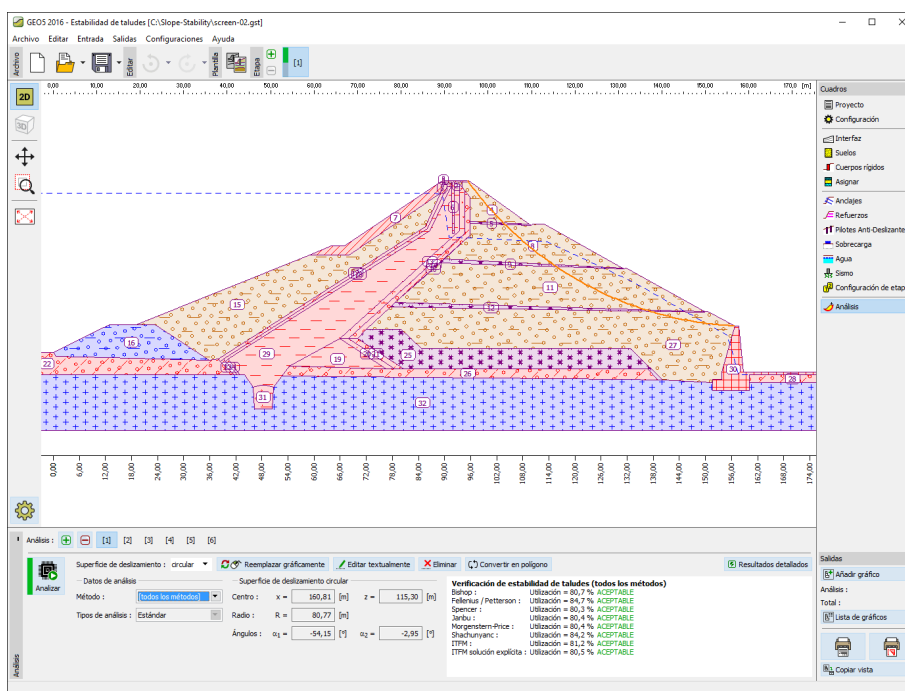


Figura 21. Superficie Circular. Tomada de “Estabilidad de taludes: GEO5 Software Geotécnico” por Fine Software, 2022.

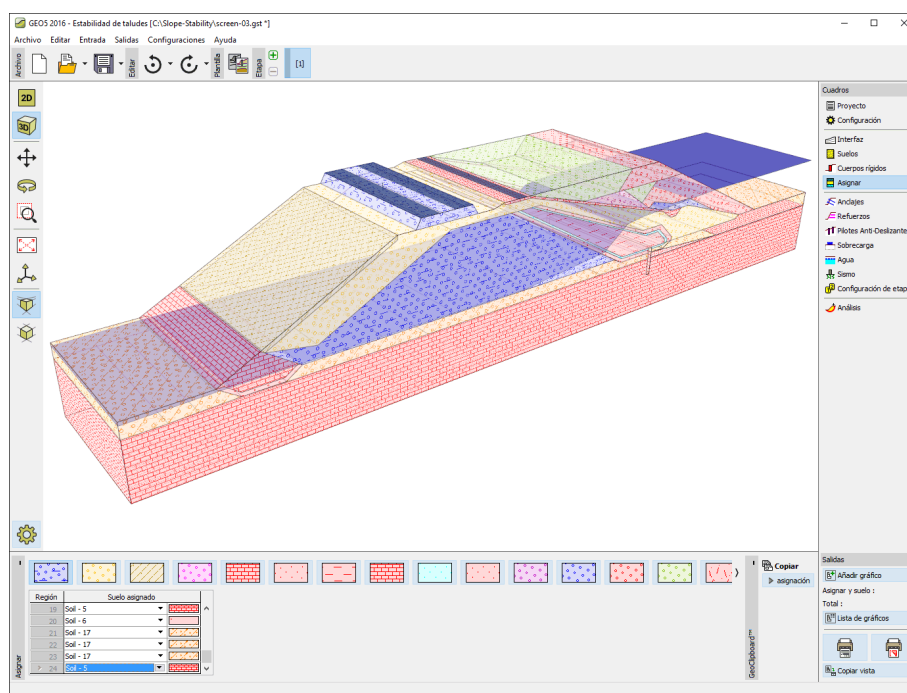


Figura 22. Visualización 3D. Tomada de “Estabilidad de taludes: GEO5 Software Geotécnico” por Fine Software, 2022.

Una de las características distintivas de este software frente a sus competidores es su capacidad para realizar verificaciones tanto mediante el enfoque basado en la norma EN 1997-1 como a través del método tradicional de análisis de estabilidad, ya sea por Estados Límite o mediante el Factor de Seguridad.

2.2.15 Softwares Slide para Estabilidad de Taludes

Slide es un programa informático especializado en el análisis bidimensional (2D) de estabilidad de taludes, basado en métodos de equilibrio límite (Figura 23). Es ampliamente utilizado en los campos de la ingeniería civil y minera, gracias a su capacidad para evaluar una gran variedad de situaciones geotécnicas complejas. Entre sus aplicaciones destacan: la evaluación de la estabilidad de terraplenes y presas; el análisis de excavaciones y taludes en proyectos mineros o edificaciones; la consideración de cargas externas y efectos sísmicos y la eficacia de elementos de refuerzo, como anclajes, geotextiles y muros de contención (Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, 2016).

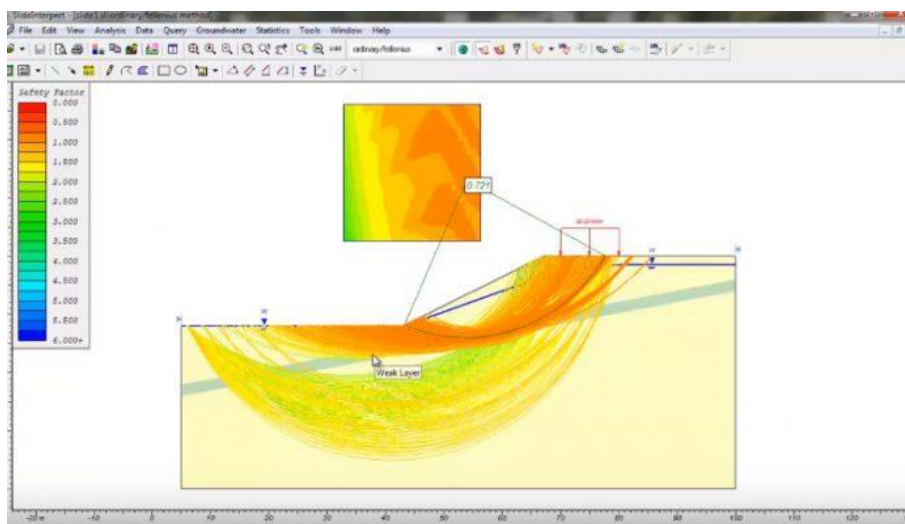


Figura 23. Slide 2D. Tomada de “Slide: La mejor aplicación de estabilidad de taludes” por Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, 2016.

Slide es un programa que realiza análisis de estabilidad de taludes en 2D, utilizando técnicas de equilibrio límite para determinar la seguridad de las estructuras. El software incorpora análisis de aguas subterráneas mediante elementos finitos en estado estacionario y combina funcionalidades de análisis retrospectivo, probabilístico y de sensibilidad.

Su aplicación en los campos de la ingeniería civil, la minería y los movimientos de tierras es sumamente amplia, ya que permite evaluar diversos aspectos geotécnicos, tales como: la estabilidad de terraplenes, presas y taludes en minas o edificaciones; la influencia de cargas externas y actividad sísmica; y la eficiencia de movimientos de tierra y de elementos de refuerzo estructural.

Rocscience, empresa reconocida en el ámbito de la modelación geotécnica, ha desarrollado este software como una herramienta robusta y versátil. En los últimos años, Slide ha mostrado un crecimiento sostenido gracias al avance en las capacidades analíticas computacionales dentro de la geotecnia. Su constante innovación, respaldada por una base financiera sólida, lo posiciona como una de las herramientas de referencia a nivel internacional. La popularidad de Slide se debe a varios factores clave:

- Su diseño intuitivo y amigable para el usuario.

- La facilidad de uso en sus menús de análisis.
- Su competitivo precio de licencia frente a otros softwares de capacidades similares.
- Su confiabilidad y precisión en el modelado de escenarios geotécnicos complejos.

Actualmente, existen múltiples herramientas de modelado geotécnico en el mercado; sin embargo, pocas ofrecen la capacidad computacional, la precisión y la accesibilidad que brinda Slide (Figura 24), consolidándolo como una de las soluciones más utilizadas en la ingeniería geotécnica actual (Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, 2016).

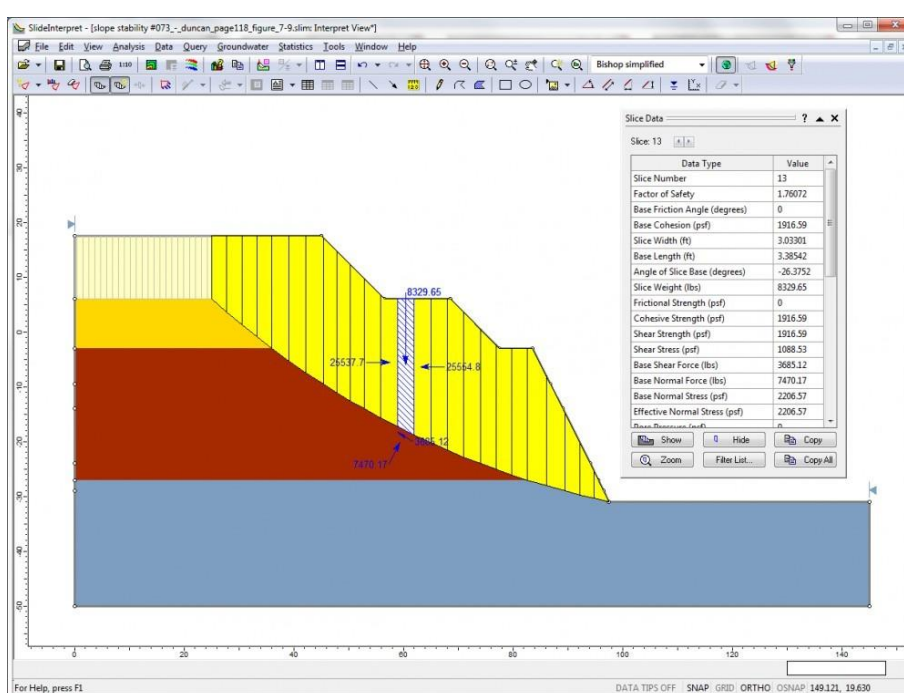


Figura 24. Slide-Estabilidad de Taludes. Tomada de “Slide 2” por AlternativeTo, 2020.

Slide es una aplicación informática desarrollada por Rocscience, diseñada específicamente para el análisis de estabilidad de taludes en dos dimensiones. La evaluación de la estabilidad se realiza mediante técnicas de equilibrio límite, lo que permite determinar con precisión el comportamiento de un talud frente a posibles fallos.

El uso de esta herramienta es amplio en campos como la minería y los movimientos de tierras, ya que permite abordar una gran variedad de problemas geotécnicos. Entre sus aplicaciones principales se encuentran: el análisis de terraplenes, presas y taludes en minas

o estructuras civiles; evaluación del impacto de cargas externas y actividad sísmica; la valoración de la eficacia de movimientos de tierras y de sistemas de refuerzo estructural.

Slide 6.0 (Figura 25) incorpora además módulos para el análisis del flujo de aguas subterráneas, tanto en estado estacionario como en condiciones transitorias. Este cálculo incluye caudales, presiones y gradientes hidráulicos, considerando tanto los parámetros definidos por el usuario como las condiciones de contorno del modelo.

El estudio de infiltración puede integrarse directamente dentro del análisis de estabilidad o utilizarse de manera independiente como módulo especializado, ampliando así la capacidad del software para simular condiciones reales complejas (Muchik Corp, 2017).

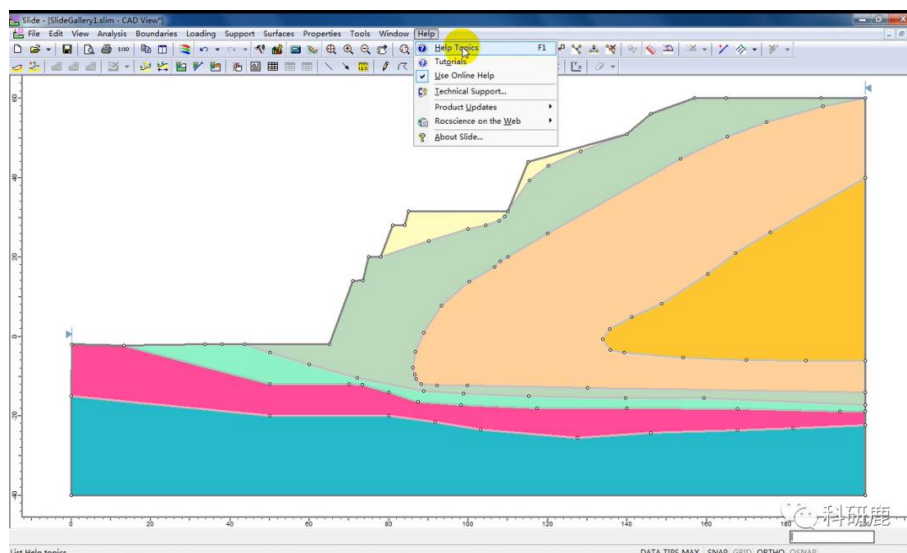


Figura 25. Capas Estructurales-Slide. Tomada de “Slide 6” por Rocscience, 2022.

El software ofrece avanzadas capacidades de análisis probabilístico, lo que permite estimar la distribución estadística de diversos parámetros de entrada como propiedades del suelo, cargas aplicadas, condiciones hidráulicas y niveles freáticos. A partir de estos datos, se calcula un índice que permite estimar objetivamente la probabilidad de falla, lo cual resulta esencial para evaluar el riesgo geotécnico en el diseño de taludes.

Asimismo, incorpora herramientas de análisis de sensibilidad, útiles para identificar la influencia de parámetros individuales sobre el factor de seguridad, facilitando así la toma

de decisiones fundamentadas en escenarios diversos. El programa está especialmente diseñado para evaluar la estabilidad de múltiples tipos de taludes, como desmontes, terraplenes, presas, zanjas y diques, incluso en condiciones de inestabilidad. Su motor de cálculo permite realizar iteraciones complejas en cuestión de segundos, lo que lo convierte en una herramienta eficaz tanto en fase de diseño como en análisis retrospectivos.

Slide2 se distingue por su interfaz intuitiva, su velocidad de procesamiento y su facilidad de uso frente a otros programas basados en elementos finitos, que aunque ofrecen un alto nivel de detalle, suelen requerir mayor tiempo de aprendizaje y procesamiento. En consecuencia, Slide2 ha sido ampliamente adoptado por profesionales de la ingeniería geotécnica como una de las soluciones más eficaces, fiables y prácticas para el análisis de estabilidad de taludes (Geotecnia Fácil, 2022).

2.3 Definición de Términos Básicos

Carretera

Vía de comunicación terrestre por la cual circulan vehículos automotores con un mínimo de dos ejes. Su diseño se rige por la normativa Diseño Geométrico, según los lineamientos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008).

Deslizamiento de Suelos

Movimiento de grandes masas de suelo causado por la pérdida de estabilidad del terreno que las soporta. Generalmente ocurre por acción de cargas externas, infiltración de agua o, en casos extremos, por eventos sísmicos en zonas de fuerte pendiente (Red Sismológica Nacional - Universidad de Costa Rica, 2014).

Estabilización

Proceso mediante el cual un suelo mejora sus propiedades físicas y mecánicas internas y externas para resistir cargas, esfuerzos y condiciones ambientales que puedan comprometer su estabilidad (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

Factor de Seguridad

Relación entre la resistencia disponible del sistema y la solicitación esperada. Su función es garantizar que una estructura funcione de manera segura dentro del rango de cargas proyectadas, protegiendo tanto al personal como a los elementos estructurales (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

Geomalla

Material geosintético compuesto por polímeros extruidos, tejidos o soldados, diseñado para reforzar el suelo. Posee aperturas que permiten el paso del agua, evitando acumulaciones y fallas por saturación, al tiempo que resiste esfuerzos producidos por el terreno (Geosai, 2015).

Simulación

Representación virtual de fenómenos o procesos reales, utilizando herramientas computacionales para predecir comportamientos y evaluar resultados en entornos controlados (Del Valle, 2014).

Software de Ingeniería

Programas especializados que permiten realizar tareas como diseño, simulación, predimensionamiento, cálculo estructural y análisis técnico, facilitando el desarrollo eficiente de proyectos mediante algoritmos y métodos computacionales complejos (EuroInnova, 2022).

Talud

Superficie inclinada del terreno, ya sea natural o artificial, cuya estabilidad depende de múltiples factores como la composición del suelo, la pendiente, la infiltración de agua y las cargas aplicadas. Su análisis requiere enfoques geotécnicos especializados (Geotechnical Consulting, 2020).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método de la Investigación

El método hipotético-deductivo se basa en la formulación de hipótesis que posteriormente son contrastadas mediante la observación y el análisis de datos empíricos (Hernández et al, 2018). En esta investigación, se parte de la hipótesis de que la geomalla coextruída mono orientada representa la mejor alternativa en términos de propiedades mecánicas y costos para la estabilización del talud en la carretera Rocchacc-Ongoy. A partir de esta hipótesis, se desarrollarán los estudios técnicos correspondientes para confirmar o refutar dicha suposición. Por tanto, el enfoque metodológico adoptado es el hipotético-deductivo.

3.2 Tipo de la Investigación

La investigación aplicada se orienta a la generación de conocimiento con un propósito práctico, dando solución a problemas concretos del entorno social o productivo (Hernández et al, 2018). En este caso, el estudio busca identificar la alternativa más eficiente de estabilización de taludes en el tramo de la carretera Rocchacc-Ongoy, una zona que presenta condiciones de inestabilidad que afectan la seguridad y transitabilidad de vehículos y pobladores. En consecuencia, la presente investigación corresponde al tipo aplicada.

3.3 Nivel de Investigación

El nivel correlacional tiene como objetivo analizar la relación existente entre dos o más variables sin establecer necesariamente una relación causal (Hernández et al, 2018). Esta investigación se enfoca en evaluar la estabilización del talud mediante la aplicación de la malla *Tecco System G65* y la geomalla coextruída mono orientada, realizando una descripción técnica y una comparación de las propiedades de cada material, así como el

análisis del incremento en el factor de seguridad obtenido tras su implementación. Por lo tanto, el nivel de esta investigación es correlacional-comparativo.

3.4 Diseño de la Investigación

El diseño no experimental se caracteriza por la ausencia de manipulación deliberada de las variables en estudio, permitiendo analizar las relaciones existentes entre ellas tal como ocurren en su contexto natural (Hernández et al, 2018). En esta investigación, no se intervendrá físicamente el talud, sino que se realizará una simulación computacional utilizando el software Slide, en la cual se modelarán ambas geomallas bajo condiciones constantes del suelo natural. De este modo, se mantienen inalteradas las propiedades originales del terreno. Conforme a esta metodología, el diseño adoptado en la presente investigación corresponde a un diseño no experimental de tipo aplicado.

3.5 Población, Muestra y Muestreo

3.5.1 Población

La población se refiere al conjunto de individuos u objetos que comparten una o más características relevantes para un estudio determinado (Tamayo y Tamayo, 1999). En el presente estudio, la población está conformada por los taludes ubicados a lo largo del tramo de la carretera Rocchacc-Ongoy, en la provincia de Chincheros, departamento de Apurímac. El análisis se enfocó en el sector más crítico, comprendido entre tres puntos específicos: Km 11+080, Km 11+120 y Km 11+180, correspondiente al primer, segundo y tercer talud respectivamente, lo que abarca una longitud total de 100 metros.

3.5.2 Muestra

La muestra se define como una parte representativa de la población, seleccionada para ser objeto de análisis con el fin de inferir conclusiones aplicables al conjunto total (Tamayo y Tamayo, 1999). En esta investigación, la muestra estuvo constituida por el tramo específico de taludes comprendido entre las progresivas anteriormente mencionadas. Para el

estudio, se realizaron tres calicatas ubicadas estratégicamente, cuyas coordenadas UTM son las siguientes:

Tabla 7. *Coordenadas UTM*

Calicata	Este (X)	Norte (Y)
C-1	649867.4864	8514014.6521
C-2	649844.0822	8514040.4928
C-3	649803.8268	8514077.6619

De cada calicata se extrajeron tres unidades muestrales destinadas a la ejecución de los ensayos correspondientes, garantizando así un análisis representativo y confiable del tramo crítico en estudio, como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8. *Distribución de Muestras*

Ensayo	Calicata C-1		
	M1	M2	M3
Ensayo de Granulometría	1	1	1
Ensayo de Límite Líquido	1	1	1
Ensayo de Límite Plástico	1	1	1
Ensayo de Corte Directo	1	1	1
Totales	4	4	4

3.5.3 Muestreo

El muestreo no probabilístico se caracteriza por la selección de muestras sin seguir un proceso de aleatorización estadística estricta, lo que lo convierte en un método más flexible, aunque con menor rigor estadístico (Tamayo y Tamayo, 1999). En el presente estudio, se aplicará un muestreo no probabilístico dirigido, mediante el cual las muestras serán seleccionadas de forma intencionada, siguiendo el método de muestreo por cuartiles establecido en el Manual de Ensayo de Materiales MTC E-103.

3.6 Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos

3.6.1 Técnica

La observación directa es una técnica de recolección de datos que consiste en observar, percibir y registrar información de forma sistemática y secuencial. (55) En esta

investigación se aplicará la observación directa, permitiendo al investigador estar presente durante todas las etapas del estudio. Esta metodología facilitará la recolección precisa de datos relevantes para los experimentos propuestos y garantizará un análisis más fidedigno de las condiciones del talud.

3.6.2 Instrumento de Recolección de Datos

Las fichas de recolección de datos son instrumentos que permiten registrar información clave y pertinente durante el trabajo de campo (Arias, 2012). Para esta investigación, se emplearán fichas estandarizadas de inspección de taludes in situ, diseñadas específicamente para recopilar información geotécnica, topográfica y visual. Estas fichas constituyen un instrumento validado y confiable que facilitará el posterior procesamiento y análisis de los datos.

3.7 Métodos de Análisis

Se emplearán métodos estadísticos descriptivos para cuantificar parámetros de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar), a fin de caracterizar las propiedades mecánicas de los suelos. Asimismo, se utilizará estadística inferencial para contrastar las hipótesis formuladas. El procesamiento de datos se llevará a cabo mediante hojas de cálculo en Excel, y se empleará el software de ingeniería geotécnica Slide para la simulación computacional de los escenarios de estabilización de taludes con la malla *Tecco System G65* y la Geomalla Coextruída mono orientada en el tramo crítico de la carretera Rocchacc-Ongoy.

3.8 Aspectos Éticos

Esta investigación se desarrollará sin fines de lucro, garantizando el cumplimiento de principios éticos fundamentales por parte de la entidad académica y de los investigadores. Se promoverán valores como la responsabilidad, para asegurar el cumplimiento del cronograma; la empatía, orientada a mejorar la infraestructura vial y el bienestar de la

población cercana; el respeto, hacia las personas y vehículos presentes durante la recolección de datos; y la justicia, que asegurará que la investigación se lleve a cabo conforme al marco legal vigente y con total transparencia.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1 Descripción de la Zona de Estudio

4.1.1 Generalidades

El presente estudio se enfoca en el análisis de la estabilidad de taludes y la propuesta de medidas de estabilización en el marco del proyecto. El trabajo incluye la caracterización de las propiedades geomecánicas estimadas de los materiales que conforman el perfil estratigráfico del terreno, así como los requisitos de estabilidad y las recomendaciones técnicas asociadas para garantizar condiciones seguras en los taludes intervenidos.

La información recopilada, junto con los requerimientos del proyecto y las evaluaciones geotécnicas realizadas, sirvió como base para el desarrollo del plan exploratorio y la formulación de soluciones técnicas acordes a las condiciones locales del terreno.

4.1.2 Metodología

La formulación de recomendaciones para el proyecto se llevó a cabo mediante un marco metodológico estructurado en dos etapas. La primera etapa, consistió en la recopilación de información de referencia, particularmente datos geológicos y geotécnicos, con el objetivo de comprender con mayor profundidad la zona de estudio y los procesos que influyen en la estabilidad del terreno.

La segunda etapa, contempló la realización de evaluaciones de estabilidad, enfocadas específicamente en los sectores más críticos del área de estudio. Estas evaluaciones incluyeron el análisis bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas, culminando con la propuesta de medidas técnicas de estabilización destinadas a incrementar los márgenes de seguridad de los taludes.

4.1.3 Ubicación

Desde el punto de vista político-administrativo, el área de estudio (Figura 26) se encuentra ubicada en el siguiente ámbito territorial:

- Carretera: Rocchacc-Ongoy
- Distrito: Rocchacc
- Provincia: Chincheros
- Departamento: Apurímac



Figura 26. Ubicación Satelital del Proyecto.

4.1.4 Geomorfología

La geomorfología es la ciencia que estudia el origen, la evolución y las características de las formas del relieve terrestre. En el presente estudio, se han abordado los aspectos geomorfológicos considerando tres enfoques principales:

Morfogénesis. Analiza el origen y los procesos que dieron lugar a las formas predominantes del relieve.

Morfología. Describe la estructura y apariencia física de dichas formas.

Morfodinámica. Estudia los procesos erosivos y transformaciones actuales que actúan sobre el relieve.

Según estudios realizados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), así como en visitas de inspección técnica a la zona de estudio, se identificaron las siguientes unidades geomorfológicas:

4.1.4.1 Montañas y Colinas en Roca Sedimentaria. Esta unidad corresponde a áreas con afloramientos de rocas sedimentarias que han sido modificadas por procesos de denudación. Se presentan como elevaciones alargadas, con pendientes disectadas que varían entre 25° y 50°. Estas formas del relieve poseen una vulnerabilidad moderada frente a movimientos en masa, tales como desprendimientos de rocas, deslizamientos y caídas de bloques (Figura 27).



Figura 27. Mapa Geomorfológico del Área de Estudio.

4.1.5 Geología General

La zona se encuentra ubicada en el cuadrángulo de San Miguel, como se muestra en la Figura 28.

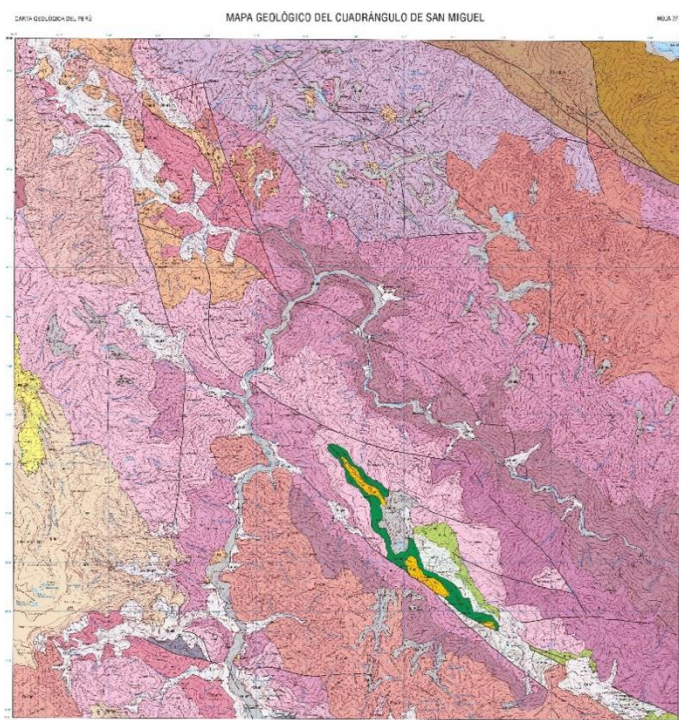


Figura 28. Mapa Geológico del Cuadrángulo San Miguel.

En este cuadrángulo afloran unidades estratigráficas cuya antigüedad se extiende desde el Paleógeno-Eoceno hasta el Paleógeno-Oligoceno y el Cuaternario reciente, como se observa en la Figura 29.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	SW Depósitos aluviales Qh-al	Intrusiones hipabisales h Granito de San Miguel P-grsm
			Depósitos aluviales Qh-el	
			Depósitos de abanicos aluviales Qh-aba	
		PLEISTOCENO	Depósitos morrénicos Qp-mo	
	NEOGENO	PLIOGENA	Grupo Barroso volc. Luchu Jahua Pampa N-ja	
			Formación Ayacucho N-ay	
		MIOCENO		
	PALEOGENO	OLIGOCENO		
		EOCENO	Formación Ongoy KsP-o	
MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR		Plutones del Paleozoico Superior { Complejo granítico Querobamba Ps-que Ps-g
		INFERIOR	Formación San Francisco Ki-s	
			Formación Huancané Ki-h	
	JURASICO			
	TRIASICO	SUPERIOR	Grupo Pucará TrJ-pu Evaporitas	
PALEOZOICA	PERMICO SUP / TRIASICO		Grupo Mito Ps-m Sedimentario Ps-m volcánico	
	CARBONIFERO SUPERIOR		Grupo Tarma y Copacabana Ps-lc Calizas	
	CARBONIFERO INF.			
	ORDOVICICO		Paleozoico inferior Indiviso Pi	

Figura 29. Columna Estratigráfica Generalizada del Cuadrángulo de San Miguel. Tomado de “Mapa de San Miguel” por INGEMMET, 2023.

4.1.6 Estratigrafía Regional

Geológicamente, el área del proyecto se encuentra en el sur del Perú Central, entre los límites occidentales de la Cordillera Oriental y los límites orientales de la Cordillera Occidental. Las formaciones litológicas están compuestas por rocas sedimentarias, metamórficas e intrusivas, parcialmente cubiertas por depósitos cuaternarios no consolidados. De acuerdo con el mapa geológico (Figura 30), en el área de estudio se identifican unidades geomorfológicas de origen sedimentario y volcánico.

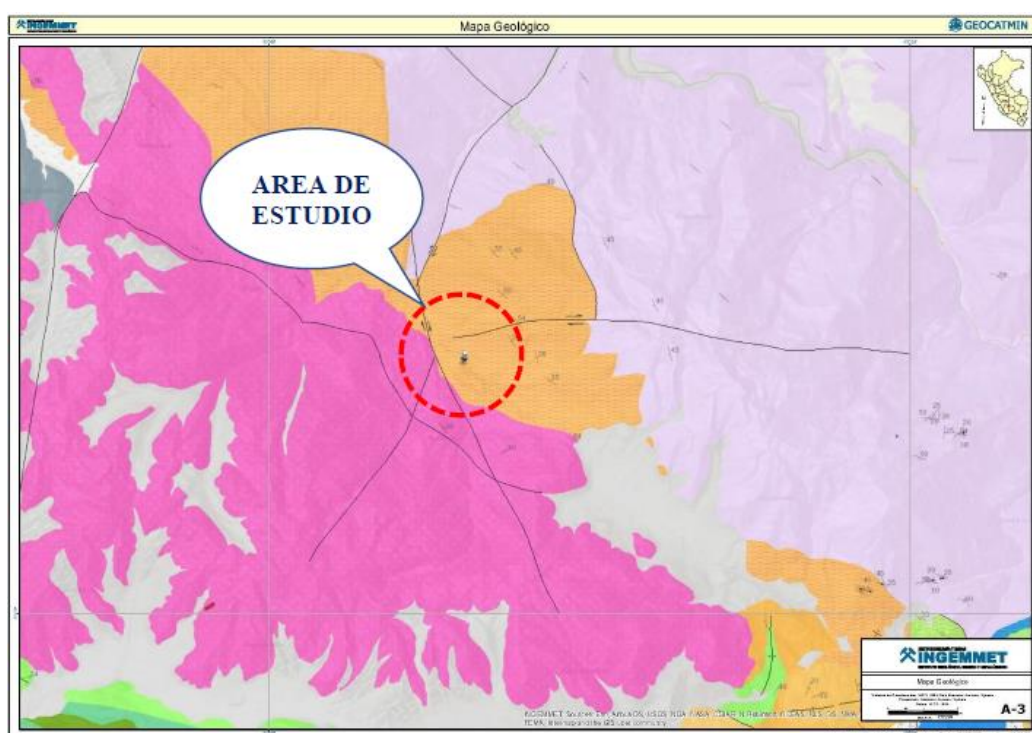


Figura 30. Mapa Geológico del Área de Estudio.

4.1.6.1 Grupo San Jerónimo. El Grupo San Jerónimo estuvo conformado originalmente por tres formaciones: Kayra (3000 m), Soncco (1600 m) y Punacancha (1700 m). Sin embargo, en la actualidad solo las formaciones Kayra y Soncco se consideran oficialmente como integrantes de este grupo. En el área de estudio, aflora la formación Kayra.

4.1.6.2 Formación Kayra (Peo-k3). La Formación Kayra constituye la base geológica sobre la que se desarrolla el presente estudio. Está compuesta por conglomerados

con clastos de origen volcánico, intercalados con limos y areniscas de tonalidad rojiza, según lo determinado en investigaciones del INGEMMET.

4.1.6.3 Plutón San Miguel Ongoy (T-smo-gr). Según estudios realizados por el INGEMMET, esta unidad aflora ampliamente hacia el suroeste del área del proyecto y está compuesta principalmente por rocas graníticas.

4.1.7 Geología Local

4.1.7.1 Depósitos Aluviales. La matriz de estos depósitos está compuesta principalmente por arenas y limos arcillosos, y se encuentran superpuestos a los depósitos lacustres pertenecientes a la Formación San Jerónimo. Están constituidos por bloques de areniscas rojas, de formas redondeadas a subredondeadas, con tamaños variables.

4.1.8 Antecedentes de Sismos en el Departamento de Apurímac

La estación sísmica de Chalhuanca, situada a 2,900 metros sobre el nivel del mar y a 110 kilómetros al suroeste de la ciudad de Abancay, registra la actividad sísmica de la región. Sus coordenadas geográficas son: 14°17'40" de latitud sur y 73°14'64" de longitud oeste.

4.1.9 Riesgo Sísmico

De acuerdo con el Decreto Supremo DS-003-2016-VIVIENDA, que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones para el diseño sismo-resistente, el territorio nacional se divide en cuatro zonas sísmicas. Esta zonificación se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada (Figura 31), las características de los movimientos sísmicos y su atenuación con respecto a la distancia epicentral, así como en información neotectónica actualizada. La lista detallada de provincias y distritos correspondientes a cada zona se encuentra incluida en dicho decreto.



Figura 31. Zonificación Sísmica del Perú. Tomada de “Espectro de diseño E.030-2018” por Bravo, 2016.

Según el mapa de zonificación sísmica del Perú, los parámetros sísmicos correspondientes al área de estudio se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. *Parámetros Sísmicos del Área de Estudio*

Zonificación Sísmica	
Departamento	Apurímac
Provincia	Chincheros
Distrito	Rocchacc
Zonificación Sísmica	Zona 2
Factor de Zona (PGA)	Z = 0.25g

Por otro lado, la norma CE.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, 2016) no establece recomendaciones específicas sobre la fracción del PGA con un periodo de retorno de 475 años que debe emplearse como coeficiente

sísmico en el análisis de estabilidad pseudoestática de taludes. Por ello, se recurrirá al mapa de isoaceleración (Figura 32) para determinar el valor del PGA correspondiente a la zona de estudio.

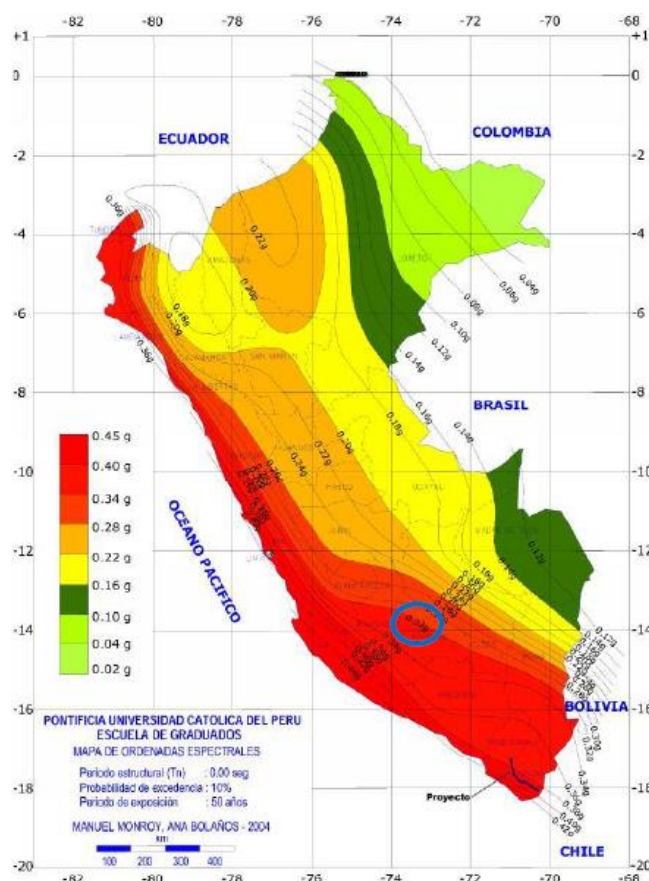


Figura 32. Mapa de Isoaceleraciones del Perú. Tomada de “Espectros de Diseño para Edificaciones Peruanas” de Muñoz et al., 2013.

4.1.10 Coeficiente Sísmico

El coeficiente sísmico es un factor de fuerza lateral empleado en el análisis de equilibrio límite en condiciones pseudoestáticas. Este tipo de análisis se utiliza para representar la carga sísmica aplicada a taludes y estructuras de contención de suelos. Se recomienda adoptar un coeficiente sísmico pseudoestático equivalente al 50% de la aceleración pico del terreno (PGA). En la literatura técnica internacional, es común utilizar una proporción que varía entre un tercio y la mitad del valor de la PGA como referencia para este tipo de análisis.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

5.1 Estudios de Suelos

5.1.1 Exploración y Técnicas de Investigación

Para la obtención de muestras de los distintos estratos que conforman el perfil del subsuelo en la zona del proyecto, se utilizó la información proveniente de tres sondeos realizados por la empresa INGEOLAB S.R.L. en octubre de 2022. El propósito de esta exploración fue caracterizar las propiedades físicas del subsuelo (Tabla 10).

Tabla 10. *Localización de Excavaciones Realizadas*

Sector	Nombre de excavación	Profundidad alcanzada (m)	Localización de Excavación	
			Este	Norte
Cuerpo de talud	C-1	5.00	649867	8514014
Cuerpo de talud	C-2	5.00	649844	8514040
Cuerpo de talud	C-3	5.00	649803	8514077

5.1.2 Ensayos de Laboratorio

Las muestras obtenidas de las excavaciones fueron seleccionadas con el propósito de realizar los ensayos de laboratorio requeridos para la caracterización geotécnica del terreno. Estos ensayos permitieron determinar los parámetros de diseño necesarios para cada una de las estructuras contempladas en el proyecto (Tabla 11).

Tabla 11. *Ensayos de Campo y de Laboratorio Realizados*

Ensayo	Norma Aplicable	Total Realizado
Determinación del contenido de agua en suelos	NTP 339.127	3
Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	NTP 339.129	3
Granulometría	NTP 339.128	3
Método para la clasificación de suelos con propósito de ingeniería (SUCS)	NTP 339.134	3
Ensayo de corte directo	NTP 339.171	3
Determinación del peso volumétrico por cono de arena	NTP 339.143	3

5.1.3 Propiedades Geotécnicas del Suelo

Los resultados obtenidos en los ensayos geotécnicos se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. *Resumen de las Propiedades Mecánicas de los Suelos*

Calicata	SUCS	Resistencia al Corte		Humedad	Peso Unitario Húmedo kN/m ³
		Cohesión kN/m ²	Fricción (°)		
C-1	GM	8.00	35.00	17.06	16.38
C-2	SM	6.86	32.00	19.71	17.16
C-3	GM	8.00	35.00	16.22	17.65

5.2 Generalidades

Antes de iniciar la construcción de un sistema de prevención, control o estabilización, es fundamental realizar un estudio detallado de la pendiente, con el fin de determinar los niveles de peligrosidad y riesgo asociados. Este análisis considera la geometría del talud, las características físicas relacionadas con la resistencia al corte del suelo y el coeficiente de aceleración sísmica correspondiente para el análisis pseudoestático.

5.2.1 Factor de Seguridad

En la actualidad, existen diversas normas técnicas nacionales e internacionales reconocidas en el Perú que regulan los valores mínimos del factor de seguridad a emplearse. Al seleccionar este valor, se debe considerar el escenario de diseño (estático o sísmico), así como la naturaleza de la obra, ya sea temporal o permanente. En la Tabla 13 se presenta un resumen de los factores de seguridad recomendados según distintas normativas. Asimismo, en el Anexo 07 se detallan consideraciones relevantes para el modelamiento de taludes.

Tabla 13. *Factores de Seguridad a Emplear en el Análisis de Estabilidad de Taludes*

Normativa	Talud Temporal		Talud Permanente	
	Estática	Sísmica	Estática	Sísmica
AASHTO LRFD	1.33 - 1.53	1.10	1.33 - 1.53	1.10
NAVFAC-DM7	1.30 - 1.25	1.20 - 1.15	1.50	1.20 - 1.15
FHWA-NHI-11-032	-	1.10	-	1.10
CE.020	-	-	1.50	1.25

5.2.2 Metodología de Análisis

Para este estudio, se utilizará el software Slide con el objetivo de analizar la estabilidad del talud en condiciones estáticas y pseudoestáticas. Se emplearán métodos basados en el enfoque de dovelas, particularmente los siguientes procedimientos: Bishop simplificado; Spencer; Morgenstern-Price.

5.2.3 Método de Dovelas

La técnica de dovelas consiste en dividir la masa deslizante en secciones verticales denominadas dovelas o rebanadas. La superficie de falla puede ser de tipo circular o no circular, dependiendo de las condiciones del terreno. A continuación, se describen los métodos utilizados para calcular la estabilidad del talud:

5.2.3.1 Bishop Simplificado. El método propuesto por Bishop considera que las fuerzas que actúan en las superficies laterales de las dovelas son únicamente horizontales, ignorando las fuerzas cortantes entre ellas. Este enfoque satisface el equilibrio de momentos y el equilibrio de fuerzas en dirección vertical, siendo ampliamente utilizado por su precisión en superficies de falla circulares.

5.2.3.2 Janbu Simplificado. El método de Janbu extiende el planteamiento de Bishop para aplicarlo a superficies de falla de geometría arbitraria (no necesariamente circulares). A diferencia del caso circular, donde el brazo de momento es constante, en este método se evalúa la ecuación de momentos considerando el ángulo individual de cada dovela, lo que permite mayor flexibilidad en el modelamiento de perfiles complejos.

5.2.3.3 Spencer. El método de Spencer (1967) asume que las presiones laterales entre dovelas son paralelas e inclinadas respecto a la horizontal con un ángulo θ . El procedimiento implica resolver simultáneamente dos factores de seguridad: uno respecto al equilibrio de momentos (FSm) y otro respecto al equilibrio de fuerzas (FSf). Ambos se

igualan mediante un proceso iterativo, estableciendo una solución única que satisface ambas condiciones de equilibrio.

5.2.4 Geometría de Análisis

A partir del plano topográfico del terreno, se realizaron cortes representativos del talud para su posterior análisis. Se definieron tres secciones transversales críticas, sobre las cuales se ejecutaron los estudios de estabilidad, como se muestra en la Figura 33.

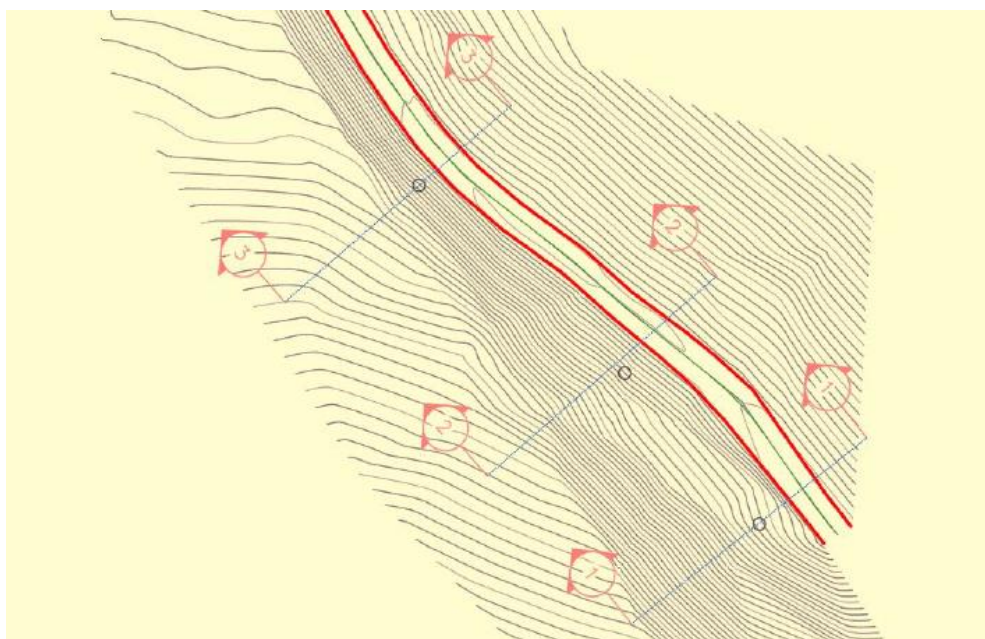


Figura 33. Levantamiento Topográfico con las Secciones de Corte.

En la Figura 34, se muestra el perfil simplificado de los 3 cortes analizados.

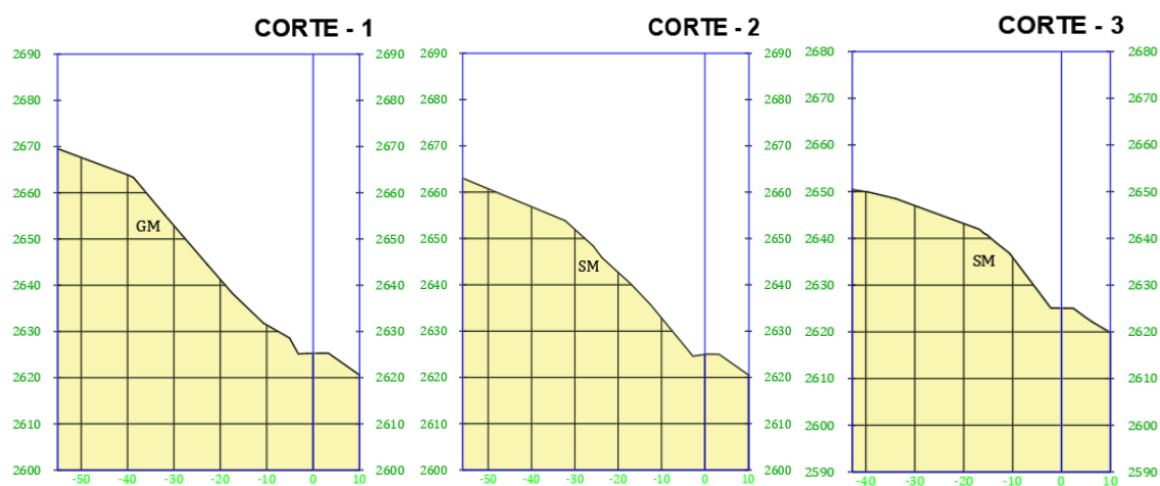


Figura 34. Perfil Simplificado de las Secciones de Análisis A.

5.2.5 Nivel Freático

En las exploraciones realizadas no se identificó la presencia de nivel freático, por lo tanto, este no será considerado en los cálculos de estabilidad.

5.3 Análisis de Estabilidad de Taludes en Estado Actual

5.3.1 Análisis de Estabilidad de Talud del Corte 1

5.3.1.1 Condiciones Estáticas. De acuerdo con la norma CE.020, se considera que un talud es estable en condiciones estáticas cuando presenta factores de seguridad superiores a 1.50. En caso contrario, se clasifica como inestable. En la Tabla 14 se presentan los factores de seguridad mínimos obtenidos mediante los distintos métodos de análisis aplicados.

Tabla 14. *Factor de Seguridad Estático del Corte 1 en Condiciones Actuales*

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
		Condición	Análisis Estático
Corte 1-1	Bishop Simplificado	Actual	1.00
	Spencer	Actual	1.00
	Morgenstern - Price	Actual	1.00

En la Figura 35 se observa que el talud presenta un FS igual a 1.00, según el método de Bishop Simplificado. Se concluye que el talud no es estable en condiciones estáticas actuales, ya que el FS obtenido es inferior al valor mínimo establecido por el RNE (CE.020), el cual exige un FS mayor a 1.50.

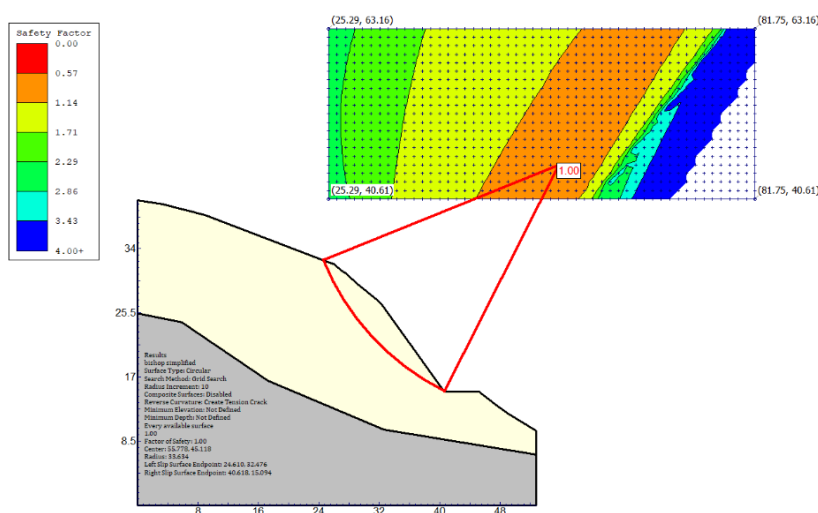


Figura 35. Perfil Simplificado de las Secciones de Análisis B.

5.3.1.2 Condiciones Pseudoestáticas. Para el análisis pseudoestático del talud, el efecto sísmico se ha modelado como una fuerza horizontal, representada por el coeficiente sísmico, cuyo valor adoptado en este estudio es de 0.10g, conforme a lo indicado en el punto 3.6. Según la norma CE.020, se considera que un talud se encuentra en condición estable cuando el factor de seguridad (FS) es superior a 1.25; valores inferiores a este umbral indican inestabilidad. En la Tabla 15, se presentan los factores de seguridad mínimos obtenidos mediante los distintos métodos de análisis aplicados.

Tabla 15. *Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 1 en Condiciones Actuales*

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
		Condición	Análisis Pseudoestático
Corte 1-1	Bishop Simplificado	Actual	0.87
	Spencer	Actual	0.87
	Morgenstern - Price	Actual	0.87

Además, en la Figura 36, se observa que el talud presenta un FS igual a 0.87, según el método de Bishop simplificado. Por lo tanto, se concluye que el talud es inestable bajo condiciones pseudoestáticas actuales, ya que el FS obtenido es inferior al valor mínimo exigido por el RNE (CE.020), que establece un umbral de 1.25.

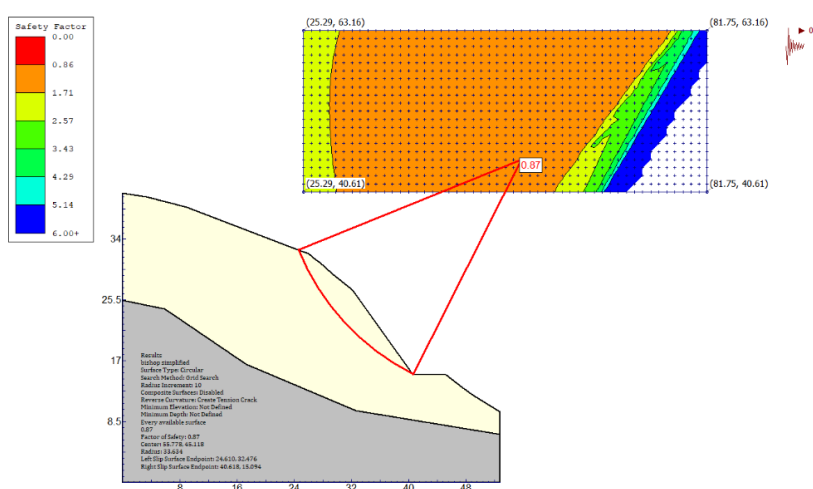


Figura 36. Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 1.

5.3.2 Análisis de Estabilidad de Talud del Corte 2

5.3.2.1 Condiciones Estáticas. De acuerdo con la Norma Técnica CE.020, los FS superiores a 1.50 se consideran indicativos de estabilidad en condiciones estáticas, mientras que los valores inferiores a dicho umbral se interpretan como inestabilidad del talud.

En la Tabla 16, se presentan los valores mínimos del factor de seguridad obtenidos mediante los diferentes métodos de análisis aplicados.

Tabla 16. *Factor de Seguridad Estático del Corte 2 en Condiciones Actuales*

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
		Condición	Análisis Estático
Corte 2-2	Bishop Simplificado	Actual	1.03
	Spencer	Actual	1.02
	Morgenstern - Price	Actual	1.02

En la Figura 37, se observa que el talud presenta un FS igual a 1.03, según el método de Bishop simplificado. Por lo tanto, se concluye que el talud es inestable en condiciones estáticas actuales, ya que el FS obtenido es inferior al valor mínimo establecido por el RNE (CE.020), el cual exige un FS mayor para considerar estable un talud en este tipo de análisis.

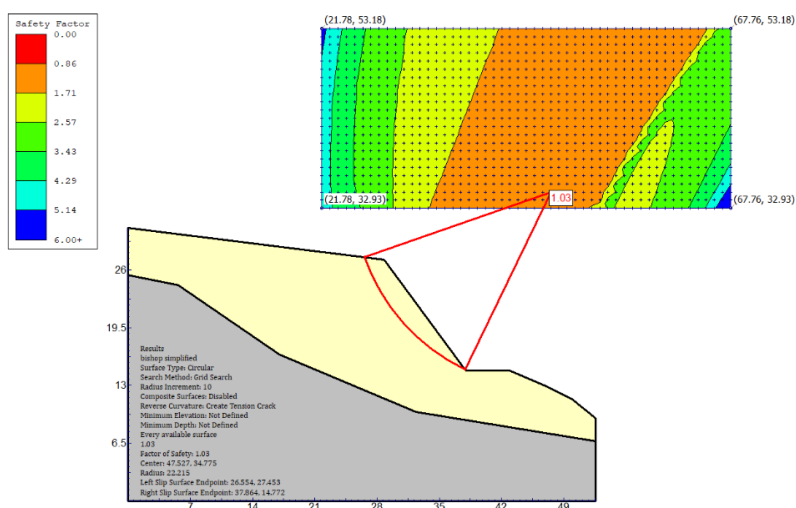


Figura 37. Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 2.

5.3.2.2 Condiciones Pseudoestáticas. En el análisis pseudoestático del talud, el efecto sísmico se ha considerado como una fuerza horizontal equivalente, representada por

el coeficiente sísmico, cuyo valor adoptado para este estudio es de 0,10g, tal como se especifica en el punto 3.6. En la Tabla 17, se presentan los factores de seguridad mínimos obtenidos a partir de los distintos métodos de análisis aplicados.

Tabla 17. *Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 2 en Condiciones Actuales*

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
		Condición	Análisis Pseudoestático
Corte 2-2	Bishop Simplificado	Actual	0.89
	Spencer	Actual	0.89
	Morgenstern - Price	Actual	0.88

En la Figura 38 se observa que el talud presenta un FS igual a 0.89 según el método de Bishop simplificado, por lo tanto, se considera inestable en condiciones pseudoestáticas actuales, ya que dicho valor es inferior al mínimo recomendado por el RNE (CE.020).

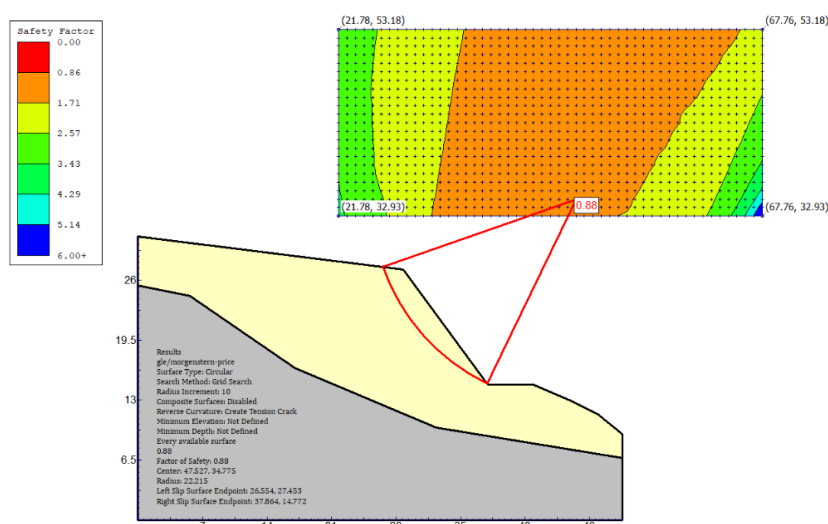


Figura 38. Factor de Seguridad Pseudoestático en Condiciones Actuales del Corte 2

5.3.3 Análisis de Estabilidad de Talud del Corte 3

5.3.3.1 Condiciones Estáticas. De acuerdo con la norma CE.020 del RNE, se considera que un talud está en condición estable bajo análisis estático cuando el FS es mayor o igual a 1.50. Si el valor es inferior a este umbral, el talud se clasifica como inestable. La Tabla 18 presenta un resumen de los valores mínimos del factor de seguridad obtenidos mediante las distintas metodologías de análisis aplicadas.

Tabla 18. *Factor de Seguridad Estático del Corte 3 en Condiciones Actuales*

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
		Condición	Análisis Estático
Corte 3-3	Bishop Simplificado	Actual	1.38
	Spencer	Actual	1.38
	Morgenstern - Price	Actual	1.37

El talud se encuentra en condición inestable bajo las circunstancias estáticas actuales, ya que su FS obtenido mediante la técnica simplificada de Bishop, es igual a 1,38, valor inferior al mínimo requerido según lo establecido por RNE (CE.020). Esta condición se evidencia en la Figura 39, donde se presenta el resultado del análisis.

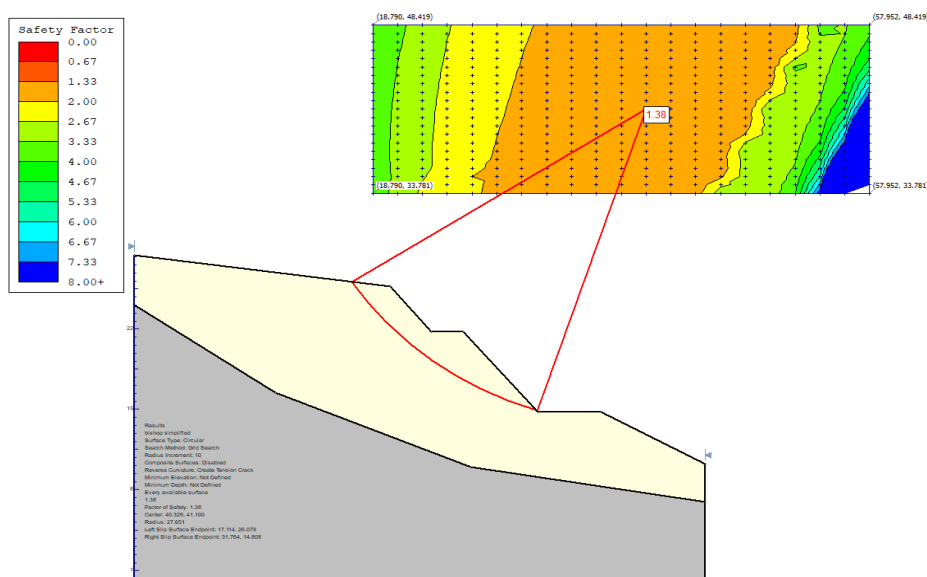


Figura 39. Factor de Seguridad Estático del Corte 3

5.3.3.2 Condiciones Pseudoestáticas. Para el análisis pseudoestático del talud, el efecto sísmico se ha modelado como una fuerza horizontal equivalente, conocida como coeficiente sísmico, cuyo valor adoptado en este estudio es 0,10g, conforme a lo indicado en el punto 3.6. Se considera que el talud se encuentra en condición estable cuando el FS es superior a 1,25, según los criterios establecidos por el RNE (CE.020); en caso contrario, se clasifica como inestable.

La Tabla 19 presenta un resumen de los FS mínimos obtenidos a partir de los distintos métodos de análisis utilizados.

Tabla 19. *Factor de Seguridad Pseudoestático del Corte 3 en Condiciones Actuales*

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
		Condición	Análisis Pseudoestático
Corte 3-3	Bishop Simplificado	Actual	1.17
	Spencer	Actual	1.16
	Morgenstern - Price	Actual	1.16

Se puede afirmar que el talud es inestable en las condiciones pseudoestáticas actuales, dado que su FS es inferior al valor mínimo recomendado por el RNE (CE.020). En la Figura 40, se muestra que el talud presenta un FS de 1,17 según el método simplificado de Bishop.

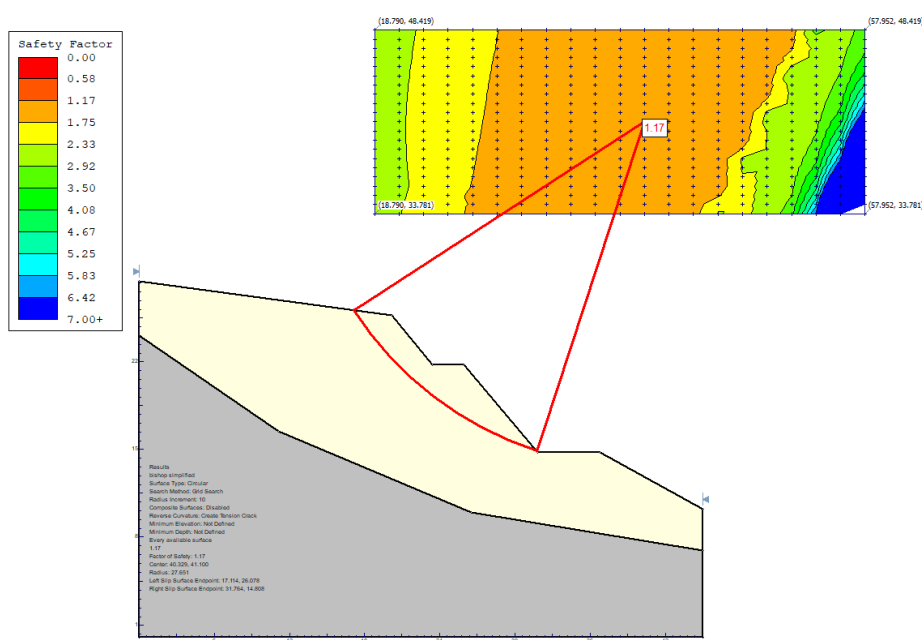


Figura 40. Factor de Seguridad del Talud en Condiciones Actuales del Corte 3

5.4 Análisis de Estabilidad de Taludes con Modificación de Geometría

Dado que el talud en estudio presenta inestabilidad en las condiciones actuales, fue necesario implementar medidas de mejora para incrementar su estabilidad. Para llevar a cabo

el análisis correspondiente, se selecciona el Corte 1, por tratarse del más crítico, al presentar el menor factor de seguridad y la mayor altura entre los cortes evaluados.

5.4.1 Alternativa 1: Análisis de Estabilidad con Banquetas

5.4.1.1 Condiciones Estáticas. En la Figura 41 se observa que el talud presenta un FS igual a 1.22, calculado mediante el método de Spencer. Según los criterios establecidos por el RNE (CE.020), este valor indica que el talud mejora su estabilidad, pero aún no alcanza el umbral mínimo requerido para considerarse completamente estable en condiciones estáticas. Por tanto, se clasifica como seguro, pero todavía inestable.

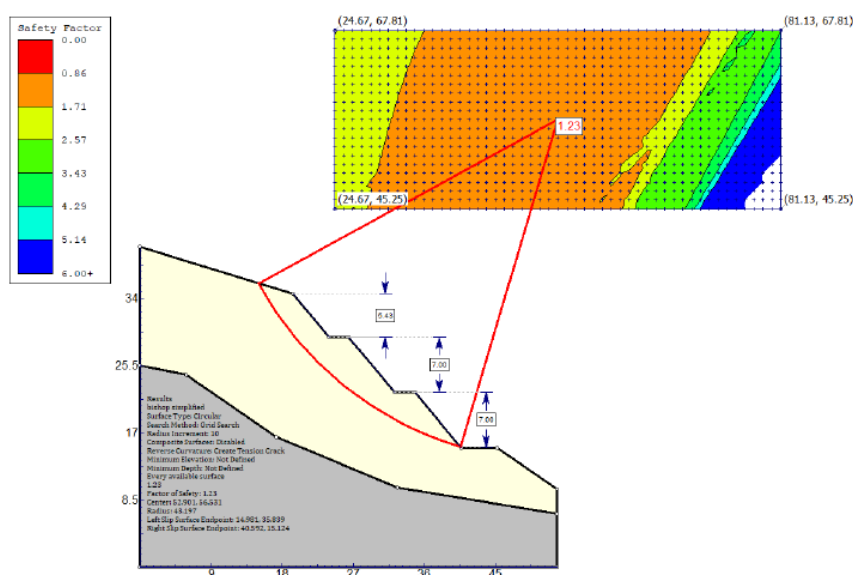


Figura 41. Factor de Seguridad Estático con Primera Alternativa de Estabilización

Los factores de seguridad mínimos obtenidos mediante los diferentes métodos de análisis se resumen a continuación. En la Tabla 20, presenta los valores del factor de seguridad correspondientes a la primera alternativa de estabilización del talud.

Tabla 20. Factores de Seguridad con la Primera Alternativa de Estabilización

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
		Condición	Análisis Estático
Corte 1-1	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.23
	Spencer	Largo Plazo	1.22
	Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.22

5.4.2 Alternativa 2: Análisis de Estabilidad con Perfil Modificado

5.4.2.1 Condiciones Estáticas. En la Figura 42, se observa que el talud presenta un FS igual a 1.14 según el método de Bishop Simplificado, por lo que se concluye que, aunque el talud presenta cierto nivel de seguridad, aún se considera inestable en condiciones estáticas, al no alcanzar el valor mínimo requerido por la normativa vigente.

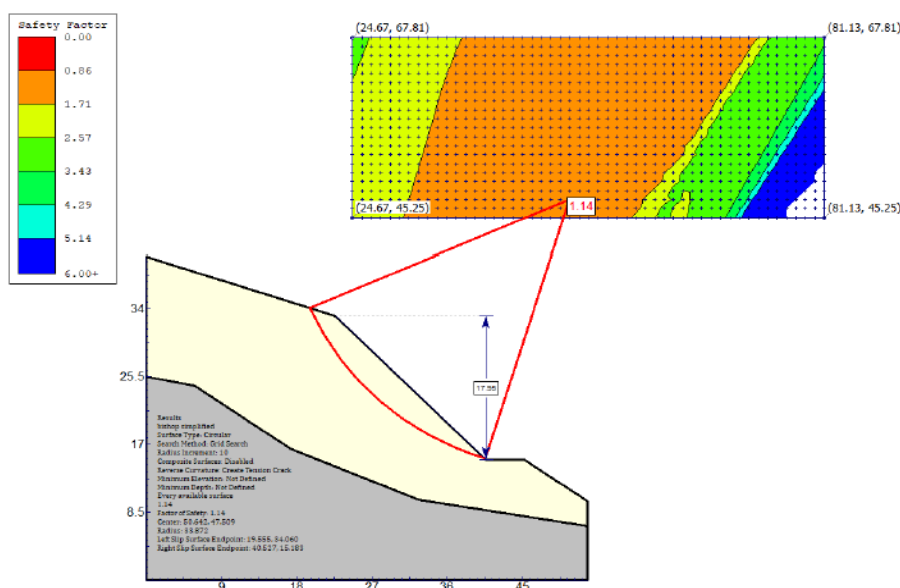


Figura 42. Factor de Seguridad Estático con Alternativas de Perfil Modificado

La Tabla 21, presenta los factores de seguridad obtenidos con la segunda alternativa de estabilización.

Tabla 21. *Factores de Seguridad con la Alternativa de Perfil Modificado*

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
		Condición	Análisis Estático
Corte 1-1	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.14
	Spencer	Largo Plazo	1.14
	Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.14

Tal como se observa en las Tablas 20 y 21, los factores de seguridad obtenidos son inferiores a los valores recomendados por el RNE (CE.020). Por ello, además de la modificación de la geometría del talud, mediante la implementación de banquetas y el perfil

modificado, se procedió a analizar alternativas de reforzamiento utilizando el sistema *Tecco G65* y geomallas coextruidas mono-orientadas.

5.5 Análisis de Estabilidad de Taludes Utilizando Tecco System G65

El talud en estudio presenta condiciones de inestabilidad, por lo que se requiere la implementación de medidas correctivas para mejorar su estabilidad.

Para el análisis se seleccionó el Corte 1, ya que representa el tramo más crítico, al presentar el menor factor de seguridad y la mayor altura.

5.5.1 Alternativa 3: Análisis de Estabilidad con Banquetas Utilizando Tecco System G65

La instalación de una malla metálica flexible de alta resistencia, anclada al terreno mediante barras de acero, se considera la alternativa más adecuada para este caso específico. Este sistema tiene la capacidad de adaptarse a la variabilidad volumétrica del suelo. La estabilización se logrará mediante el uso de una membrana de malla de triple torsión.

El sistema propuesto está conformado por una malla romboidal de alambre de acero de 3 mm de diámetro, con alto límite elástico, anclada al terreno mediante pernos de acero de 25 mm de diámetro y 10 metros de longitud, dispuestos en una cuadrícula de 1.50m × 1.50m. La malla se fija a los anclajes con placas de acero romboidales, diseñadas específicamente para este propósito.

El comportamiento de la malla es no lineal, lo que le permite activarse por tracción únicamente cuando es necesario, manteniéndose adherida al terreno. Es la superficie del talud la que transmite los empujes hacia la malla, la cual los transfiere a los nodos de anclaje, y de allí a la zona estable del terreno.

De esta manera, no solo actúan los anclajes colocados en el talud, sino que la propia malla colabora en la redistribución de los esfuerzos a lo largo de toda la superficie, contribuyendo significativamente a la estabilización global e integral del talud.

5.5.1.1 Parámetros de Diseño. Las distintas características del anclaje consideradas para su incorporación en el modelo de estabilidad se detallan en la Tabla 22.

Tabla 22. *Parámetros Iniciales de Anclaje*

Espaciamiento Horizontal del Anclaje (SH)	1.50m
Espaciamiento Vertical del Anclaje (SV)	1.50m
Longitud Total de Anclaje	10m
Fuerza de Tensado Pre-Diseño	50kN

5.5.1.2 Condiciones Estáticas. La tercera alternativa de estabilización del talud consiste en combinar la primera alternativa con la implementación de mallas de triple torsión ancladas al terreno (Tecco System G65).

Los factores de seguridad en condiciones estáticas obtenidos con esta tercera alternativa se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23. *Factores de Seguridad con la Tercera Alternativa de Estabilización*

Sección de Análisis	Inclinación del Anclaje	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
			Condición	Análisis Estático
Corte 1-1	20°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.48
		Spencer	Largo Plazo	1.48
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.48
	25°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.50
		Spencer	Largo Plazo	1.50
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.50
	30°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.51
		Spencer	Largo Plazo	1.51
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.51

En las Figuras 43, 44 y 45 se presentan las diferentes salidas gráficas generadas por el software Slide, donde se muestran, entre otros aspectos, la superficie de falla más crítica y el correspondiente factor de seguridad en condiciones estáticas. La inclinación de los anclajes se varió a 20°, 25° y 30°, con el objetivo de analizar su efecto sobre el factor de seguridad del talud, lo que permitirá optimizar el diseño del sistema de estabilización.

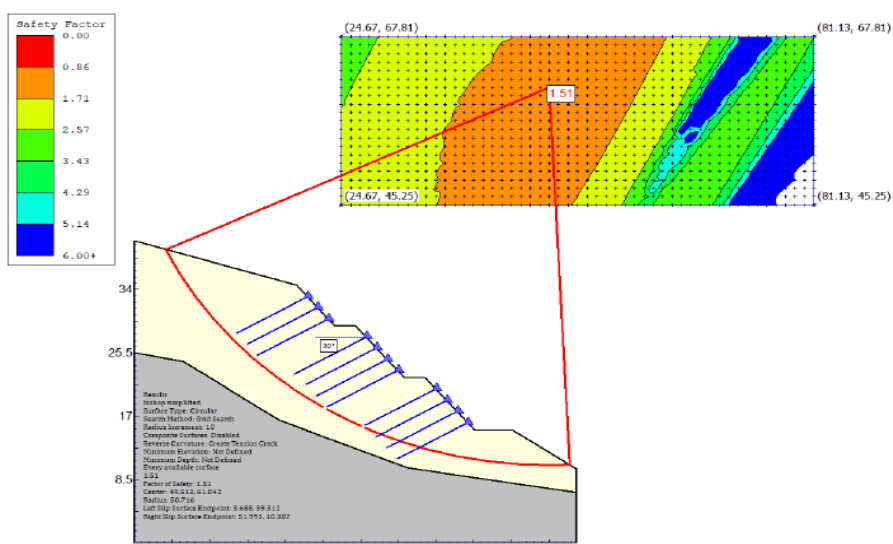


Figura 43. Factor de Seguridad con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=30^\circ$)

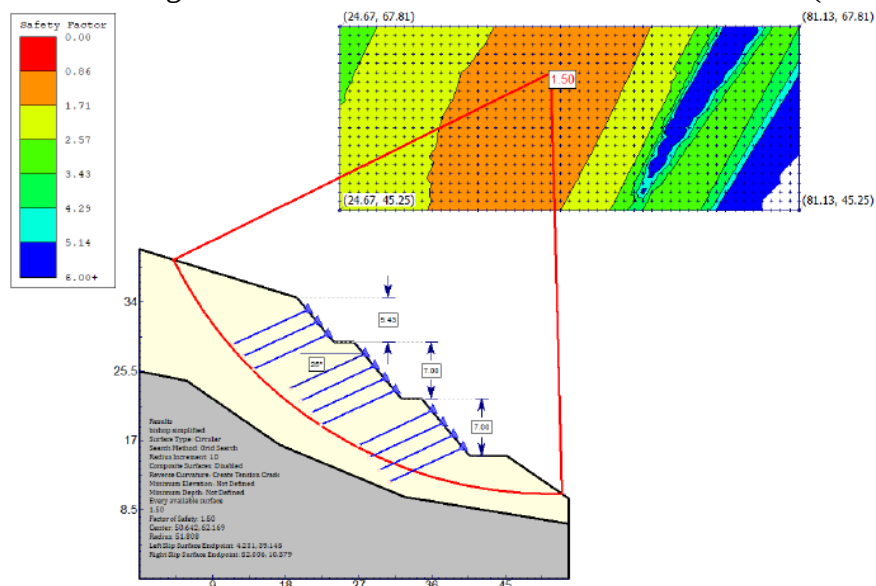


Figura 44. Factor de Seguridad con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=25^\circ$)

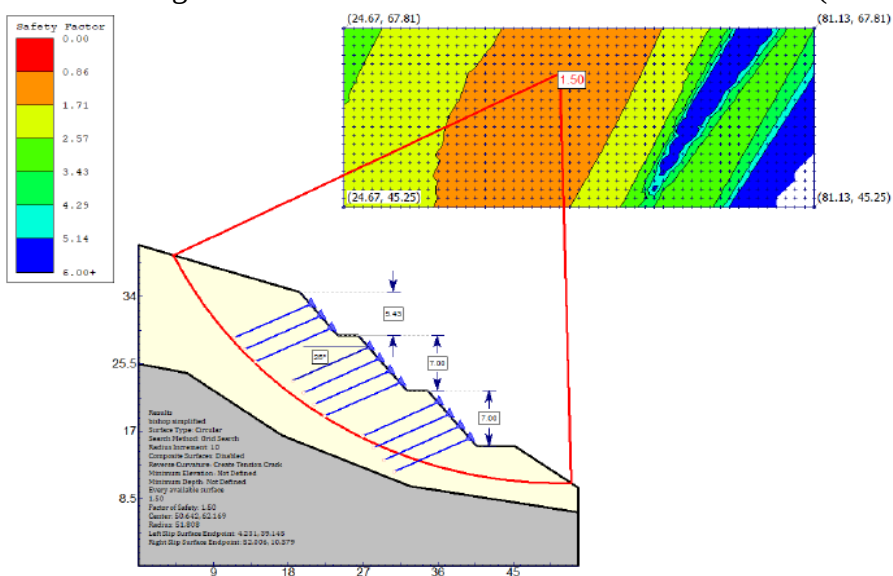


Figura 45. Factor de Seguridad con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=20^\circ$)

5.5.1.3 Condiciones Pseudoestáticas. Los factores de seguridad en condiciones pseudoestáticas, correspondientes a la tercera alternativa de estabilización, se presentan en la Tabla 24.

Asimismo, las Figuras 46, 47 y 48 muestran de forma gráfica los factores de seguridad obtenidos y la superficie de falla más crítica.

Tabla 24. *Factores de Seguridad Pseudoestático con la Tercera Alternativa de Estabilización*

Sección de Análisis	Inclinación del Anclaje	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
			Condición	Análisis Pseudoestático
Corte 1-1	20°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.23
		Spencer	Largo Plazo	1.22
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.23
	25°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.24
		Spencer	Largo Plazo	1.24
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.24
	30°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.25
		Spencer	Largo Plazo	1.25
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.25

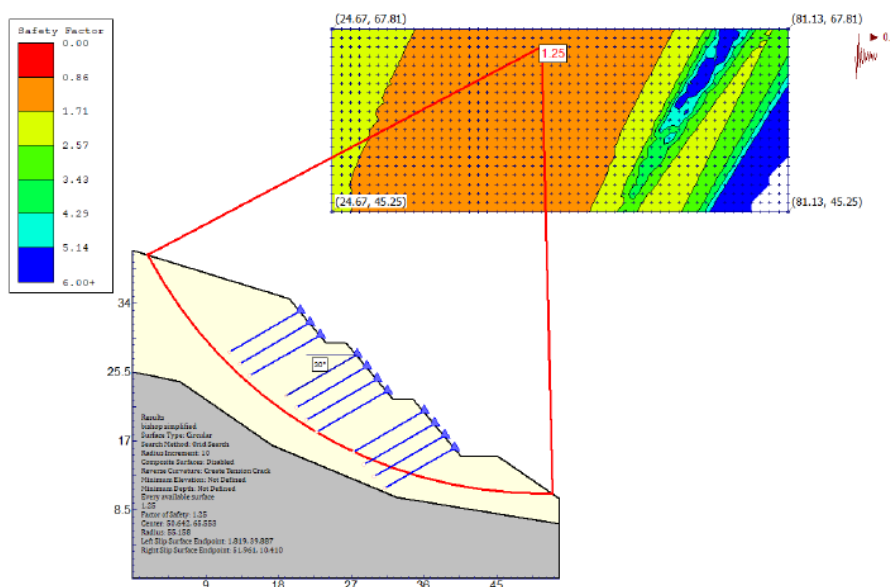


Figura 46. Factor de Seguridad Pseudoestático con Tercera Alternativa de Estabilización (i=30°)

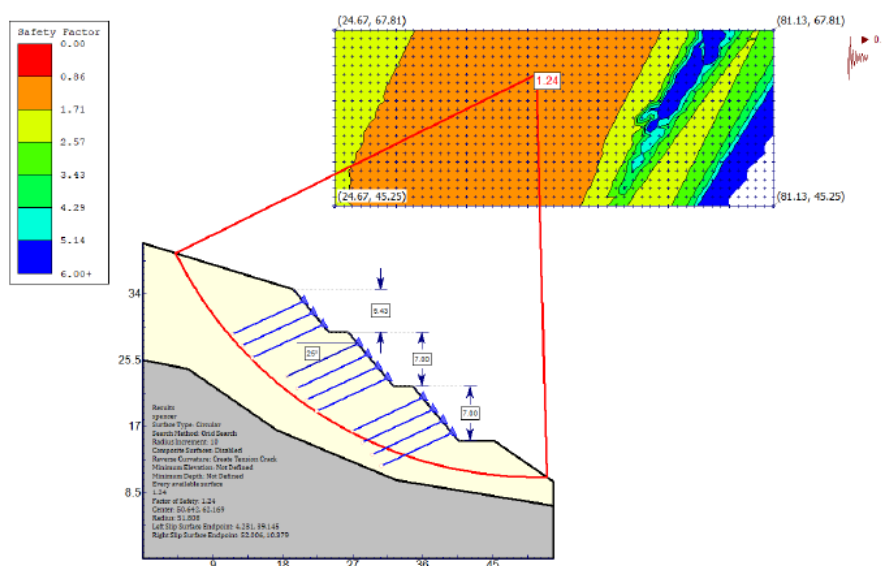


Figura 47. Factor de Seguridad Pseudoestático con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=25^\circ$)

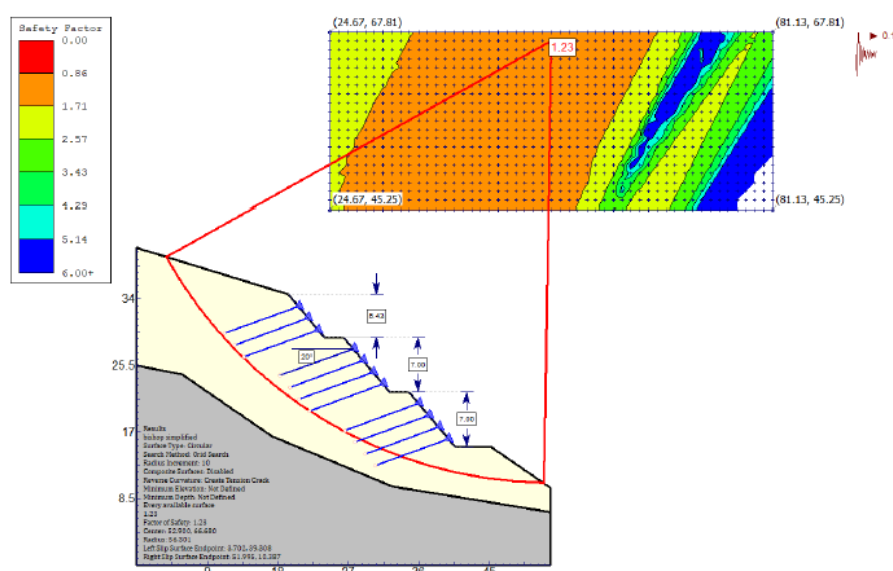


Figura 48. Factor de Seguridad Pseudoestático con Tercera Alternativa de Estabilización ($i=20^\circ$)

5.5.2 Alternativa 4: Análisis de Estabilidad con Perfil Modificado Utilizando Tecco System G65

La cuarta alternativa de estabilización del talud consiste en combinar la segunda alternativa de solución con la implementación de mallas de triple torsión ancladas al terreno (Tecco System G65).

5.5.2.1 Condiciones Estáticas. Los factores de seguridad estáticos del talud bajo el cuarto método de estabilización se presentan en la Tabla 25. Las Figuras 49, 50 y 51 muestran las distintas salidas gráficas obtenidas mediante el software Slide, incluyendo, entre otros elementos, la superficie de falla más crítica y el factor de seguridad correspondiente.

La inclinación de los anclajes se varió a 20°, 25° y 30°, con el objetivo de evaluar su influencia en el factor de seguridad del talud, lo cual permitirá un diseño más eficiente del sistema de estabilización. En la Tabla 25, se muestran los FS en condiciones estáticas de la cuarta alternativa.

Tabla 25. *Factores de Seguridad con la Cuarta Alternativa de Estabilización*

Sección de Análisis	Inclinación del Anclaje	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
			Condición	Análisis Estático
Corte 1-1	20°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.47
		Spencer	Largo Plazo	1.46
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.47
	25°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.49
		Spencer	Largo Plazo	1.48
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.48
	30°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.50
		Spencer	Largo Plazo	1.49
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.50

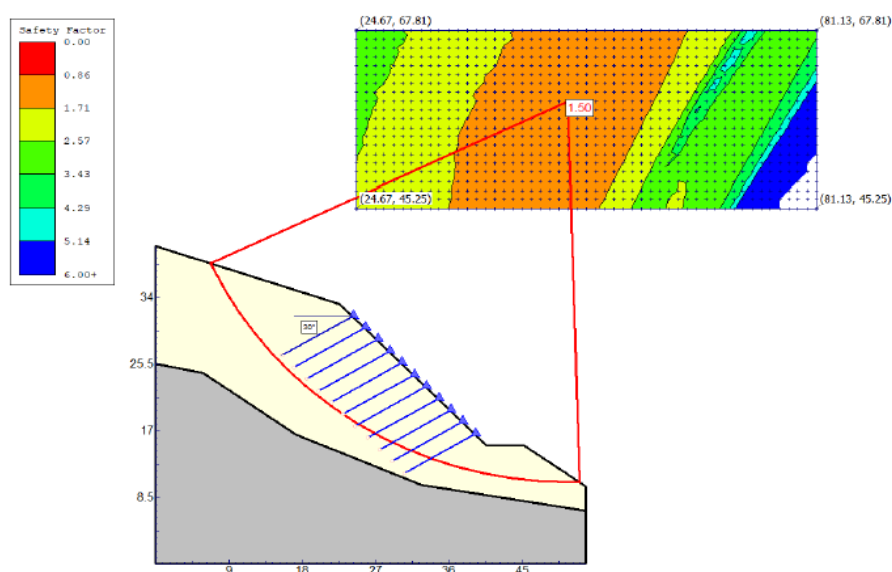


Figura 49. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=30^\circ$)

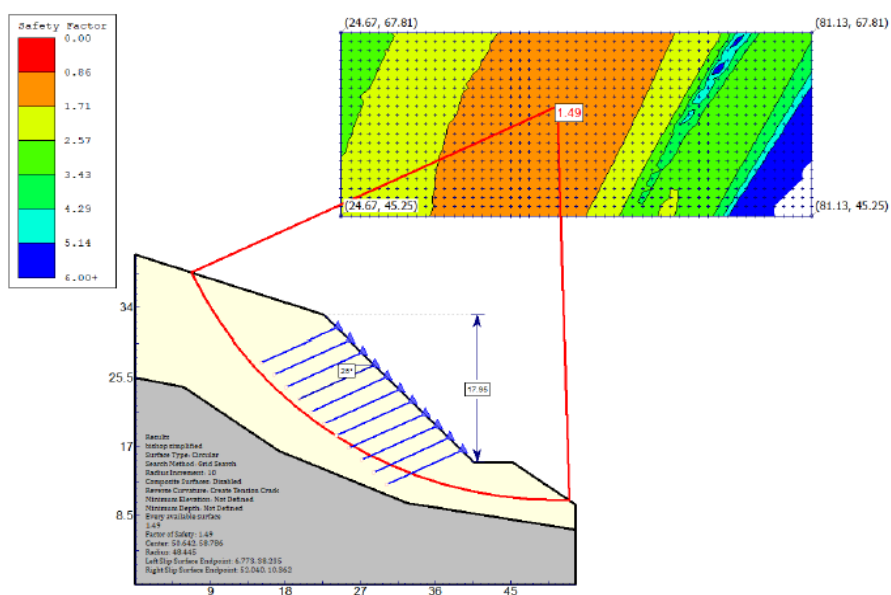


Figura 50. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=25^\circ$)

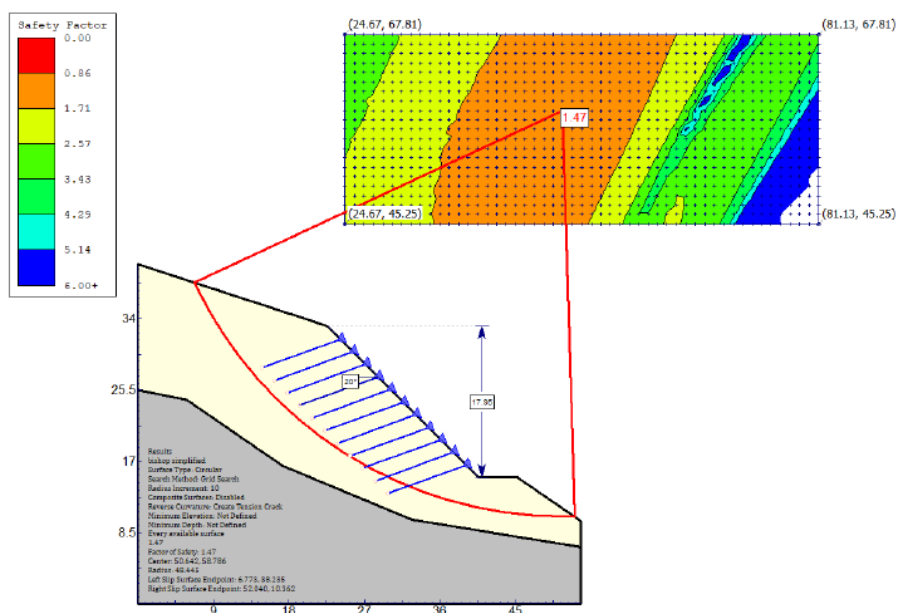


Figura 51. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=20^\circ$)

5.5.2.2 Condiciones Pseudoestáticas. Los factores de seguridad pseudoestáticos obtenidos con el cuarto método de estabilización se presentan en la Tabla 26.

Las Figuras 52, 53 y 54 ilustran gráficamente los resultados del análisis, incluyendo la superficie de falla más crítica y los valores correspondientes del factor de seguridad.

Tabla 26. Factores de Seguridad Pseudoestático con la Cuarta Alternativa de Estabilización

Sección de Análisis	Inclinación del Anclaje	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide	
			Condición	Análisis Pseudoestático
Corte 1-1	20°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.22
		Spencer	Largo Plazo	1.22
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.22
	25°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.24
		Spencer	Largo Plazo	1.24
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.24
	30°	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.25
		Spencer	Largo Plazo	1.25
		Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.25

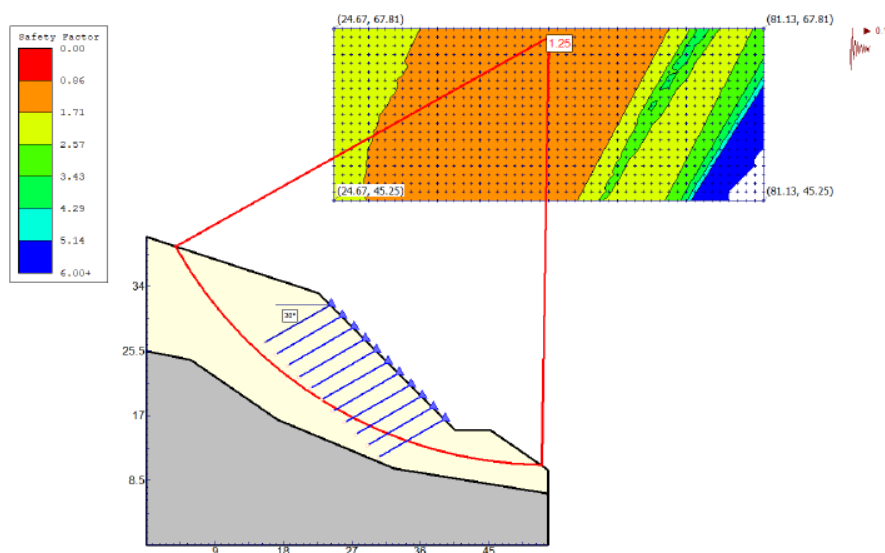


Figura 52. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=30^\circ$)

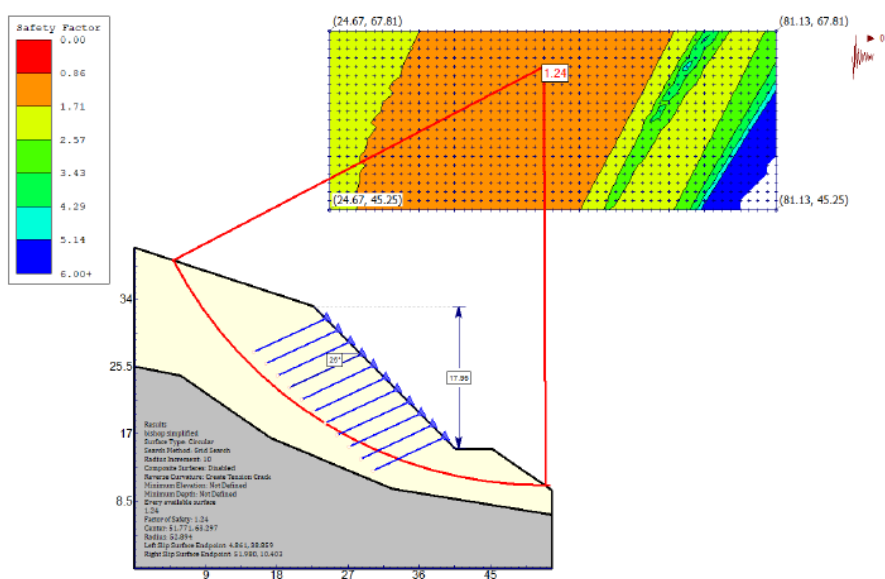


Figura 53. Factor de Seguridad con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=25^\circ$)

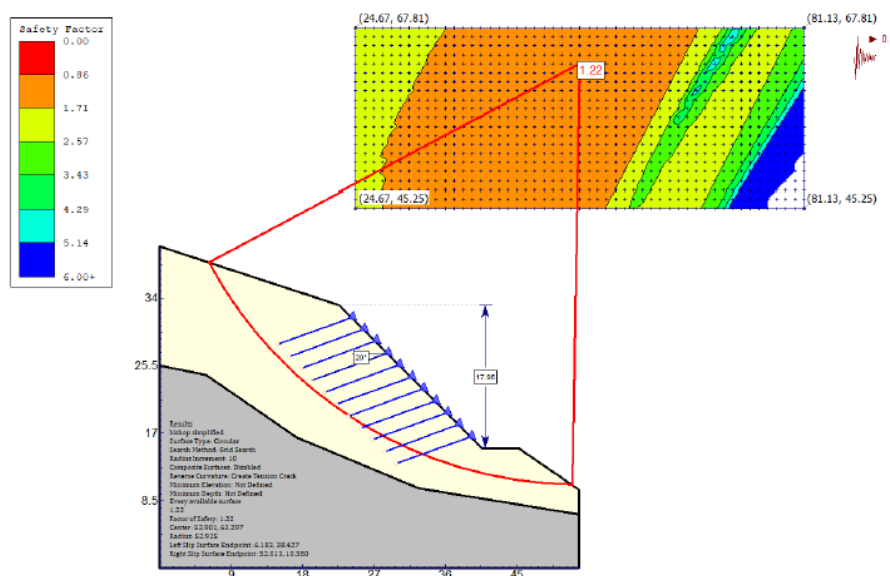


Figura 54. Factor de Seguridad Con Cuarta Alternativa de Estabilización ($i=20^\circ$)

5.5.3 Capacidad de Tensado de los Anclajes

Según indica Geobrug (2024), normalmente se aplica una fuerza de fijación, denominada fuerza de pretensado, sobre la tuerca, del orden de 30 kN, utilizando una llave dinamométrica. El objetivo no es pretensar los clavos, sino instalar la malla lo más ajustada posible para detener el proceso de erosión desde el inicio. Se eligen fuerzas de pretensado entre 30 y 50 kN, dado que son valores que pueden alcanzarse manualmente mediante una llave dinamométrica.

5.5.3.1 Verificación de los Anclajes. La verificación de los anclajes frente a los distintos modos de falla interna (arrancamiento, deslizamiento, entre otros) se realizó tomando como referencia las siguientes normativas nacionales e internacionales:

- Guía para el diseño y la ejecución de anclajes en obras de carreteras.
- Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Anclajes (UNE-EN 1537).
- Reglamento Nacional de Edificaciones (E.050).

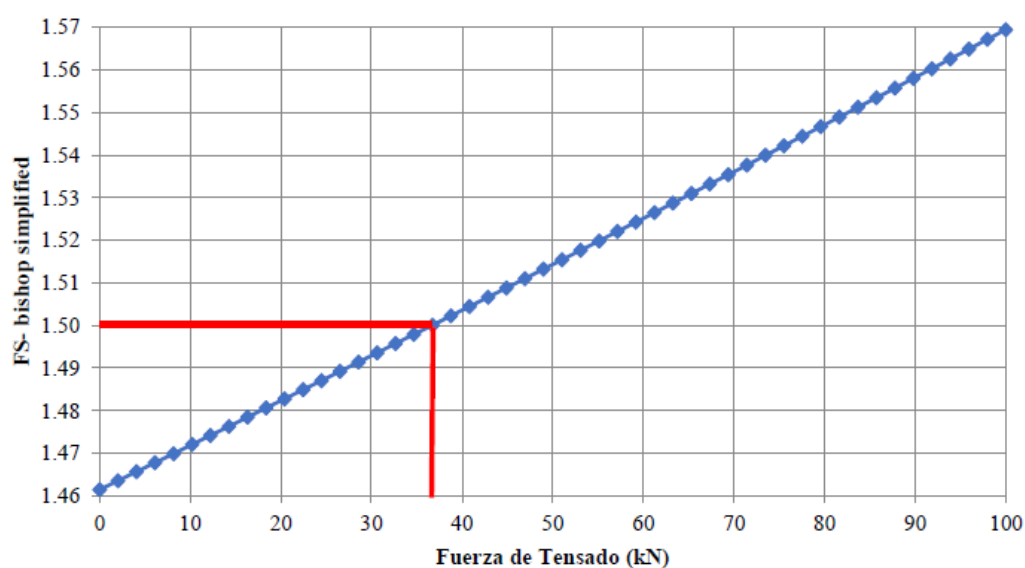
En la Tabla 27, se presentan los parámetros finales considerados en el diseño de los anclajes.

Tabla 27. *Parámetros Finales de Anclaje*

Espaciamiento Horizontal del Anclaje (SH)	1.50m
Espaciamiento Vertical del Anclaje (SV)	1.50m
Cuadrícula	2.25m ²
Longitud Total de Anclaje	10m
Fuerza de Tensado	50kN
Presión de Estabilización sobre el Terreno	22.22kPa
Diámetro de Anclaje	25mm (1'')
Diámetro de Perforación	75mm
Resistencia a la Compresión del Mortero (Lechada)	25MPa

Para determinar la fuerza de tensado adecuada a emplear en los anclajes, y evaluar su influencia en el factor de seguridad del talud, se realizó un análisis de sensibilidad variando la fuerza de tensado entre 0 kN y 100 kN.

Como se observa en la Figura 55, si se emplea como método de estabilización la Alternativa 3, que contempla bulones inclinados a 30°, será necesario aplicar una fuerza mínima de tensado de 40 kN en los anclajes para alcanzar FS superiores a 1.50.

Figura 55. Variación del Factor de Seguridad con $i=30^\circ$ (Alternativa 3)

De manera similar, si se utiliza como método de estabilización la Alternativa 3, con anclajes inclinados a 25°, será necesario aplicar una fuerza mínima de tensado de 50 kN para alcanzar FS superiores a 1.50 (Figura 56).

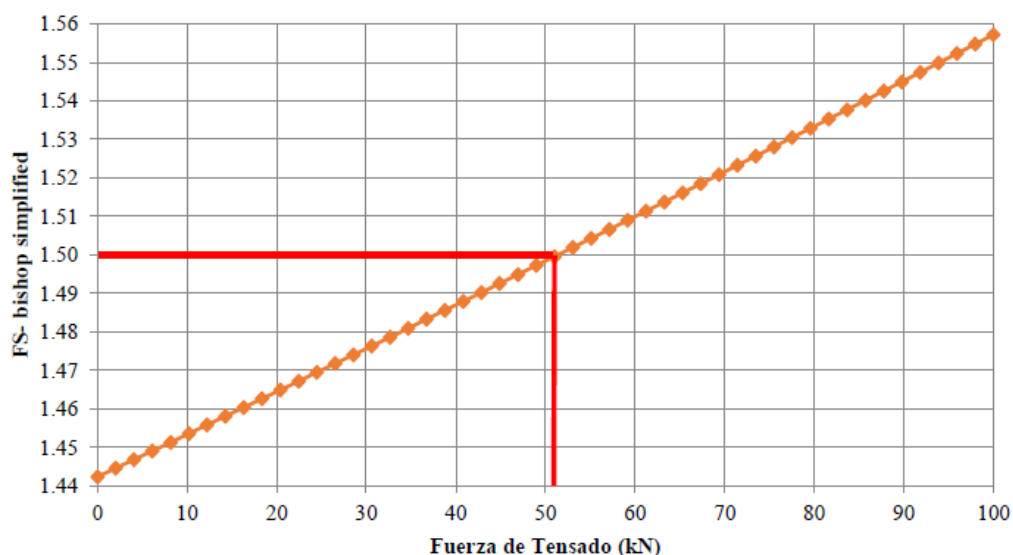


Figura 56. Variación del Factor de Seguridad con $i=25^\circ$ (Alternativa 3)

Asimismo, como se observa en la Figura 57, si se emplea como método de estabilización del talud la Alternativa 4, con bulones inclinados a 30° , será necesario aplicar una fuerza mínima de tensado de 50 kN para alcanzar FS superiores a 1.50.

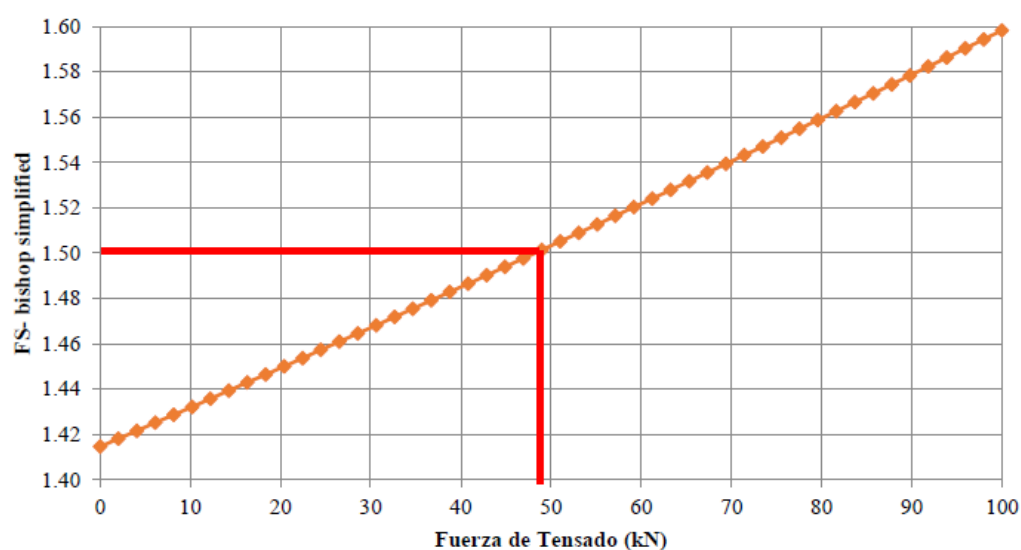


Figura 57. Variación del Factor de Seguridad con $i=30^\circ$ (Alternativa 4)

Del mismo modo, como se observa en la Figura 58, si se emplea como método de estabilización del talud la Alternativa 4, con bulones inclinados a 25° , será necesario aplicar una fuerza mínima de tensado de 60 kN para alcanzar FS superiores a 1.50.

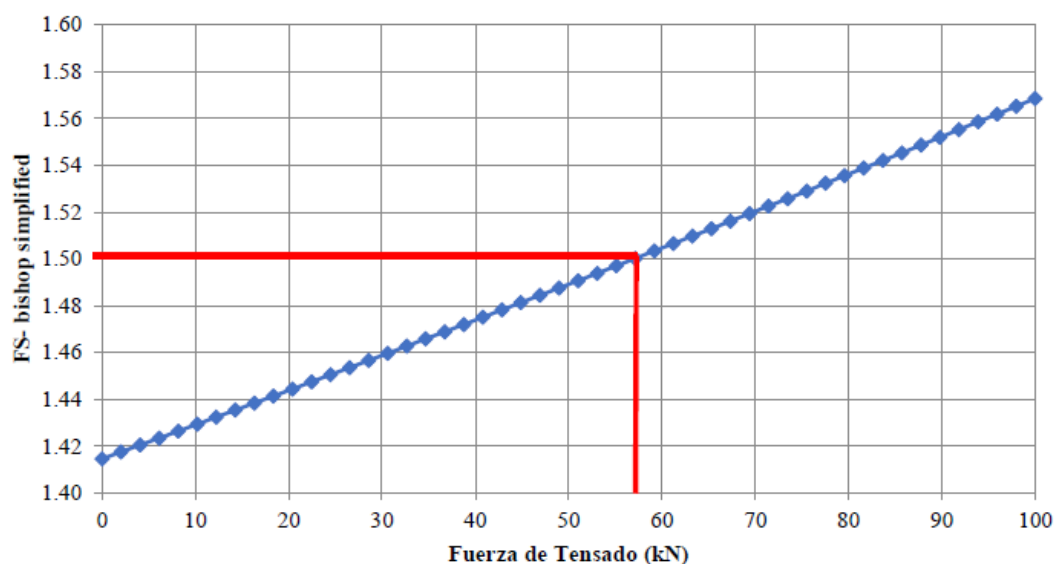


Figura 58. Variación del Factor de Seguridad con $i=25^\circ$ (Alternativa 4)

5.5.4 Alternativa de Estabilización más Eficiente con Tecco System G65

Dado que a los bulones de acero se les aplica una carga nominal de tensado entre 30 y 50 kN, la alternativa de estabilización más eficiente corresponde a la Alternativa 3, pero únicamente cuando los anclajes están dispuestos con una inclinación de 30° . Como se observa en las Figuras 59 y 60, al aplicar una fuerza de tensado de 50 kN se alcanza un FS superior a 1.50.

En contraste, la Alternativa 4 solo logra alcanzar un FS 1.50 bajo las mismas condiciones de anclaje, por lo que resulta menos eficiente.

En la Tabla 28, se presentan los factores de seguridad obtenidos con la medida de estabilización más eficiente.

Tabla 28. Factores de Seguridad con Medida de Estabilización Eficiente

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide		
		Condición	Análisis Estático	Análisis Pseudoestático
Corte 1-1	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.51	1.25
	Spencer	Largo Plazo	1.51	1.25
	Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.51	1.25

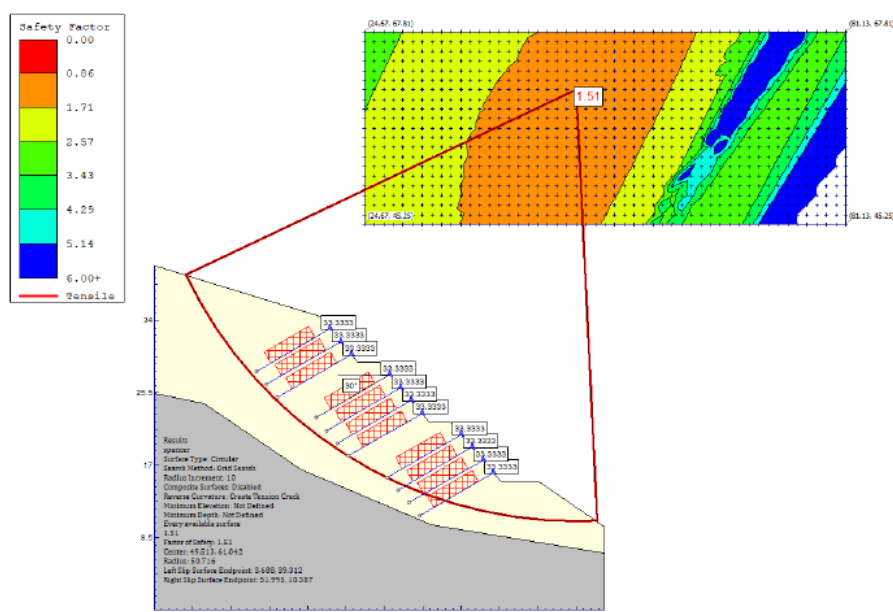


Figura 59. Medida de Estabilización más Efectiva en Condiciones Estáticas - Corte 1

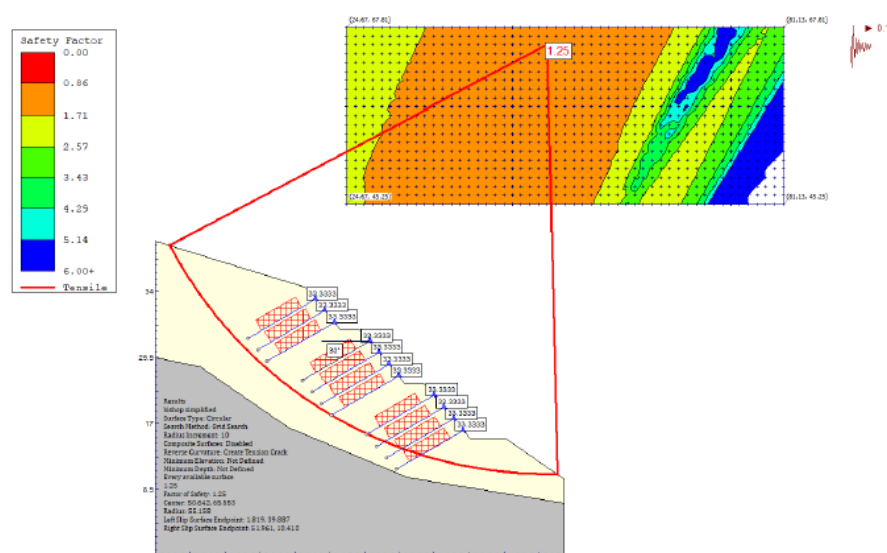


Figura 60. Medida de Estabilización más Efectiva en Condiciones Pseudoestático - Corte 1

5.6 Análisis de Estabilidad de Taludes con Geomalla Coextruida Mono Orientada

El talud en estudio presenta condiciones de inestabilidad, por lo que se requieren medidas para mejorar su estabilidad.

Los geosintéticos empleados en este análisis corresponden a geotextiles tejidos de tipo TR3000, TR6000 y HR160. Sus propiedades se detallan en la Tabla 29.

Tabla 29. Propiedades Mecánicas de los Geosintéticos

Propiedades Mecánicas	Norma	Unidad	TR300	TR6000 HF	HR 160
Resistencia a la Tensión Metodo Grab	ASTM D4632	N	2150.00	3300.00	4300.00
Resistencia a la Tensión Metodo Tira Ancha	ASTM D4595	kN/m	58.00	110.00	160.00

La resistencia última de los geosintéticos se determinó con la siguiente expresión:

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{ult}}{FS}$$

$$FS = RF_{ID} + RF_{FL} + RF_{DQB}$$

Donde:

RF_{ID} =Factor de reducción por daños durante la instalación. $RF_{ID}=1.10$

RF_{FL} =Factor de reducción por carga continua sobre el Geosintético. $RF_{FL}=2.00$

RF_{DQB} =Factor de reducción por degradación química/biológica. $RF_{DQB}=1.10$

5.6.1 Análisis de la Estabilidad Global del Talud con Geosintéticos

Se realizó el análisis de estabilidad global del talud considerando la incorporación de geosintéticos mediante un muro de suelo reforzado, cuyas características geométricas son las siguientes:

- Altura del muro: 19.20 m
- Base del muro: 10.00 m
- Inclinação del muro: 60°

Los factores de seguridad obtenidos para esta configuración del talud se resumen en la Tabla 30.

Tabla 30. Factores de Seguridad con la Incorporación de Geosintéticos

Sección de Análisis	Método de Análisis de Estabilidad	FS del Modelo Slide		
		Condición	Análisis Estático	Análisis Pseudoestático
Corte 1-1	Bishop Simplificado	Largo Plazo	1.55	1.33
	Spencer	Largo Plazo	1.54	1.33
	Morgenstern - Price	Largo Plazo	1.54	1.33

En la Figura 61, se muestra la representación gráfica del FS más crítico y de la superficie de falla del talud analizado en condiciones estáticas. En la Figura 62, se muestra la gráfica del FS más crítico y la superficie de falla del talud en análisis en condiciones pseudoestáticas.

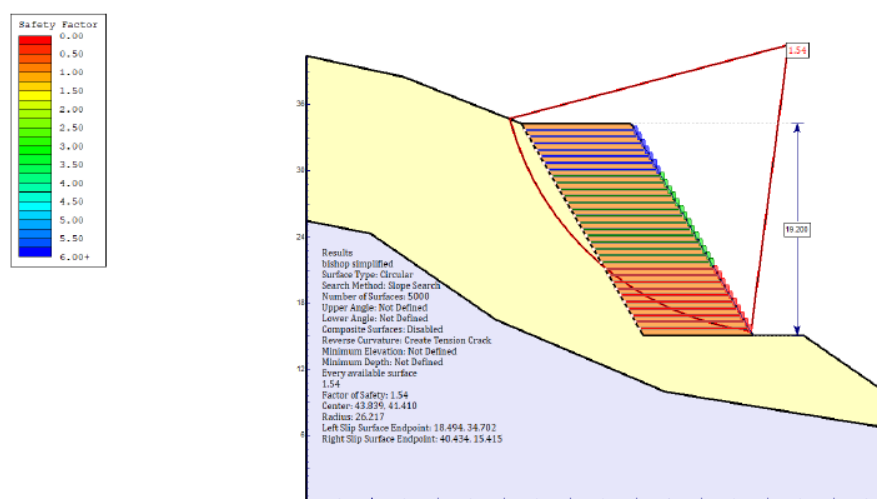


Figura 61. Factor de Seguridad Estático con la Incorporación de los Geosintéticos

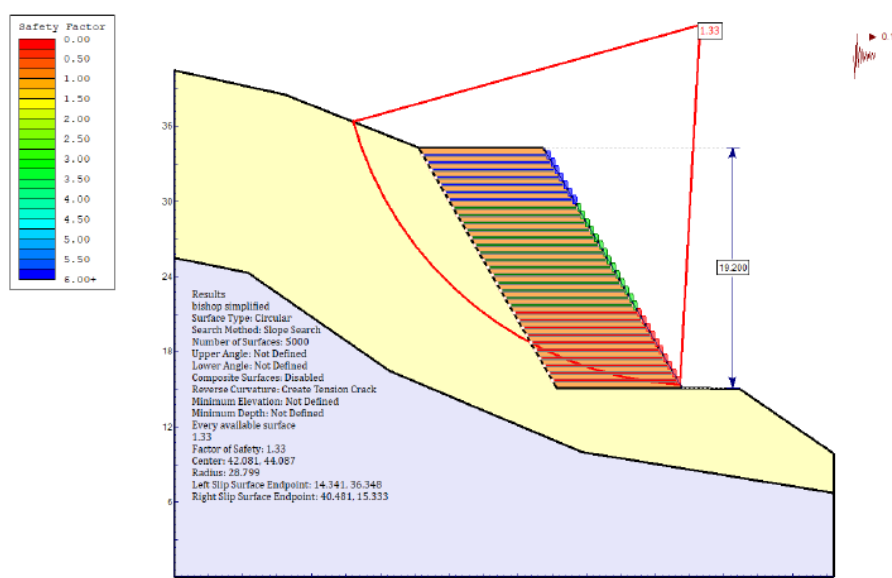


Figura 62. Factor de Seguridad Pseudoestático con la Incorporación de los Geosintéticos

CAPÍTULO VI

PRUEBA DE HIPÓTESIS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis Estadístico de las Hipótesis Específicas

6.1.1 Hipótesis Específica 1 (HE1)

Planteamiento de Hipótesis.

Hipótesis nula (H_0): $FS \geq 1.50$ (El FS cumple con el mínimo requerido por el RNE).

Hipótesis alternativa (H_a): $FS < 1.50$ (El FS es menor al mínimo requerido).

Datos Analizados. Durante la evaluación de tres secciones a lo largo de la carretera Rocchacc-Ongoy, se obtuvieron los siguientes FS en condiciones estáticas:

- a. FS calculados en las tres secciones del talud:

$$FS_{\text{sección 1}} = 1.00$$

$$FS_{\text{sección 2}} = 1.03$$

$$FS_{\text{sección 3}} = 1.38$$

- b. FS crítico ($FS_{\text{observado}}$) = 1.00 (Sección 1, el menor de los tres valores).
 c. Valor mínimo de referencia del RNE ($FS_{\text{requerido}}$) = 1.50
 d. Nivel de significancia (α) = 0.05 (95% de confianza)

Prueba de Normalidad. En la Hipótesis Específica 1, se dispone únicamente de un valor del factor de seguridad obtenido a partir de simulaciones o análisis numéricos correspondientes al caso sin implementación de geomallas en el talud evaluado.

Dado que solo se cuenta con una única observación, no es posible aplicar pruebas de normalidad, ya que estas requieren, como mínimo, dos o más datos para evaluar la forma de la distribución. Por lo tanto, no se puede determinar si el valor proviene de una población con distribución normal.

En el contexto del presente estudio, el objetivo principal es verificar si dicho valor de FS cumple con el valor mínimo establecido por el RNE, que es 1,50. En consecuencia,

se realiza una comparación directa entre el valor obtenido y el estándar normativo, sin necesidad de aplicar pruebas estadísticas inferenciales ni de normalidad.

Selección de la Prueba Estadística. Dado que se trabaja con un único valor representativo (caso determinístico) y no se dispone de varias mediciones para estimar la desviación estándar ni la distribución, se opta por una evaluación directa para determinar si el $FS_{\text{observado}}$ es menor al $FS_{\text{requerido}}$. El cálculo se basa en comparar la diferencia entre el factor de seguridad observado y el requerido:

$$D = FS_{\text{observado}} - FS_{\text{requerido}}$$

Cálculo del Estadístico de Prueba. Sustituyendo los valores:

$$D = FS_{\text{observado}} - FS_{\text{requerido}}$$

$$D = 1.00 - 1.50$$

$$D = -0.50$$

El resultado es una diferencia negativa, lo que indica que el $FS_{\text{observado}}$ está 0.50 unidades por debajo del valor requerido.

Interpretación y Decisión. Criterio de aceptación o rechazo de H_0 .

Si el $FS_{\text{observado}} \geq FS_{\text{requerido}}$ no rechaza H_0 , lo que indicaría que el talud cumple con el valor mínimo de seguridad.

Si el $FS_{\text{observado}} < FS_{\text{requerido}}$, se rechaza H_0 , validando H_a : el talud no cumple con el valor mínimo de seguridad.

Entonces, como $FS_{\text{observado}} = 1.00 < FS_{\text{requerido}} = 1.50$ se rechaza H_0 en favor de H_a .

Conclusión. De acuerdo con el análisis estadístico, el factor de seguridad del talud crítico (Sección 1) es de 1,00, valor significativamente inferior al mínimo requerido por el RNE (1,50). En consecuencia, se valida la Hipótesis Específica 1, confirmando que la sección crítica del talud presenta un riesgo de falla geotécnica que podría comprometer la estabilidad y seguridad de la vía.

6.1.2 Hipótesis Específica 2 (HE2)

Planteamiento de Hipótesis. La Hipótesis Específica 2 plantea que las geomallas coextruidas mono-orientadas proporcionan un FS superior al mínimo requerido ($FS \geq 1.50$) según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Hipótesis nula (H_0): El FS con geomallas coextruidas no alcanza el valor mínimo requerido ($FS < 1.50$).

Hipótesis alternativa (H_a): El FS con geomallas coextruidas cumple o supera el valor requerido ($FS \geq 1.50$).

Datos Analizados.

- Factores de seguridad obtenidos con los tres métodos:
 - Bishop simplificado: 1.55
 - Spencer: 1.54
 - Morgenstern-Price: 1.54
- FS mínimo requerido por el RNE: 1.50
- Nivel de Significancia (α): 0.05 (95% de confianza)
- Grados de Libertad: $df = n - 1 = 2$

Prueba de Normalidad. Para la Hipótesis Específica 3, se cuenta con tres valores de FS obtenidos bajo las condiciones de diseño con geomallas *Tecco System G65* y perfil modificado. El objetivo es verificar si el promedio de estos valores cumple o supera el mínimo normativo ($FS \geq 1.50$).

Se intentó aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, adecuada para muestras pequeñas ($n \leq 50$). Sin embargo, al ejecutarla con la muestra [1.55, 1.54, 1.54], se obtuvo un p -valor negativo, lo cual es estadísticamente inválido (deben estar entre 0 y 1). Este resultado se explica por dos factores:

- Tamaño extremadamente reducido de la muestra ($n=3$).

- Baja variabilidad en los datos, incluyendo valores repetidos.

Estas condiciones generan inestabilidad matemática en el cálculo, impidiendo un resultado fiable.

En consecuencia, no es viable evaluar la normalidad con esta muestra. Sin embargo, en el contexto ingenieril, es práctica común asumir normalidad teórica para continuar con el análisis, especialmente cuando se trabaja con modelos determinísticos y datos limitados.

Bajo este supuesto, se procede con la prueba t para una muestra, tal como se planteó inicialmente, comparando el promedio de FS contra el valor normativo mínimo.

Resultados previos de Shapiro-Wilk.

- Estadístico Shapiro-Wilk: 0.75
- p-valor: No confiable debido al tamaño muestral reducido (n=3).

Aunque no se puede confirmar la normalidad estadísticamente, se asume para efectos prácticos del análisis en ingeniería civil, manteniendo la validez de la prueba t. Por ello, se mantuvo y validó el uso de la prueba t en el desarrollo de esta hipótesis.

Cálculo el Estadístico de Shapiro-Wilk. La prueba de Shapiro-Wilk evalúa si una muestra sigue una distribución normal mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{(\sum a_i x_{(i)})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde:

- $x_{(i)}$ son los valores ordenados de menor a mayor.
- $\bar{x}$ es la media de los datos.
- a_i son coeficientes predefinidos en función del tamaño de la muestra y provienen de valores tabulados.
- El numerador mide la correlación entre los datos ordenados y los cuantiles esperados de una distribución normal.

- El denominador representa la varianza de los datos:

$$FS = \{1.55, 1.54, 1.54\}$$

Paso 1. Ordenamos los valores de menor a mayor:

$$x_{(1)} = 1.54$$

$$x_{(2)} = 1.54$$

$$x_{(3)} = 1.55$$

Paso 2. Calculamos la media de la muestra:

$$\bar{x} = \frac{1.54 + 1.54 + 1.55}{3} = \frac{4.63}{3} = 1.5433$$

Paso 3. Obtenemos los coeficientes a_i de la tabla de Shapiro-Wilk:

Para $n=3$, los coeficientes aproximados son:

$$a_1 = -0.7071$$

$$a_2 = 0$$

$$a_3 = 0.7071$$

Paso 4. Calculamos el numerador $(\sum a_i x_{(i)})^2$:

$$S = (-0.7071 * 1.54) + (0 * 1.54) + (0.7071 * 1.55)$$

$$S = -1.0899 + 0 + 1.0960 = 0.0061$$

$$(\sum a_i x_{(i)})^2 = (0.0061)^2 = 0.0000372$$

Paso 5. Calculamos el denominador $\sum (x_i - \bar{x})^2$:

$$(1.54 - 1.5433)^2 + (1.54 - 1.5433)^2 + (1.55 - 1.5433)^2$$

$$(-0.0033)^2 + (-0.0033)^2 + (0.0067)^2$$

$$0.0000109 + 0.0000109 + 0.0000449 = 0.0000667$$

Paso 6. Calculamos W:

$$W = \frac{0.0000372}{0.0000667} = 0.75$$

Cálculo de p -valor a través de Python:

$$p - \text{valor} = -9.11 * 10^{-7}$$

Cálculos para la Prueba de Hipótesis. Promedio de los FS:

$$x = \frac{1.55 + 1.54 + 1.54}{3} = \frac{4.63}{3} = 1.543$$

Desviación estándar (σ):

$$\sigma = 0.00575$$

Número de muestras (n):

$$n = 3$$

Cálculo del Estadístico de Prueba. Sustituyendo los valores observados:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{1.5433 - 1.50}{\frac{0.00575}{\sqrt{3}}} = \frac{0.0433}{\frac{0.00575}{1.732}} = \frac{0.0433}{0.00332} = 13.04$$

Interpretación y Decisión. Calculamos el valor de t crítico, mediante:

$$df = 2$$

Nivel de significancia (α) = 0.05 (95% de confianza)

Según la Tabla t -Student, el valor t crítico = 2.92.

Dado que el valor calculado de $t = 13.04$ es mucho mayor que el valor crítico $t = 2.92$, rechazamos la hipótesis nula.

Conclusión. La prueba de hipótesis demuestra que el FS promedio (1.5433) es significativamente superior al valor mínimo establecido por el RNE (1.50). En consecuencia, se concluye que la implementación de geomallas coextruidas incrementa el factor de seguridad por encima del umbral normativo, contribuyendo de manera efectiva a mejorar la estabilidad del talud.

6.1.3 Hipótesis Específica 3 (HE3)

Planteamiento de Hipótesis.

Hipótesis nula (H_0): El FS con la malla *Tecco System G65* no alcanza el valor mínimo requerido ($FS < 1.50$).

Hipótesis alternativa (H_a): El FS con la malla *Tecco System G65* cumple o supera el valor requerido ($FS \geq 1.50$).

Datos Analizados.

- Factores de seguridad obtenidos con los tres métodos:
 - Bishop simplificado: 1.51
 - Spencer: 1.51
 - Morgenstern-Price: 1.51
- FS mínimo requerido por el RNE: 1.50
- Nivel de Significancia (α): 0.05 (95% de confianza)
- Grados de Libertad: $df = n - 1 = 2$

Prueba de Normalidad. En esta hipótesis, todos los valores de FS obtenidos para el análisis del talud con geomalla *Tecco System G65* a 30° de inclinación son idénticos.

Al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, se obtuvo un estadístico $W=1.0$ y un p -valor=1.0, lo que indica una distribución perfectamente normal. Sin embargo, este resultado carece de validez práctica, ya que la ausencia total de variabilidad impide realizar inferencias estadísticas: no existe desviación estándar ni margen de error que evaluar.

Por lo tanto, se concluye directamente que el FS cumple con el valor mínimo exigido por el RNE (1.50), sin necesidad de aplicar pruebas estadísticas adicionales.

Cálculos para la Prueba de Hipótesis. Promedio (media) de los FS:

$$x = \frac{1.51 + 1.51 + 1.51}{3} = \frac{4.53}{3} = 1.51$$

Desviación estándar (σ):

$$\sigma = 0.0$$

Número de muestras (n):

$$n = 3$$

Cálculo del Estadístico de Prueba. Sustituyendo los valores observados:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{1.51 - 1.50}{\frac{0.005}{\sqrt{3}}} = \frac{0.01}{\frac{0.005}{1.732}} = \frac{0.01}{0.00332} = 3.012$$

Interpretación y Decisión. Calculamos el valor de t crítico, mediante:

$$df = 2$$

$$\text{Nivel de significancia } (\alpha) = 0.05 \text{ (95\% de confianza)}$$

Según la Tabla t-Student, el valor t crítico = 2.92.

Dado que el valor calculado de $t = 3.012$ es mucho mayor que el valor crítico $t = 2.92$, rechazamos la hipótesis nula.

Conclusión. Dado que todos los valores de FS obtenidos superan el mínimo requerido de 1.50, se concluye que la implementación de la malla *Tecco System G65* garantiza un factor de seguridad conforme a lo establecido en el RNE.

6.1.4 Hipótesis Específica 4 (HE4)

Planteamiento de Hipótesis.

Hipótesis nula (H_0): No existe diferencia significativa en el factor de seguridad entre la geomalla coextruida mono orientada y la malla *Tecco System G65* ($FS_{geomalla} \leq FS_{Tecco}$).

Hipótesis alternativa (H_a): La geomalla coextruida mono orientada proporciona un factor de seguridad mayor que el sistema *Tecco System G65* ($FS_{geomalla} > FS_{Tecco}$).

Datos Analizados. Los FS comparados son los siguientes:

Tabla 31. *Comparación de Factores de Seguridad*

Método de Estabilización	FS Estático	FS Dinámico
Geomalla coextruida mono-orientada	1.55	1.33
Malla Tecco System G65	1.50	1.25

Valor mínimo de referencia del RNE (FS requerido):

- Estático: 1.50
- Pseudoestático: 1.25
- Nivel de significancia (α) = 0.05 (95% de confianza)

Selección de la Prueba Estadística. Dado que se trabaja con valores únicos obtenidos mediante modelación determinística (simulación numérica) y no se cuenta con réplicas muestrales, no es posible aplicar pruebas estadísticas paramétricas ni pruebas de normalidad como Shapiro-Wilk, que requieren un tamaño mínimo de muestra de tres observaciones.

Justificación de la Omisión de la Prueba de Normalidad: En este caso, se prescinde de la prueba de normalidad debido a que únicamente se dispone de un valor de factor de seguridad para cada alternativa evaluada (geomalla y *Tecco System*). Esto imposibilita la verificación de la distribución estadística. Esta limitación es habitual en proyectos de ingeniería geotécnica, donde los análisis se sustentan en condiciones controladas y resultados de modelación numérica.

En consecuencia, se recurre a una evaluación comparativa directa, metodología válida dentro de los criterios de ingeniería aplicada.

Cálculo del Estadístico de Prueba. Se evalúa la diferencia de los FS:

Estático.

$$D = FS_{geomalla} - FS_{Tecco} = 1.55 - 1.50 = 0.05$$

Pseudoestático.

$$D = FS_{geomalla} - FS_{Tecco} = 1.33 - 1.25 = 0.08$$

Ambas diferencias son positivas, indicando que la geomalla proporciona mayor estabilidad.

Interpretación y Decisión.

Tabla 32. *Escenarios Comparados*

Escenario	Comparación	Resultado	Decisión
Estático	$1.55 > 1.50$	FS geomalla	Rechazar H_0
Pseudoestático	$1.33 > 1.25$	FS geomalla	Rechazar H_0

En ambos casos se rechaza la hipótesis nula, validando que la geomalla coextruida mono orientada ofrece mayor factor de seguridad.

Conclusión. Los resultados de los factores de seguridad, tanto en condiciones estáticas (1.55) como pseudoestáticas (1.33) para la geomalla coextruida mono-orientada, superan a los obtenidos con el *Tecco System G65* (1.50 y 1.25, respectivamente). Aunque la diferencia es relativamente pequeña, este incremento resulta significativo al momento de priorizar soluciones más eficientes y seguras.

Por lo tanto, se valida la Hipótesis Específica 4: la geomalla coextruida mono-orientada representa una alternativa más eficiente para la estabilización del talud, especialmente considerando su menor costo y su facilidad constructiva.

6.2 Discusión de Resultados

6.2.1 Discusión OG: Mejora de la Estabilidad del Talud mediante el Uso de Malla Tecco System G65 y Geomallas Coextruidas Mono-orientadas

Existen diversas alternativas para la estabilización de taludes, y numerosos estudios han explorado el uso de geosintéticos en diferentes configuraciones. En esta investigación se analizaron dos sistemas destacados: la malla *Tecco System G65* y la geomalla coextruida mono-orientada. Ambos métodos demostraron ser eficaces para incrementar la estabilidad

del talud, alcanzando factores de seguridad superiores al mínimo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

El análisis comparativo evaluó el rendimiento de ambas técnicas en términos de estabilidad, facilidad de instalación y durabilidad. Los resultados muestran que la *Tecco System G65* ofrece mayor resistencia a la erosión y una mejor adaptación a topografías irregulares, mientras que las geomallas coextruidas mono-orientadas resultan más económicas y sencillas de instalar.

En lo referente a la estabilidad, ambas soluciones cumplen con la normativa CE.020 sobre estabilización de suelos y taludes. La geomalla coextruida mono-orientada alcanzó el factor de seguridad requerido sin necesidad de modificaciones adicionales en la geometría del talud. Por su parte, la malla *Tecco System G65*, combinada con un perfil modificado y anclajes inclinados a 30°, también cumplió con el estándar normativo. La selección entre ambas dependerá de las prioridades del proyecto, ya sea optimizar el desempeño técnico o reducir costos y tiempos de instalación, en el contexto específico de la carretera Rocchacc-Ongoy.

Comparando estos resultados con el estudio de Tapia et al. (2009), Diseño de un pavimento utilizando geomallas en el tramo de la carretera Bajada de Chanduy-Aguas Verdes-Pocito de Tapia et al., se observa que, si bien en aquel caso se emplearon geomallas biaxiales en pavimentos, la variable económica fue determinante, concluyéndose que las geomallas representaban una solución más asequible. Por analogía, en este estudio el uso de geomallas coextruidas mono-orientadas se presenta como una alternativa económicamente más favorable frente a las mallas metálicas, las cuales requieren además de un sistema de anclajes para su instalación.

En función de los resultados obtenidos, se acepta la Hipótesis General: la aplicación de la malla *Tecco System G65* o de la geomalla coextruida mono-orientada mejora

significativamente la estabilidad del talud, alcanzando factores de seguridad superiores al mínimo exigido por el RNE.

6.2.2 Discusión OE1: Factor de Seguridad del Talud sin un Método de Estabilización

El Objetivo Específico 1 consistió en evaluar la estabilidad del talud mediante el cálculo del FS sin aplicar ningún método de estabilización. Para ello, se modelaron las tres secciones o cortes identificados en los estudios previos de la zona, considerando tanto condiciones estáticas como pseudoestáticas, y empleando los métodos de análisis de Morgenstern-Price, Bishop simplificado y Spencer.

En condiciones estáticas, el Corte 1 presentó un FS de 1,00, mientras que en condiciones pseudoestáticas fue de 0,87. El Corte 2 obtuvo un FS de 1,03 en condiciones estáticas y 0,89 en pseudoestáticas. El Corte 3 alcanzó un FS de 1,38 en condiciones estáticas y 1,17 en pseudoestáticas.

De acuerdo con la norma CE.020 sobre estabilización de suelos y taludes del RNE, el FS mínimo requerido es 1,50 para condiciones estáticas y 1,25 para condiciones pseudoestáticas. Los resultados obtenidos indican que los taludes analizados en la carretera Rocchacc-Ongoy, entre las progresivas km 11+080 y km 11+180 en la provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, no cumplen con los valores mínimos normativos, por lo que se clasifican como inestables y con alta susceptibilidad a deslizamientos.

Estos resultados son coherentes con lo reportado por Tardeo y Zanabria (2016), quienes, en su análisis dinámico de estabilidad de taludes, señalan que los límites mínimos de FS (1,50 en estático y 1,25 en pseudoestático, según la norma E.050) son esenciales para garantizar la seguridad. Además, indican que el colapso de un talud que no cumple con dichos valores no ocurre de manera repentina, sino que es un proceso progresivo que inicia con deformaciones y roturas parciales, y culmina en una falla general.

Asimismo, En comparación con el estudio de Hurtado Cotrina y León Mori (2023), quienes efectuaron evaluaciones similares en la carretera Canta-Pariamarca, los factores de seguridad determinados en la presente investigación resultan mucho menores, lo que evidencia la urgencia de aplicar medidas de estabilización en la carretera Rocchacc- Ongoy, dado que estos tramos presentan inestabilidad y alta susceptibilidad a deslizamientos.

En conclusión, se demuestra la Hipótesis Específica 1, que establece que el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, del km 11+080 al km 11+180, presenta un FS en condiciones estáticas y pseudoestáticas menor al requerido por el RNE, lo que implica un riesgo de falla geotécnica.

6.2.3 Discusión OE2: Factor de Seguridad del Talud Utilizando las Geomallas Coextruidas Mono-orientadas

De acuerdo con el Objetivo Específico 2, se evaluó el factor de seguridad del talud reforzado con geomalla coextruida mono orientada. Al igual que en los análisis anteriores, se seleccionó el Corte 1, por ser el más crítico debido a que presenta el menor factor de seguridad en condiciones actuales.

El análisis de estabilidad mostró que, con la implementación de la geomalla coextruida mono orientada en el Corte 1, el factor de seguridad fue de 1,55 en condiciones estáticas y 1,33 en condiciones pseudoestáticas. Al comparar estos resultados con lo establecido en la norma CE.020 sobre la estabilización de suelos y taludes del Reglamento Nacional de Edificaciones, que exige un FS mínimo de 1,50 para condiciones estáticas y 1,25 para condiciones pseudoestáticas, se confirma que los valores obtenidos superan los mínimos normativos.

Asimismo, se realizó una comparación con el estudio de Alberca y Rondo (2020), quienes diseñaron un sistema de estabilización de taludes utilizando geomalla coextruida mono orientada como elemento principal, complementado con muros de gaviones y

anclajes. Según sus resultados, obtenidos mediante el software GEO5-2019, el primer talud alcanzó un FS de 1,62 y el segundo un FS de 2,06, ambos superiores a 1,50, lo que demuestra la efectividad de este tipo de refuerzo para lograr la estabilidad de taludes.

Con base en los resultados obtenidos, se demuestra la Hipótesis Específica 2, que plantea que la implementación de geomallas coextruídas mono orientadas en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, entre el km 11+080 y el km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, proporciona un factor de seguridad superior al mínimo requerido por el RNE.

6.2.4 Discusión OE3: Factor de Seguridad del Talud Utilizando Tecco System G65 con Modificaciones de la Geometría del Perfil

Para el Objetivo Específico 3, se evaluó el factor de seguridad del talud empleando el sistema de estabilización *Tecco System G65* combinado con modificaciones en la geometría del perfil, ya sea mediante la incorporación de banquetas o un perfil modificado.

En primer lugar, se analizó la estabilidad del talud con banquetas reforzadas con *Tecco System G65* en el Corte 1, considerando diferentes ángulos de anclaje: 20°, 25° y 30°. Los resultados mostraron factores de seguridad de 1,48 (20°), 1,50 (25°) y 1,51 (30°) en condiciones estáticas, y 1,22 (20°), 1,23 (25°) y 1,23 (30°) en condiciones pseudoestáticas.

Posteriormente, se evaluó la estabilidad del talud con perfil modificado reforzado con *Tecco System G65* en el Corte 1, también con ángulos de anclaje de 20°, 25° y 30°. En este caso, se obtuvieron factores de seguridad de 1,47 (20°), 1,49 (25°) y 1,50 (30°) en condiciones estáticas, y 1,22 (20°), 1,24 (25°) y 1,25 (30°) en condiciones pseudoestáticas.

Al comparar estos resultados con los criterios establecidos en la norma CE.020 sobre la estabilización de suelos y taludes del RNE, que exige un FS mínimo de 1,50 para condiciones estáticas y 1,25 para condiciones pseudoestáticas, se concluye que tanto la

alternativa de banquetas como la de perfil modificado, reforzadas con *Tecco System G65* y con un ángulo de anclaje de 30°, cumplen con los valores mínimos normativos.

Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas, como la de Mancera (2010), quien demostró que la modificación geométrica del talud puede ser una estrategia complementaria eficaz para mejorar la estabilidad cuando se emplean sistemas de refuerzo geotextil o metálico. Mancera enfatiza que, en casos de inestabilidad de grandes masas de deslizamiento, el uso exclusivo de geotextiles o mallas puede no ser suficiente, siendo recomendable combinar estas técnicas con modificaciones geométricas para reducir el riesgo de falla.

Con base en lo expuesto, se demuestra la Hipótesis Específica 3, que plantea que la implementación de la malla *Tecco System G65* con perfil modificado en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy, entre el km 11+080 y el km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, proporciona un factor de seguridad superior al mínimo requerido por el RNE.

6.2.5 Discusión OE 4: Comparación entre las Soluciones Propuestas de Estabilización de Talud

El Objetivo Específico 4 establece que, entre las soluciones propuestas, las geomallas coextruidas mono-orientadas ofrecen un mayor factor de seguridad que la malla *Tecco System G65*, constituyéndose como la alternativa más eficiente para la estabilización del talud.

A partir de los resultados del análisis de estabilidad, se confirma que ambas soluciones mejoran significativamente el factor de seguridad del talud, superando los valores mínimos establecidos por el RNE. No obstante, la comparación directa de los resultados muestra diferencias claras:

- **Geomalla Coextruida Mono-orientada.** FS estático de 1,55 y FS pseudoestático de 1,33, ambos superiores a los mínimos exigidos por el RNE (1,50 y 1,25, respectivamente).
- **Malla Tecco System G65.** FS estático de 1,50 y FS pseudoestático de 1,25, valores que cumplen con los requisitos normativos, pero se encuentran en el límite mínimo.

Estos resultados evidencian que la geomalla coextruida mono orientada proporciona un mayor margen de seguridad, especialmente relevante cuando se busca garantizar la estabilidad a largo plazo frente a variaciones en las condiciones del terreno o cargas adicionales.

Si bien la malla *Tecco System G65* presenta ventajas en cuanto a resistencia y adaptabilidad a perfiles irregulares, favoreciendo la redistribución de las fuerzas actuantes, la geomalla coextruida mono orientada destaca por su menor costo y mayor margen de seguridad. De acuerdo con Lavado (2021), en su investigación sobre sistemas de mallas metálicas ancladas para la estabilización de taludes, se señala que, aunque estas mallas ofrecen alta capacidad tensional y se adaptan a pendientes pronunciadas, su instalación implica costos elevados y riesgos operativos considerables. En cambio, las geomallas proporcionan estabilidad estructural con menor complejidad constructiva y a un costo más reducido.

En consecuencia, se acepta la hipótesis específica planteada, concluyendo que, aunque la malla *Tecco System G65* presenta un buen desempeño técnico, la geomalla coextruida mono orientada se posiciona como una alternativa más eficiente en términos de seguridad y costo.

CONCLUSIONES

Tras el análisis comparativo de las técnicas de estabilización de taludes *Tecco System G65* y Geomalla coextruida mono.-orientada, se concluye que ambas cumplen con los requisitos establecidos en la norma CE.020 (RNE). En ambas propuestas, los resultados obtenidos son satisfactorios desde el punto de vista normativo. Sin embargo, se recomienda la utilización de geomallas coextruidas mono orientadas debido a su menor costo, facilidad constructiva y mejor desempeño técnico, alcanzando factores de seguridad de 1,54 en condiciones estáticas y 1,33 en condiciones pseudoestáticas.

Conclusión 1

Se analizó la estabilidad del talud en el tramo comprendido entre los km 11+080 y 11+180 de la carretera Rocchacc-Ongoy, sin aplicar ningún sistema de estabilización. El estudio identificó al Corte 1 como la sección más crítica, con un factor de seguridad (FS) de 1,00 en condición estática y 0,87 en condición pseudoestática. Estos valores se encuentran por debajo de los mínimos establecidos por el RNE (1,50 para condición estática y 1,25 para condición pseudoestática, según la CE.020), lo que evidencia un alto grado de inestabilidad y la necesidad urgente de medidas de reforzamiento para garantizar la seguridad vial.

Conclusión 2

Se evaluó la estabilidad del talud en el Corte 1 utilizando geomalla coextruida mono orientada como sistema de reforzamiento. Los resultados mostraron un FS de 1,55 en condición estática y 1,33 en condición pseudoestática, superando los valores mínimos exigidos por la CE.020 (1,50 y 1,25, respectivamente). Esta solución no solo cumple con los requerimientos normativos, sino que mejora significativamente la estabilidad del talud.

Conclusión 3

Se evaluó la estabilidad del talud aplicando el sistema *Tecco System G65* combinado con la modificación de la geometría del perfil. Entre las variantes analizadas, el perfil

modificado con anclaje a 30° proporcionó un FS de 1,50 en condición estática y 1,25 en condición pseudoestática. Estos valores cumplen con los mínimos exigidos por la CE.020, demostrando que esta alternativa es técnicamente viable para la estabilización del talud.

Conclusión 4

La comparación de las soluciones propuestas evidencia que la geomalla coextruida mono orientada ofrece un mayor margen de seguridad que la malla *Tecco System G65*, con valores de FS de 1,55 (estático) y 1,33 (pseudoestático), frente a 1,50 y 1,25, respectivamente. Aunque la malla *Tecco System G65* presenta ventajas en cuanto a resistencia mecánica y adaptabilidad a perfiles irregulares, la geomalla coextruida mono orientada resulta más económica, fácil de instalar y proporciona mayor seguridad, constituyéndose en la opción más eficiente para la estabilización del talud, especialmente en proyectos donde el costo sea un factor determinante.

RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Implementar Medidas de Estabilización Inmediata en el Corte Crítico del Talud

Dado que el Corte 1, ubicado entre el km 11+080 y km 11+180 de la carretera Rocchacc-Ongoy, presenta factores de seguridad por debajo de los mínimos establecidos por la norma CE.020 ($FS = 1.00$ en condición estática y 0.87 en condición pseudoestática), se recomienda su intervención urgente. La inestabilidad evidenciada representa un alto riesgo de deslizamiento, por lo que se sugiere incorporar sistemas de estabilización efectivos que garanticen la seguridad de la vía y de los usuarios.

Recomendación 2: Priorizar el uso de Geomallas Coextruídas Mono Orientadas como Solución Técnica-económica Óptima

Entre las alternativas evaluadas, la geomalla coextruída mono orientada demostró no solo cumplir con los requisitos normativos ($FS = 1.54$ en condición estática y 1.33 en pseudoestática), sino también ofrecer un mejor rendimiento a menor costo. Por ello, se recomienda su implementación como solución prioritaria, especialmente en proyectos que buscan eficiencia sin comprometer la estabilidad del terreno ni la seguridad estructural.

Recomendación 3: Considerar el Uso del Tecco System G65 en Situaciones que Exijan Mayor Durabilidad o Resistencia Localizada

Aunque el sistema *Tecco System G65* con perfil modificado y ángulo de anclaje de 30° también cumple con los requerimientos mínimos ($FS = 1.50$ en condición estática y 1.25 en pseudoestática), su mayor costo lo posiciona como una alternativa viable en zonas que demanden soluciones más robustas o expuestas a mayores cargas. Se recomienda su aplicación en contextos donde la durabilidad a largo plazo sea un factor crítico de diseño.

Recomendación 4: Seleccionar el Método de Estabilización Considerando las Condiciones Geométricas y Topográficas del Talud

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidenció que el comportamiento del talud varía significativamente según la geometría del perfil intervenido. Por ejemplo, el perfil modificado mostró una mejora respecto a las condiciones actuales, aunque insuficiente por sí solo. En ese sentido, se recomienda que, antes de definir una técnica de estabilización, se realice un análisis detallado de las condiciones geométricas del terreno. Esta evaluación permitirá seleccionar entre alternativas como el uso de banquetas, perfil modificado, o su combinación con sistemas de refuerzo como geomallas o el *Tecco System G65*, garantizando así una intervención efectiva y conforme a la normativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERCA, C. y RONDO, C. *Estabilización de taludes utilizando geomalla coextruída mono-orientada en el tramo de la carretera Samne-Casmiche, Departamento la Libertad*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2020. [fecha de consulta: 13 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/43281>
- ALMAGUER, Y. *Evaluación de la susceptibilidad del terreno a la rotura por desarrollo de deslizamientos en el yacimeinto Punta Gorda*. Tesis (Título de Doctor en Ciencias Geológicas). Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2005. [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1160/Tesis%20DocYuri.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ARIAS, F. *El proyecto de investigación: Introducción a la Metodología Científica* [en línea]. Caracas: Episteme, 2012 [fecha de consulta 11 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- ASES, M. *Evaluación de la geomalla en base de fibra de coco para la estabilización de taludes*. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2021. [fecha de consulta: 14 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/60380637-f1e9-4ed9-a103-61726adab863/content>
- BEDÓN GIRALDO, M. (2025). *Análisis de la estabilidad de taludes y propuesta de solución de San Miguel de Aco, Carhuaz-2024*. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, 2025. [fecha de consulta: 14 de junio de 2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12969/4125>

- BENEYTO, P., GUTIÉRREZ, J., MROGINSKI, J., DI RADO, H. y AWRUCH, A. Análisis de Estabilidad de Taludes mediante Técnicas de Optimización Heurística. *Mecánica Computacional* [en línea]. Noviembre, 2011, 30(25), 2001-2014. [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. ISSN: 2591-3522. Disponible en: <https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/3886>
- BERMÚDEZ, O. *Estabilización de taludes y atención de deslizamientos en carreteras, experiencias en Costa Rica*. Asociación Internacional para el Control de la Erosión – IECA, 2019. [fecha de consulta: 22 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://iecaiberoamerica.org/estabilizacion-de-taludes-y-atencion-de-deslizamientos-en-carreteras-experiencias-en-costa-rica/>
- BRAJA, M. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. 4º ed. California: Thomson y Learning, 2001. ISBN: 6075193723.
- CASA, V. *Análisis de estabilidad de talud y propuesta de técnicas con estructuras estabilizadoras de la carretera hidroeléctrica San Gabán–Puno, 2021*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88013>
- CATANZARITI, F. Estabilidad de Taludes [en línea]. *GeoStru Blog*, 2016 [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.geostru.eu/blog/2016/06/13/estabilidad-de-taludes>
- CIPSA. Diferencias entre suelos cohesivos y granulares [en línea]. *Noticias Grupo CIPSA*, 2022. [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.cipsa.com.mx/26/noticias/diferencias-entre-suelos-cohesivos-y-granulares/>

- DE LA CRUZ, R. (2023). *Geomalla con resistencia radial 360°: propiedades y aplicación en ingeniería geotécnica*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2023. [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/6866>
- DEL VALLE, J. A. *Introducción a la Simulación* [en línea]. 2014. [fecha de consulta: 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/249566532/Introduccion-a-la-simulacion>
- EUROINNOVA. ¿Qué es Ingeniería de Sistemas? [en línea]. *Blog Euroinnova*, 2022 [fecha de consulta: 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.euroinnova.pe/blog/que-es-la-ingenieria-en-software>
- FERNÁNDEZ, W., VILLALOBOS, S. y KING, R. Probabilistic Analysis of Slope Stability in Completely Decomposed Granite Residual Soils. *Revista Ingeniería de Construcción* [en línea]. 2018, 33 (1), 5-14 [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. ISSN: 0718-5073. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100005>
- FINE SOFTWARE. *Estabilidad de Taludes* [en línea]. GEO5 Software Geotécnico, 2022 [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.finesoftware.es/software-geotecnico/estabilidad-de-taludes/>
- FLORES, Z. *Estabilización de taludes utilizando geomallas biaxiales extruidas en el tramo de la carretera Colcabamba, departamento de Huancavelica 2021*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2020. [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/129405>
- FONSECA, L. y RODUNER, A. Necesidad de utilizar un procedimiento estandarizado, para el diseño de los sistemas anclados para estabilización de taludes, compuestos por

- revestimientos flexibles de altas prestaciones [en línea]. En: *Simpósio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables* (10º: 2022: Granada). [Fecha de consulta: 22 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://congress.cimne.com/simposiotaludes2021/admin/files/filePaper/p93.pdf>
- GEOACE. *Geomalla Biaxial*. 2018. [fecha de consulta: 28 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.geoaceperu.com/productos/geomalla-biaxial.html>
- GEOBRUGG. *Tecco: Su talud se vuelve estable*. 2014. [fecha de consulta: 28 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.geobrugg.com/es/Tecco-System-101220,7859.html>
- GEOBRUGG. *Manual del Sistema Tecco para estabilización de taludes*. 2024. [fecha de consulta: 28 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.geobrugg.com/file-50268/downloadcenter/level2-product-manuals/TECCO/L2_TECCO-sp-Manual-19_210323.pdf
- GEOSAI. *¿Qué son las Geomallas?* 2015. [fecha de consulta: 28 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://sai.la/es/productos/geomallas>
- GEOTECHNICAL CONSULTING. *Talud y talud natural, definiciones y tipos*. 2020. [fecha de consulta: 28 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.mecanicasuelosabcchile.com/talud-natural/>
- GEOTECNIA FÁCIL. *Curso Slide2 V.9.0. de Rocscience*. 2022. [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://geotecniafacil.com/curso-slide-roscience/>
- GONZÁLEZ, A. J. *Safety Factors: A Conceptual Review*. 1974. Tesis de Maestría. Londres: Imperial College London.
- GONZÁLEZ, A. Factores de seguridad... ¿Por qué tantos? [en línea]. En: *Encuentro de Ingenieros de Suelos y Estructuras*. (5º: 2009: Bogotá). Encuentro. Bogotá: Escuela

Colombiana de Ingeniería. Disponible en: <https://www.scg.org.co/wp-content/uploads/FACTORES-DE-SEGURIDAD-BASICOS-E-INDIRECTOS-AJGG2.pdf>

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: McGraw Hill, 2018. ISBN: 978-1-4562-2396-0

HURTADO COTRINA, E. y LEÓN MORI, A. *Estabilización de un talud para evaluar el factor de seguridad y la probabilidad de falla en la Carretera Canta-Pariamarca*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2023. [fecha de consulta: 02 de enero de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/f7a2676f-9cff-4117-9228-f8f685136680>

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS. *SLIDE la mejor aplicación de estabilidad de taludes*. Tierra y Tecnología, 2016 [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.icog.es/TyT/index.php/2016/10/slide-la-mejor-aplicacion-estabilidad-taludes/>

INDECI. *Informe de Emergencia N° 261-10/3/2022: Deslizamiento en el Distrito de Ongoy - Apurímac* [en línea]. 2022. [fecha de consulta: 22 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/02/INFORME-DE-EMERGENCIA-N%C2%BA-261-10MAR2022-DESLIZAMIENTO-EN-EL-DISTRITO-DE-ONGOY-APUR%C3%8DMAC-2.pdf>

JIMÉNEZ, L. *Los Geosintéticos como Solución a la Estabilidad de Taludes*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército, 2006. [fecha de consulta: 30 de noviembre de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/1781>

- LAVADO, M. *Sistema de mallas metálicas ancladas con pernos para estabilización de taludes: desempeño y riesgos en taludes con pendientes verticales*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2021. [fecha de consulta: 14 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5b2468ba-2016-4ca6-ba8a-fc9f059c05ee/content>
- MANCERA, J. *Estudio para la estabilización de corte ubicado en el lado izquierdo de la carretera federal N° 54 Guadalajara-Salttillo, en el subtramo Guadalajara-Ixtlahuacán del Río, Estado de Jalisco*. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptb2010/junio/0658961/Index.html>
- MÉNDEZ, C. *Metodología de la Investigación*. 5ª ed. Bogotá: Alpha Editorial, 2020. 186 p. ISBN: 978-958-778-660-6
- MENDIETA, N. y SUIITO, A. *Problemática de la Carretera Central*. Tesis (Título de Máster en Dirección de Empresas). Lima: Universidad de Piura, 2017. [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/3586>
- MESA, M., ÁLVAREZ, J. y CHÁVEZ, J. Evaluación del factor de seguridad en taludes de terraplenes carreteros altos ante carga sísmica. *Revista de Ingeniería Sísmica* [en línea]. Noviembre-abril 2020, 103, (1-17). [fecha de consulta: 20 de diciembre de 2024]. ISSN: 2395-8251. Disponible en: <https://doi.org/10.18867/ris.103.489>
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura vial*. 2008 [fecha de consulta: 28 de

noviembre de 2024]. Disponible en:

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1556.pdf

MINISTERIO de Vivienda. *CE.020 Estabilización de suelos y taludes*. 2016 [fecha de

consulta: 28 de noviembre de 2024]. Disponible en:

https://ww3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf

MORENO, E. Delimitación del problema de investigación [en línea]. *Metodología de*

Investigación, pautas para hacer Tesis, 2021. [fecha de consulta: 12 de diciembre de

2024]. Disponible en: [https://tesis-investigacion-](https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2021/03/delimitacion-del-problema-de.html)

[cientifica.blogspot.com/2021/03/delimitacion-del-problema-de.html](https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2021/03/delimitacion-del-problema-de.html)

MUCHIK CORP. *Slide - Estabilidad de Taludes*. Lima: Muchik, 2017. [fecha de consulta:

12 de diciembre de 2024]. Disponible en: [http://muchik.com/slide-estabilidad-de-](http://muchik.com/slide-estabilidad-de-taludes/)

[taludes/](http://muchik.com/slide-estabilidad-de-taludes/)

NAVARRO, S. *Estabilidad de Taludes*. [en línea]. 2009. [fecha de consulta: 22 de diciembre

de 2024]. Disponible en: [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/estabilidad-](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/estabilidad-de-taludes.pdf)

[de-taludes.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/estabilidad-de-taludes.pdf)

PALATE, J. (2018). *Estudio del comportamiento de taludes con mallas metálicas en la vía*

ecológica Santa Rosa km 3+500 del cantón Ambato provincia de Tungurahua. Tesis

(Título de Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2018. [fecha

de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1d1049f7-2348-4617-b1ac-b09927310581/content>

PAVCO. *Geomallas Coextruidas y de Fibra de Vidrio: Funciones y Aplicaciones*. 2018

[fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en:

<https://pavcowavingeosinteticos.com>

PAVCO. *Geomalla Biaxial Coextruída*. 2018 [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024].

Disponible en: <https://pavcowavingeosinteticos.com/geomallas-biaxiales/>

POL, A. y GABRIELI, F. Discrete element simulation of wire-mesh retaining systems: An insight into the mechanical behaviour. *Computers and Geotechnics* [en línea]. 134, 104076 [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2021.104076>

RED SISMOLÓGICA NACIONAL (Universidad de Costa Rica). *¿Qué son los deslizamientos?* 2014 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/2330-que-son-los-deslizamientos>

REVISTA SEGURIDAD MINERA. *Fallas que afectan la estabilidad de taludes*. Operaciones Mineras, 2018 [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/fallas-que-afectan-la-estabilidad-de-taludes/>

TAMAYO Y TAMAYO, M. *Aprende a Investigar*. Bogotá: ICFES, 1999.

TAPIA, A., BARONA, F. y INGA, L. *Diseño de un pavimento utilizando geomallas en tramo de la carretera bajada de chanduy-aguas verdes-pocito (absc. 2+ 900 hasta absc. 3+ 600)*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009. [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8178/1/T-68407%20BARONA-INGA-%20TAPIA.pdf>

TARDEO, C. y ZANABRIA, E. *Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos finitos en la zona de Huayllapampa del Distrito de Cuenca-Huancavelica*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lircay: Universidad Nacional de Huancavelica, 2016. [fecha de consulta: 12 de diciembre de 2024]. Disponible en:

<https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/45410ce2-db20-48d5-8d5d-16e4542a926b/content>

TEXDELTA. *Instalación de Geomallas en taludes para evitar erosión*. 2020 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://texdelta.com/blog/instalacion-de-geomallas-en-taludes-para-evitar-erosion/>

TEXDELTA. *Aplicación de geomallas para el refuerzo de taludes*. 2022 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://texdelta.com/blog/aplicacion-de-geotextiles-en-el-refuerzo-de-taludes-las-geomallas>

VERGARA, R. *Estabilización de talud por tres Métodos: Gaviones, Geomalla y Muro de Contención en el Centro Poblado San Juanito Alto Distrito de Guadalupito-Virú-La Libertad*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2018. [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.usanpedro.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2aebcf93-8454-4bf2-badf-9ab05aeaa5d0/content>

VICARI, M. y ABBATE, R. *Estabilización de taludes con sistema de Terreno Reforzado - Green Terramesh*. Tecnología, 2020 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/299115-Estabilizacion-de-taludes-con-sistema-de-Terreno-Reforzado-Green-Terramesh.html>

ZHANG, P. (2024). Study on Slope Stability Analysis and Reinforcement Technology Based on Geosynthetics. *Academic Journal of Architecture and Geotechnical Engineering*, 6(1), 61–65. <https://doi.org/10.25236/AJAGE.2024.060109>

ZULOAGA, I. *Investigaciones sobre la precisión del método Bishop simplificado*. Geotecnia Online, 2021 [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.geotecnia.online/grupos/analisis-geotecnico/>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Formulación del Problema	Formulación del Objetivo	Formulación Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Independiente			
¿De qué manera la aplicación de la malla Tecco System G65 o de la Geomalla Coextruída mono orientada mejora la estabilidad del talud en el tramo Km 11+080 al Km 11+180 de la carretera Rocchacc – Ongoy, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, evaluada mediante el análisis del factor de seguridad?	Evaluar la estabilidad de talud de la carretera Rocchacc – Ongoy, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, mediante el análisis del factor de seguridad en distintas condiciones de intervención, con malla Tecco System G65 y la Geomalla Coextruída mono orientada para determinar la mejor alternativa de estabilización	La aplicación de la malla Tecco System G65 o de la Geomalla Coextruída mono orientada mejora significativamente la estabilidad del talud en el tramo Km 11+080 al Km 11+180 de la carretera Rocchacc – Ongoy, alcanzando factores de seguridad superiores al mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).	VI1: Malla Tecco System G65	D1: Propiedades físicas	I2: Dimensiones de la malla	Método: Hipotético deductivo Tipo de Investigación: Aplicada
				D2: Propiedades mecánicas	I1: Resistencia a la tensión (kN/m ²)	
			VI2: Geomalla coextruída mono orientada	D1: Propiedades físicas	I1: Dimensiones de la malla	Nivel de investigación: Relacional Comparativo
				D2: Propiedades mecánicas	I1: Resistencia a la tensión (kN/m)	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas				Diseño de investigación: No Experimental Territorio: Carretera Rocchacc-Ongoy Instrumentos: - Ficha de recolección de datos - Software Slide
¿Cuál es el factor de seguridad sin un método de estabilización de la carretera Rocchacc – Ongoy del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, y cumple el factor con lo mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)?	Evaluar la estabilidad del talud mediante el factor de seguridad sin un método de estabilización de la carretera Rocchacc – Ongoy del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.	El talud de la carretera Rocchacc – Ongoy del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, presenta un factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas menor al requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), lo que indica un riesgo de falla geotécnica.				

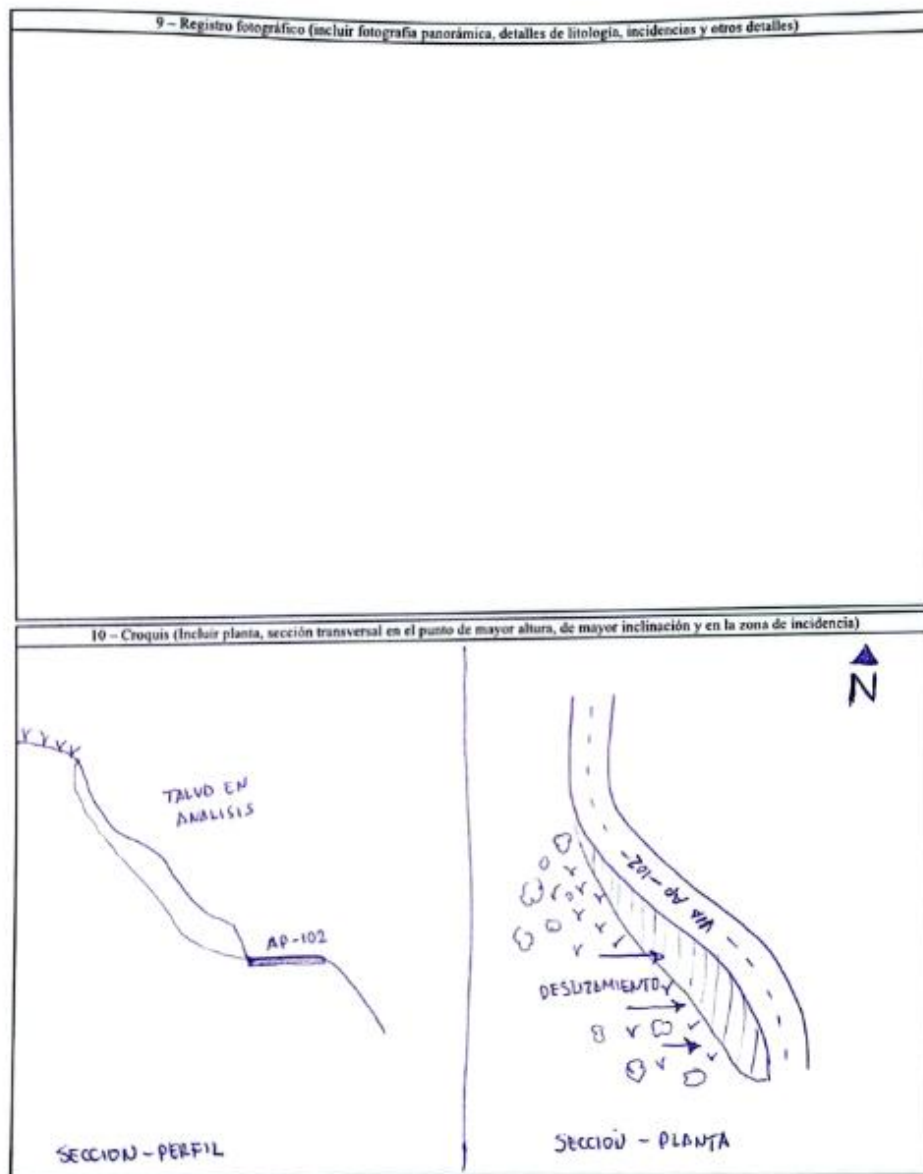
¿Cómo influye la utilización de la Geomalla Coextruida mono orientada en la estabilización del talud de la carretera Rocchacc-Ongoy del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, y es suficiente para cumplir con el factor de seguridad mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)?	Determinar el factor de seguridad con la utilización de la Geomallas Coextruidas mono orientadas en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.	La implementación de geomallas coextruidas mono orientadas en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, proporcionará un factor de seguridad de la estabilidad del talud superior al mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
¿Cómo influye la utilización de la malla Tecco System G65, en conjunto con las modificaciones geométricas del perfil, en la estabilización del talud de la carretera Rocchacc-Ongoy del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, y se cumple con el factor de seguridad mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)?	Determinar el factor de seguridad con la utilización de la malla Tecco System G65 en conjunto con las modificaciones geométricas del perfil en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac.	La implementación de la malla Tecco System G65 con perfil modificado en el talud de la carretera Rocchacc-Ongoy del km 11+080 al km 11+180, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, proporcionará un factor de seguridad de la estabilidad del talud superior al mínimo requerido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
¿Cuál de las soluciones propuestas ofrece el mejor desempeño en términos de factor de seguridad para la estabilización del talud?	Comparar los factores de seguridad de estabilización de talud obtenidos entre las soluciones propuestas para seleccionar la alternativa de estabilización más eficiente.	Entre las soluciones propuestas, las geomallas coextruidas mono orientadas proporciona un mayor factor de seguridad y ventajas que la Malla Tecco System G65, constituyéndose como la alternativa más eficiente para la estabilización del talud.

Anexo 2. Imagen Satelital – Plano de Ubicación



Anexo 3. Ficha de Recolección de Datos

Informe de inspección de talud				1/4
1 - Datos generales				
1.1 Fecha de inspección: <u>12 de octubre de 2022</u>		1.2 Ubicación general: <u>ROCCHAC, CHINCHEROS, ADU</u>		
1.3 Profesional responsable:		1.4 Condición del talud:		
Nombre: _____		☐ Deslizamiento identificado ☐ Talud con potencial de deslizamiento ☒ Talud estable		
No. profesional: _____				
Institución/Empresa: _____				
2 - Localización				
2.1 Ubicación del talud	Departamento: <u>APURIMAC</u>	Provincia: <u>CHINCHEROS</u>	Distrito: <u>ROCCHAC</u>	
2.2 Coordenadas:	Norte: <u>8514014.65</u>	Oeste: <u>649867.48</u>	Elevación: <u>2629</u> msnm	
2.3 Otras referencias: _____				
3 - Características generales				
3.1 Uso del suelo		3.2 Densidad de población		
☐ Área urbanizada ☐ Terreno natural		☒ Camino, carretera ☐ Otros: _____		
3.3 Tipo de vegetación		3.4 Condición de la vegetación		
☐ Árboles ☒ Arbustos		☐ Alta ☒ Media ☐ Dispersa		
3.5 Manejo de aguas		3.6 Condición del sistema de drenaje		
☐ Natural ☒ Inexistente		☐ Bueno ☒ Mala		
3.7 Tipo de relieve		3.8 Perfil de la ladera		
☐ Escarpado ☒ Montañoso		☐ Ondulado ☐ Suave ☐ Cóncavo ☒ Convexo		
4 - Características específicas				
4.1 Tipo de talud visitado		4.2 Geometría (ver croquis en 5.12)		
☐ Ladera natural ☒ Talud en corte		Altura media (m) _____ Inclinação (°) _____ Altura máx (m) _____ Longitud (m) _____		
4.3 Condición de saturación		4.4 Obras de contención existentes		
☐ Seco ☒ Húmedo ☐ Saturado ☐ Otro, ver croquis adjunto: _____		☐ Si ☒ No Tipo: _____		
4.5 Naturaleza del material		4.6 Origen del material		
☒ Suelo ☐ Roca ☐ Otros: _____		☒ Con grietas ☐ Sin grietas ☐ Con bloques ☐ Poco fracturada ☐ Fracturada ☐ Con bloques ☐ Cohesivo ☐ Friccionante ☐ Roca sana ☐ Poco meteorizada ☐ Meteorizada		
☒ Suelo residual ☐ Depósito aluvial ☐ Coluvio ☐ Relleno ☐ Escombros ☐ Basura ☐ Otros: _____				
4.7 Evidencias de movimiento o deterioro				
☒ Grietas en el terreno ☐ Árboles inclinados ☐ Coronas				
☐ Levantamiento del pie del talud ☐ Basculamiento de bloques ☐ Lagunas sin afluentes visibles				
☐ Grietas en estructuras ☐ Otros				



Anexo 4. Formatos de Validación de Datos

A. FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR CRITERIO DE EXPERTOS 1

I. DATOS GENERALES

Nombre del tesista: Edwin Javier Montoya Aldonate.

Título de la tesis: Análisis y propuesta de estabilización de taludes utilizando Tecco System G65 o geomallas coextruidas mono orientadas en el tramo de la carretera Rocchacc – Ongoy, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, 2022.

Nombre del instrumento: Informe del talud

Objetivo del instrumento: Registrar información técnica y visual del estado de los taludes antes y después de la aplicación de soluciones de estabilización, permitiendo evaluar el desempeño de las alternativas propuestas (geomallas coextruidas y Tecco System G65).

Fecha: 12/10/2022

Nombre del experto evaluador: Ing. Jimmy A. Guere Rivera.

Especialidad del evaluador: Especialista en Estructuras.

II. MATRIZ DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Marque con una "X" el nivel que considere adecuado para cada criterio:

Criterios	Indicadores	Deficiente (0)	Regular (1)	Bueno (2)	Observaciones del evaluador
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación			X	
Coherencia	Están alineados con las variables e indicadores definidos en la matriz de operacionalización			X	
Claridad	Los ítems están redactados en un lenguaje técnico, claro y comprensible		X		
Suficiencia	Contiene la cantidad necesaria de ítems para recolectar información relevante			X	
Aplicabilidad en campo	Puede ser llenado de forma eficiente en			X	

	condiciones reales de obra				
Rigor técnico-científico	Incluye parámetros geotécnicos clave y cumple con criterios profesionales			X	
Compatibilidad con software	Los datos permiten ser ingresados al software SLIDE v6.0 o similar			X	
Relevancia para la estabilidad	La información permite analizar adecuadamente el factor de seguridad (FS)			X	
Organización del formato	El diseño facilita su lectura, llenado y sistematización posterior		X		
Aporte al objetivo de la investigación	La información recolectada contribuye a verificar o rechazar las hipótesis (especialmente HE4)			X	

III. COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES GENERALES DEL EXPERTO:

.....

.....

.....

Firma del experto evaluador:

CONSORCIO EDUCATIVO JD EJECUTORES


Ing. Jimmy A. GUERE RIVERA
 ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS
 CIP 268801

Fecha: 22/05/2023

B. FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR CRITERIO DE EXPERTOS 2

I. DATOS GENERALES

Nombre del tesista: Edwin Javier Montoya Aldonate.

Título de la tesis: Análisis y propuesta de estabilización de taludes utilizando Tecco System G65 o geomallas coextruidas mono orientadas en el tramo de la carretera Rocchacc – Ongoy, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, 2022.

Nombre del instrumento: Informe del talud

Objetivo del instrumento: Registrar información técnica y visual del estado de los taludes antes y después de la aplicación de soluciones de estabilización, permitiendo evaluar el desempeño de las alternativas propuestas (geomallas coextruidas y Tecco System G65).

Fecha: 12/10/2022

Nombre del experto evaluador: Ing. Juan E. Yeren Macedo.

Especialidad del evaluador: Especialista en Obras viales.

II. MATRIZ DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Marque con una "X" el nivel que considere adecuado para cada criterio:

Criterios	Indicadores	Deficiente (0)	Regular (1)	Bueno (2)	Observaciones del evaluador
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación		X		
Coherencia	Están alineados con las variables e indicadores definidos en la matriz de operacionalización			X	
Claridad	Los ítems están redactados en un lenguaje técnico, claro y comprensible			X	
Suficiencia	Contiene la cantidad necesaria de ítems para recolectar información relevante			X	
Aplicabilidad en campo	Puede ser llenado de forma eficiente en		X		

	condiciones reales de obra				
Rigor técnico-científico	Incluye parámetros geotécnicos clave y cumple con criterios profesionales			X	
Compatibilidad con software	Los datos permiten ser ingresados al software SLIDE v6.0 o similar		X		
Relevancia para la estabilidad	La información permite analizar adecuadamente el factor de seguridad (FS)			X	
Organización del formato	El diseño facilita su lectura, llenado y sistematización posterior		X		
Aporte al objetivo de la investigación	La información recolectada contribuye a verificar o rechazar las hipótesis (especialmente HE4)			X	

III. COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES GENERALES DEL EXPERTO:

.....

.....

.....

Firma del experto evaluador:

Fecha: 12/06/2023

CONSORCIO EDUCATIVO JO EJECUTORES

.....
 Ing. Juan E. Yeren Macedo
 RESIDENTE DE OBRA
 CIP 46303

C. FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR CRITERIO DE EXPERTOS 3

I. DATOS GENERALES

Nombre del tesista: Edwin Javier Montoya Aldonate.

Título de la tesis: Análisis y propuesta de estabilización de taludes utilizando Tecco System G65 o geomallas coextruidas mono orientadas en el tramo de la carretera Rocchacc – Ongoy, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, 2022.

Nombre del instrumento: Informe del talud

Objetivo del instrumento: Registrar información técnica y visual del estado de los taludes antes y después de la aplicación de soluciones de estabilización, permitiendo evaluar el desempeño de las alternativas propuestas (geomallas coextruidas y Tecco System G65).

Fecha: 12/10/2022

Nombre del experto evaluador: Arq. Marisol Miranda Ramos.

Especialidad del evaluador: Especialista en Obras viales.

II. MATRIZ DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Marque con una "X" el nivel que considere adecuado para cada criterio:

Criterios	Indicadores	Deficiente (0)	Regular (1)	Bueno (2)	Observaciones del evaluador
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación		X		
Coherencia	Están alineados con las variables e indicadores definidos en la matriz de operacionalización		X		
Claridad	Los ítems están redactados en un lenguaje técnico, claro y comprensible			X	
Suficiencia	Contiene la cantidad necesaria de ítems para recolectar información relevante			X	
Aplicabilidad en campo	Puede ser llenado de forma eficiente en			X	

	condiciones reales de obra				
Rigor técnico-científico	Incluye parámetros geotécnicos clave y cumple con criterios profesionales		X		
Compatibilidad con software	Los datos permiten ser ingresados al software SLIDE v6.0 o similar			X	
Relevancia para la estabilidad	La información permite analizar adecuadamente el factor de seguridad (FS)			X	
Organización del formato	El diseño facilita su lectura, llenado y sistematización posterior		X		
Aporte al objetivo de la investigación	La información recolectada contribuye a verificar o rechazar las hipótesis (especialmente HE4)			✓	

III. COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES GENERALES DEL EXPERTO:

.....

.....

.....

Firma del experto evaluador:

Fecha: 23/05/2023



D. FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR CRITERIO DE EXPERTOS 4

I. DATOS GENERALES

Nombre del tesista: Edwin Javier Montoya Aldonate.

Título de la tesis: Análisis y propuesta de estabilización de taludes utilizando Tecco System G65 o geomallas coextruidas mono orientadas en el tramo de la carretera Rocchacc – Ongoy, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, 2022.

Nombre del instrumento: Informe del talud

Objetivo del instrumento: Registrar información técnica y visual del estado de los taludes antes y después de la aplicación de soluciones de estabilización, permitiendo evaluar el desempeño de las alternativas propuestas (geomallas coextruidas y Tecco System G65).

Fecha: 12/10/2022

Nombre del experto evaluador: Ing. Jim Dominguez Alvino.

Especialidad del evaluador: Especialista en Estructuras.

II. MATRIZ DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Marque con una "X" el nivel que considere adecuado para cada criterio:

Criterios	Indicadores	Deficiente (0)	Regular (1)	Bueno (2)	Observaciones del evaluador
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación			X	
Coherencia	Están alineados con las variables e indicadores definidos en la matriz de operacionalización			X	
Claridad	Los ítems están redactados en un lenguaje técnico, claro y comprensible			X	
Suficiencia	Contiene la cantidad necesaria de ítems para recolectar información relevante		X		
Aplicabilidad en campo	Puede ser llenado de forma eficiente en		X		

	condiciones reales de obra				
Rigor técnico-científico	Incluye parámetros geotécnicos clave y cumple con criterios profesionales		X		
Compatibilidad con software	Los datos permiten ser ingresados al software SLIDE v6.0 o similar			X	
Relevancia para la estabilidad	La información permite analizar adecuadamente el factor de seguridad (FS)			X	
Organización del formato	El diseño facilita su lectura, llenado y sistematización posterior			X	
Aporte al objetivo de la investigación	La información recolectada contribuye a verificar o rechazar las hipótesis (especialmente HE4)			X	

III. COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES GENERALES DEL EXPERTO:

.....

.....

.....

Firma del experto evaluador:


 Ing. J. DOMÍNGUEZ ALVINO
 ESPECIALISTA EN ESTRUCTURA
 CIP 18888

Fecha: 28/06/2023

Anexo 5. Resultados de Ensayos de Laboratorio



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216 / MTC E 108 - 2000

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC, ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

MUESTRA:

C-1

PROF. :

5.00m

UBICACIÓN:

DISTRITO DE ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC
0

SOLICITADO:

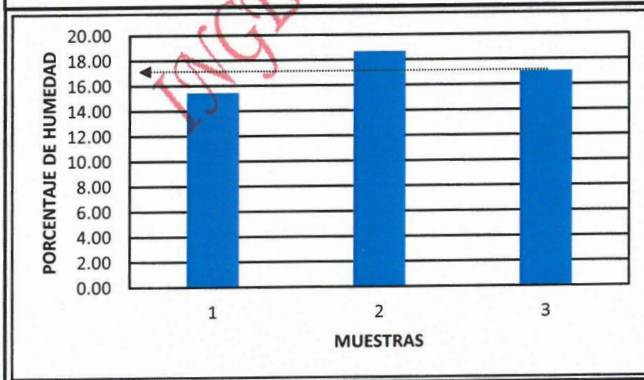
BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

FECHA :

18 DE OCTUBRE DEL 2022

Nº MUESTRAS	1	2	PROMEDIO
Peso de la Cápsula gr.	19.92	21.53	
Peso de la Cápsula + Suelo Humedo gr.	36.67	37.54	
Peso de la Cápsula + Suelo Seca gr.	34.43	35.02	
Peso del Agua gr.	2.24	2.52	
Peso de Suelo Seca gr.	14.51	13.49	
Porcentaje de Humedad %	15.44	18.68	17.06

PROMEDIO DE HUMEDAD % = 17.06



NOTA: Muestra proporcionada por el interesado





INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107- 2000

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC, ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

MUESTRA:

C-1

PROF. :

5.00m

UBICACIÓN:

DISTRITO DE ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC
0

SOLICITADO:

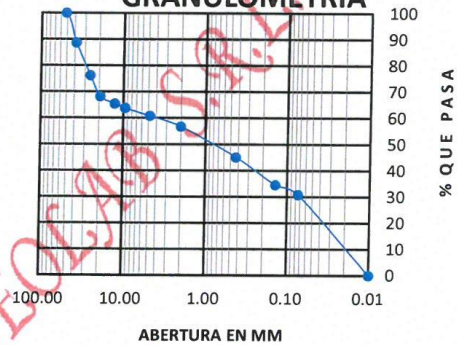
BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

FECHA :

18 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMANO DE TAMIZES	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
(Pulg.)	(mm.)	(gr)	(%)
4"	101.60	0.00	0.00
2"	50.80	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	119.00	11.37
1"	25.40	130.00	12.42
3/4"	19.10	84.00	8.02
1/2"	12.70	29.00	2.77
3/8"	9.52	17.00	1.62
Nº 4	4.76	32.00	3.06
Nº 10	2.00	42.00	4.01
Nº 40	0.43	122.00	11.65
Nº 100	0.14	110.00	10.51
Nº 200	0.07	39.00	3.72
CAZUELA		323.00	30.85
		0.00	0.00
TOTAL :	1,047.00	100	

GRAFICO DE GRANULOMETRIA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107- 2000

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA Nº 200	GRAVA Y SUELO GRAVOSO, más del 50% retenido malla Nº 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	ARENA Y SUELO ARENOSO, más del 50% pasa malla Nº 4	GP	Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	GM	Gravas Limosas, mezclas de grava, arena y limo
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	GC	Gravas Arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	SM	Arenas Limosas, mezcla de arena y limo
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	SC	Arenas Arcillosas, mezcla de arena y arcilla
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	ML	Limo Inorgánicos, polvo de roca, limo arenosos, o arcillosos ligeramente plásticos
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad, arcillas con grava, arcillas areno-limosas,
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas de baja plasticidad
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	MH	Limos Inorgánicos, Limos micáceos, o diatomizados, Limos elásticos
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad.
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad, Limos orgánicos de media plasticidad
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-50)	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos

DATOS PARA CLASIFICACION

PASA Nº 4	60.74
PASA Nº 10	56.73
PASA Nº 40	45.08
PASA Nº 200	30.85
RETIENE Nº 4	39.26
D10	0.024
D30	0.07
D60	4.25
Cu	177.07
Cc	0.051
LL	NP
LP	NP
IP	NP

CLASIFICACION

ASSTHO	A-2-4
SUCS	GM

NOTA: Muestra proporcionada por el interesado

Ing. Guido Rayán Quispi
CIP. 78016
GERENTE



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D 3080)

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC, ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

MUESTRA:

C-1

PROF. :

5.00m

UBICACIÓN:

DISTRITO DE ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC

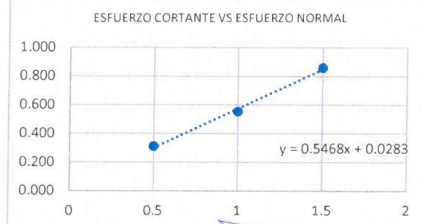
SOLICITADO:

BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

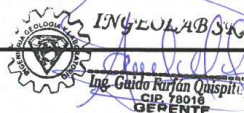
FECHA :

18 DE OCTUBRE DEL 2022

MUESTRA N°			C-1	PROF.	5.00m						
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Capsula N°	gr.	1	Ancho de la seccion b	Cm	6.00						
Suelo humado + capsula	gr.	140.00	Altura H	Cm	2.00						
Suelo seco + capsula	gr.	119.00	Area de la sección Ao	Cm ²	36.00						
Peso del agua	gr.	21.00	Volumen	Cm ³	72.00						
Peso de la capsula.	gr.	0.00	Peso Húmedo	gr.	140.00						
Peso del suelo seco	gr.	119.00	Densidad Natural Humeda	Gr./Cm ³	1.94						
Porcentaje de Humedad	%	17.65	Densidad Natural Seca	Gr./Cm ³	1.65						
OBSERVACIONES:											
Deformacion tangencial DIV	Dial de carga (DIV)	Esfuerzo de corte (Kg/Cm2)	Deform tangencial Cm	Deformacion tangencial DIV	Dial de carga (DIV)	Esfuerzo de corte (Kg/Cm2)	Deform tangencial Cm	Deformacion tangencial DIV	Dial de carga (DIV)	Esfuerzo de corte (Kg/Cm2)	Deform tangencial Cm
20	1.31	0.036	0.02	20	3.06	0.084	0.02	20	4.85	0.134	0.02
40	2.20	0.061	0.04	40	4.55	0.126	0.04	40	6.83	0.189	0.04
60	3.33	0.092	0.06	60	5.74	0.159	0.06	60	7.61	0.211	0.06
80	4.65	0.129	0.08	80	6.23	0.172	0.08	80	8.64	0.239	0.08
100	5.04	0.139	0.10	100	8.73	0.242	0.10	100	10.26	0.284	0.10
120	6.98	0.193	0.12	120	10.05	0.278	0.12	120	12.95	0.359	0.12
140	8.44	0.234	0.14	140	12.63	0.350	0.14	140	15.96	0.442	0.14
160	11.26	0.312	0.16	160	14.21	0.394	0.16	160	18.15	0.503	0.16
				180	16.98	0.471	0.18	180	20.95	0.581	0.18
				200	18.23	0.505	0.20	200	22.94	0.636	0.20
				220	20.00	0.555	0.22	220	24.74	0.686	0.22
								240	26.91	0.746	0.24
								260	28.07	0.779	0.26
								280	30.96	0.859	0.28



COHESION	=	0.03 Kg/cm ²
ANGULO DE FRICCION ϕ	=	28.7 °





INGEOLAB S.R.L.

INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216 / MTC E 108 - 2000

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACCO-ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

MUESTRA: C-2

PROF. : 5.00m

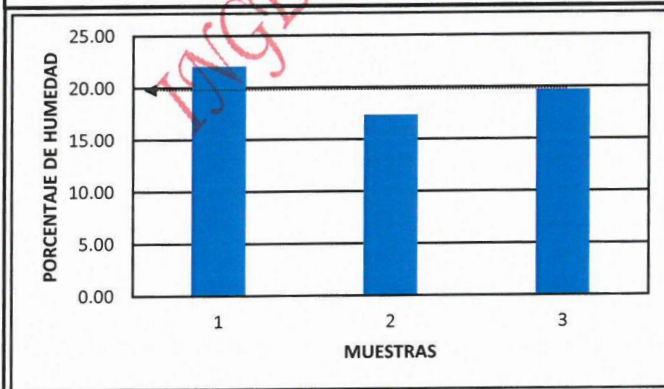
UBICACIÓN: DISTRITO DE ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC
0

SOLICITADO: BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

FECHA : 18 DE OCTUBRE DEL 2022

Nº MUESTRAS	1	2	PROMEDIO
Peso de la Cápsula gr.	19.67	21.53	
Peso de la Cápsula + Suelo Humedo gr.	40.30	46.89	
Peso de la Cápsula + Suelo Seca gr.	36.57	43.14	
Peso del Agua gr.	3.73	3.75	
Peso de Suelo Seca gr.	16.90	21.61	
Porcentaje de Humedad %	22.07	17.35	19.71

PROMEDIO DE HUMEDAD % = 19.71



NOTA: Muestra proporcionada por el interesado



INGEOLAB S.R.L.
Ing. Guido Faján Quispe
CIP: 78018
GERENTE



INGEOLAB S.R.L.

INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107- 2000

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC, ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

MUESTRA:

C-2

PROF. :

5.00m

UBICACIÓN:

DISTRITO DE ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC

0

SOLICITADO:

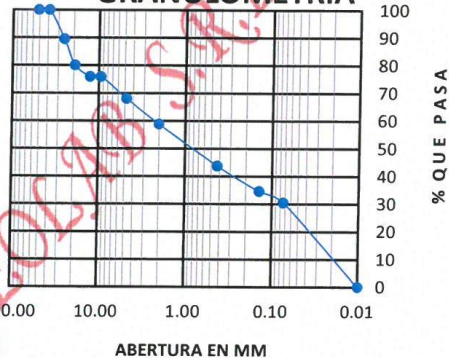
BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

FECHA :

18 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMAÑO DE		PESO	%	%
TAMIZES		RETENIDO	RETENIDO	QUE PASA
(Pulg.)	(mm.)	(gr)	(%)	(%)
4"	101.60	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	87.00	10.60	89.40
3/4"	19.10	77.00	9.38	80.02
1/2"	12.70	34.00	4.14	75.88
3/8"	9.52	0.00	0.00	75.88
Nº 4	4.76	65.00	7.92	67.97
Nº 10	2.00	75.00	9.14	58.83
Nº 40	0.43	124.00	15.10	43.73
Nº 100	0.14	75.00	9.14	34.59
Nº 200	0.07	33.00	4.02	30.57
CAZUELA		251.00	30.57	0.00
TOTAL :		821.00	100	

GRAFICO DE GRANULOMETRIA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107- 2000

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

SUELO DE GRANO GRUESO: MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA Nº 200	GRAVA Y SUELO ARENOSO, más del 50% pasa malla Nº 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos
		GP	Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos
		GM	Gravas Limosas, mezclas de grava, arena y limo
		GC	Gravas Arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla
		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	ARENA Y SUELO ARCILLOSO, más del 50% pasa malla Nº 4	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos
		SM	Arenas Limosas, mezcla de arena y limo
		SC	Arenas Arcillosas, mezcla de arena y arcilla
		ML	Limo Inorgánicos, polvo de roca, limo arenosos, o arcillosos ligeramente plásticos
		CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad, arcillas con grava, arcillas areno-limosas,
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL-CL)	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas de baja plasticidad
		MH	Limos Inorgánicos, Limos micáceos, o diamtomizados, Limos elásticos
		CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad.
		OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad, Limos orgánicos de media plasticidad
		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos

DATOS PARA CLASIFICACION

PASA Nº 4	67.97
PASA Nº 10	58.83
PASA Nº 40	43.73
PASA Nº 200	30.57
RETIENE Nº 4	32.03
D10	0.024
D30	0.07
D60	2.35
Cu	97.22
Cc	0.093
LL	NP
LP	NP
IP	NP

CLASIFICACION

ASSTHO	A-2-4
SUCS	SM

NOTA: Muestra proporcionada por el interesado



INGEOLAB S.R.L.

Ing. Guido Parfen Quispe

CIP 78016

GERENTE

Oficina y Laboratorio: Jr. Guillermo Cáceres Tresierra Nº 482 RUC: 20527626693 Cel. #983663344 / #983619242 e_mail:

Web: ingeolabsrl.com - Andahuaylas - Apurimac- Perú



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

INGEOLAB S.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D 3080)

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC, ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

MUESTRA:

C-2

PROF. :

5.00m

UBICACIÓN:

DISTRITO DE ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC

0

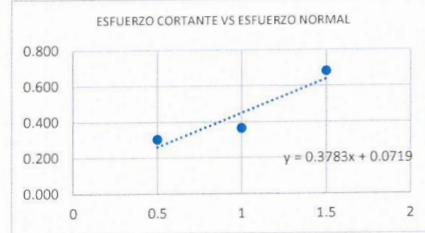
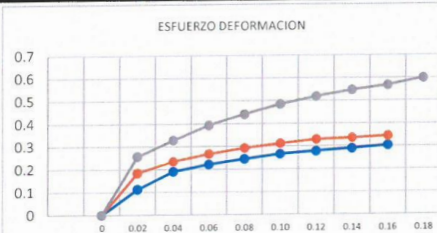
SOLICITADO:

BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

FECHA :

18 DE OCTUBRE DEL 2022

MUESTRA N°	C-2	PROF.	5.00m								
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Capsula N°	gr.	1	Ancho de la seccion b Cm 6.00								
Suelo humado + capsula	gr.	155.00	Altura H Cm 2.00								
Suelo seco + capsula	gr.	128.00	Area de la sección Ao Cm² 36.00								
Peso del agua	gr.	27.00	Volumen Cm³ 72.00								
Peso de la capsula.	gr.	0.00	Peso Húmedo gr. 155.00								
Peso del suelo seco	gr.	128.00	Densidad Natural Humeda Gr./Cm³ 2.15								
Porcentaje de Humedad	%	21.09	Densidad Natural Seca Gr./Cm³ 1.78								
OBSERVACIONES:											
Deformacion tangencial DIV	Dial de carga (DIV)	Esfuerzo de corte (Kg/Cm2)	Deform tangencial Cm	Deformacion tangencial DIV	Dial de carga (DIV)	Esfuerzo de corte (Kg/Cm2)	Deform tangencial Cm	Deformacion tangencial DIV	Dial de carga (DIV)	Esfuerzo de corte (Kg/Cm2)	Deform tangencial Cm
20	4.06	0.112	0.02	20	6.85	0.184	0.02	20	9.26	0.256	0.02
40	6.88	0.190	0.04	40	8.46	0.234	0.04	40	11.85	0.328	0.04
60	7.98	0.221	0.06	60	9.65	0.267	0.06	60	14.20	0.394	0.06
80	8.84	0.245	0.08	80	10.56	0.293	0.08	80	15.91	0.441	0.08
100	9.6	0.266	0.10	100	11.25	0.312	0.10	100	17.48	0.485	0.10
120	10.03	0.278	0.12	120	11.88	0.329	0.12	120	18.70	0.518	0.12
140	10.46	0.290	0.14	140	12.10	0.335	0.14	140	19.70	0.546	0.14
160	10.96	0.304	0.16	160	12.41	0.344	0.16	160	20.47	0.568	0.16
				180	12.70	0.352	0.18	180	21.61	0.599	0.18
				200	13.00	0.360	0.20	200	22.89	0.635	0.20
				220	13.17	0.365	0.22	220	23.05	0.639	0.22
								240	23.78	0.659	0.24
								260	24.15	0.670	0.26
								280	24.59	0.682	0.28



COHESION = 0.07 Kg/cm²
ANGULO DE FRICCION ϕ = 20.7 °



INGEOLAB S.R.L.

Ing. Guido Rarín Quispe

CIP 18011

PERU



INGEOLAB S.R.L.

INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216 / MTC E 108 - 2000

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC, ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

MUESTRA: C-3

PROF. : 5.00m

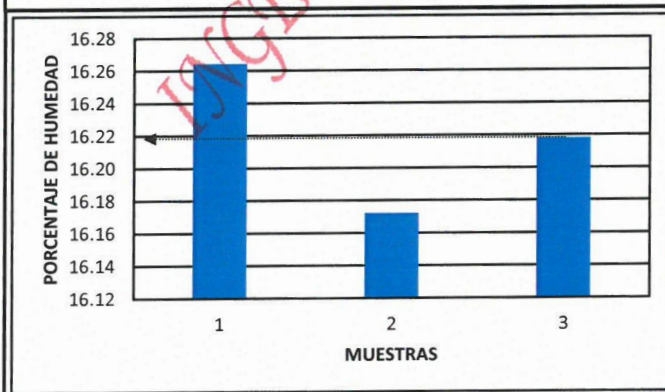
UBICACIÓN: DISTRITO DE ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC
0

SOLICITADO: BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

FECHA : 18 DE OCTUBRE DEL 2022

Nº MUESTRAS	1	2	PROMEDIO
Peso de la Cápsula gr.	23.74	23.51	
Peso de la Cápsula + Suelo Humedo gr.	42.04	44.27	
Peso de la Cápsula + Suelo Seca gr.	39.48	41.38	
Peso del Agua gr.	2.56	2.89	
Peso de Suelo Seca gr.	15.74	17.87	
Porcentaje de Humedad %	16.26	16.17	16.22

PROMEDIO DE HUMEDAD % = 16.22



NOTA: Muestra proporcionada por el interesado



INGEOLAB S.R.L.
Ing. Guido Ríos Quispe
CIP. 78016
GERENTE



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

INGEOLAB S.R.L.

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107- 2000

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC, ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

MUESTRA:

C-3

PROF. :

5.00m

UBICACIÓN:

DISTRITO DE ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC

0

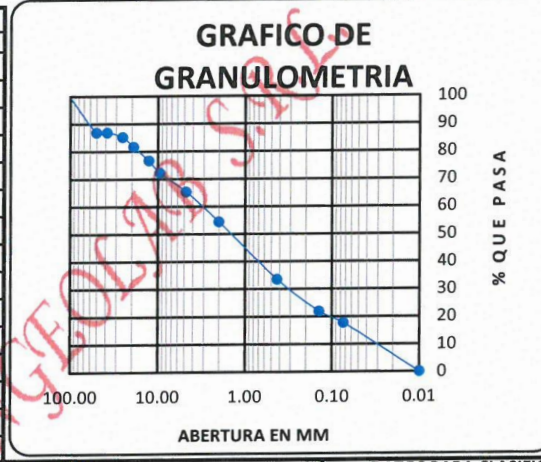
SOLICITADO:

BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

FECHA :

18 DE OCTUBRE DEL 2022

TAMANO DE TAMIZES	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
(Pulg.) (mm.)	(gr)	(%)	(%)
4"	101.60	0.00	100.00
2"	50.80	129.00	13.12
1 1/2"	38.10	0.00	0.00
1"	25.40	17.00	1.73
3/4"	19.10	35.00	3.56
1/2"	12.70	49.00	4.98
3/8"	9.52	43.00	4.37
Nº 4	4.76	68.00	6.92
Nº 10	2.00	107.00	10.89
Nº 40	0.43	205.00	20.85
Nº 100	0.14	115.00	11.70
Nº 200	0.07	41.00	4.17
CAZUELA	174.00	17.70	0.00
TOTAL :	983.00	100	



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107- 2000

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA Nº 200	GRAVA Y SUELO GRAVOSO, más del 50% pasa malla Nº 4	GW	GP	GM	GC
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	ARENA Y SUELO ARENOSO, más del 50% pasa malla Nº 4	SW	SP	SM	SC
		ML	CL	OL	MH
		CH	OH		
		Pt			

DATOS PARA CLASIFICACION

PASA Nº 4	65.31
PASA Nº 10	54.43
PASA Nº 40	33.57
PASA Nº 200	17.70
RETIEENE Nº 4	34.69
D10	0.042
D30	0.34
D60	3.41
Cu	81.65
Cc	0.804
LL	NP
LP	NP
IP	NP

CLASIFICACION

ASSTHO	A-1-b
SUCS	SW



INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

INGEOLAB S.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM D 3080)

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC, ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

MUESTRA:

C-3

PROF. :

5.00m

UBICACIÓN:

DISTRITO DE ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, REGION APURIMAC

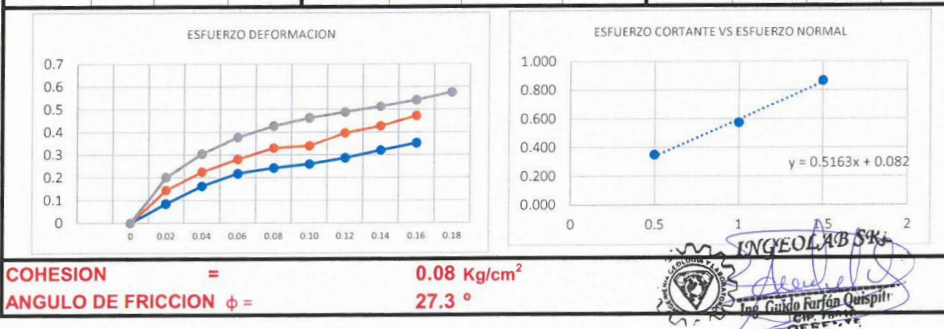
SOLICITADO:

BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

FECHA :

18 DE OCTUBRE DEL 2022

MUESTRA N°		C-3	PROF.	5.00m							
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Capsula N°	gr.	1	Ancho de la seccion b	Cm	6.00						
Suelo humado + capsula	gr.	146.00	Altura H	Cm	2.00						
Suelo seco + capsula	gr.	125.00	Area de la sección Ao	Cm²	36.00						
Peso del agua	gr.	21.00	Volumen	Cm³	72.00						
Peso de la capsula.	gr.	0.00	Peso Húmedo	gr.	146.00						
Peso del suelo seco	gr.	125.00	Densidad Natural Humeda	Gr./Cm³	2.03						
Porcentaje de Humedad	%	16.80	Densidad Natural Seca	Gr./Cm³	1.74						
OBSERVACIONES:											
Deformacion tangencial DIV	Dial de carga (DIV)	Esfuerzo de corte (Kg/Cm2)	Deform tangencial Cm	Deformacion tangencial DIV	Dial de carga (DIV)	Esfuerzo de corte (Kg/Cm2)	Deform tangencial Cm	Deformacion tangencial DIV	Dial de carga (DIV)	Esfuerzo de corte (Kg/Cm2)	Deform tangencial Cm
20	3.08	0.085	0.02	20	5.21	0.144	0.02	20	7.26	0.201	0.02
40	5.87	0.162	0.04	40	8.11	0.225	0.04	40	11.00	0.305	0.04
60	7.86	0.218	0.06	60	10.11	0.280	0.06	60	13.60	0.377	0.06
80	8.76	0.243	0.08	80	11.91	0.330	0.08	80	15.40	0.427	0.08
100	9.36	0.259	0.10	100	12.27	0.340	0.10	100	16.68	0.462	0.10
120	10.33	0.286	0.12	120	14.27	0.396	0.12	120	17.63	0.489	0.12
140	11.55	0.320	0.14	140	15.38	0.426	0.14	140	18.50	0.513	0.14
160	12.67	0.351	0.16	160	17.02	0.472	0.16	160	19.51	0.541	0.16
				180	18.73	0.519	0.18	180	20.72	0.575	0.18
				200	19.65	0.545	0.20	200	23.45	0.650	0.20
				220	20.78	0.576	0.22	220	25.09	0.696	0.22
								240	27.04	0.750	0.24
								260	29.78	0.826	0.26
								280	31.27	0.867	0.28





INGEOLAB S.R.L.

INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

PROYECTO: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM O GEOMALLA COEXTRUIDA MONO ORIENTADA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC, ONGOY, PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURIMAC 2022

UBICACIÓN: ONGOY, CHINCHEROS
REGION APURIMAC

ESTRUCTURA: -

SOLICITA: BAC. EDWIN JAVIER MONTOYA ALDONATE

FECHA ENSAYO : 11 DE OCTUBRE DEL 2022

FECHA INFORME : 18 DE SOCTUBRE DEL 2022

DENSIDAD NATURAL IN SITU

UBICACIÓN	C-1	C-2	C-3
LADO	-	-	-
Peso del Material + Embase Gr.	4718	4817	3714
Peso del Embase Gr.	0	0	0
Peso neto del Suelo + Grava Gr.	4718	4817	3714
Peso de la Arena + Frasco Gr.	7397	7442	7523
Peso arena que queda + Frasco Gr.	2373	2146	3035
Peso de la arena en embudo Gr.	1785	1785	1785
Peso neto de la arena empleada Gr.	3239	3511	2703
Densidad de arena Gr/cm3.	1.43	1.43	1.43
Volumen del Hueco cm3.	2273	2464	1897
Peso de la grava secada al aire Gr.	1738	960	743
Volumen de la Grava por Desplazar cc.	750	400	380
Peso del Suelo sin Grava Gr.	2980	3857	2971
Volumen del Suelo cc.	1523	2064	1517
Densidad de Suelo Humedo Gs/cm3	1.957	1.869	1.959
Humedad del suelo %	17.03	6.88	8.77
Densidad Seca del Suelo Gr/cm3	1.67	1.75	1.80
NOTA:	EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y LA DENSIDAD MAXIMA OBTENIDA EN LABORATORIO		

INGEOLAB S.R.L.
Ing. Guido Forján Quispliz
CIP 70016
GERENTE

Anexo 6. Certificado de Calibración



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
 LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 232 - 2023

Página : 1 de 3

Expediente : T - 250 - 2023
Fecha de emisión : 2023 - 08 - 20

1. Solicitante : INGENIERIA GEOLOGIA Y LABORATORIOS S.R.L.

Dirección : JR. G.MO.CACERES NRO. 482 CERCA DO -
 ANDAHUAYLAS -APURIMAC

2. Descripción del Equipo : CELDA DE CARGA Y PESAS PARA CORTE
 DIRECTO

Marca de Celda : OAP

Serie de Celda : SAK060

Capacidad de Celda : 500 kgf

Marca de Indicador : WEIGHING INDICATOR

Modelo de Indicador : X3A

Serie de Indicador : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración
 JR. GUILLERMO CACERES TRESIERRA 482 -ANDAHUAYLAS -APURIMAC
 20 DE AGOSTO DEL 2023

4. Método de Calibración
 La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 057-14	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23,5	23,5
Humedad %	50	50

7. Resultados de la Medición
 Los errores de la pesa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones
 Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad del Laboratorio de Estructuras antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Lus Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf: 292-5106 / 292-2095
 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 232 - 2023

Página 3 de 3

PESAS DE CORTE DIRECTO

IDENTIFICACIÓN	VALOR NOMINAL	VALOR DETERMINADO	CORRECCIÓN
	g	g	g
1	900	902,8	-2,8
2	900	894,5	-4,5
3	1800	1796,2	-3,8
4	1800	1802,3	-2,3
5	3600	3604,2	-4,2
6	3600	3603,2	-3,2
7	7200	7206,8	-6,8
8	7200	7207,4	-7,4




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 162631

Anexo 7. Certificado de Calibración de la Estación Total



CERTIFICADO DE CALIBRACION

DATOS DEL EQUIPO

Nombre :	ESTACION TOTAL	Precisión Angular :	05"
Marca :	TOPCON	Lectura mínima :	01"/01"/05"/10"
Modelo :	GM105	Precisión de distancia :	1.5mm.x2ppmxD No prisma : 02 mm+2ppm
		Precisión con Laser :	
Serie :	ZQ002927	Alcance de diana reflectante (60mmx60mm) :	250m
		Alcance :	3500m c./ 01 prisma – no prisma: 1.5 a 500m

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro. : F001-11306
Fecha : 11/06/2024

ENTIDAD CERTIFICADORA:

SERGETEC S.A.C.

METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Para controlar y calibrar los ángulos se contrastan con un colimador LEICA con telescopio de 32x en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos esta dentro de 01"; que es patronada periódicamente por un teodolito KERN modelo DKM 2A precisión al 01" con el método de lectura Directa-Inversa

Para controlar y calibrar la constante promedio en las Distancias se hacen las mediciones en una base establecida con una Estación Total Marca FOIF modelo OTS685-R600 nueva de precisión en distancia de +/- (2mm + 2 ppm x D) m.s.e. = línea de la medida.

El control angular se ejecuta en la base soporte metálica fijada en cimiento específico a influencias del clima y enfocados los retículos al infinito.

Las distancias son medidas con la Estación total instalada en una base fijada en la pared y el prisma estacionado sobre un trípode KERN de bastón centrador en cada punto de control establecido, tomando en consideración la temperatura y la presión atmosférica.

MEDICIONES DE PATRON	MEDICIONES ANGULARES	DIF.
ANG. HZ: 00°00'00" / 180°00'00"	00°00'00" / 180°00'00"	00"
ANG. V: 90°00'00" / 270°00'00"	90°00'00" / 270°00'00"	00"

INCERTIDUMBRE : ANGULARES +/- 03" Distancias +/- 03mm

NORMA APLICADA

Desviación estándar basada en la norma ISO 9001:2000 FM ISO 14001

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
11/06/2024	X	X	06 meses	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	RUC
SERGETEC S.A.C.	INGENIERIA & GESTION PREDIAL S.A.C	20574611106
		

Anexo 8. Cálculo de los Anclajes

PROYECTO	ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECO SYSTEM G65 O GEOMALLAS COEXTRUIDAS MONO ORIENTADAS EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC – ONGOY PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC, 2022		
DESCRIPCIÓN	Calculo anclaje tipo barra	DEPARTAMENTO	Apurimac
REVISIÓN		PROVINCIA	Chiccheros
FECHA	13/12/2022	DISTRITO	

DATOS DE ENTRADA

Presion de estabilizacion sobre el terreno	22.22 kPa
Factor de seguridad del proyecto (FS)	1.50
Patron separacion Sx	1.50 m
Patron separacion Sy	1.50 m
Cuadrícula	2.25 m ²
Diametro del anclaje	25.00 mm
Limite de rotura del anclaje (F_{pk})	550.00 N/mm ²
Limite de fluencia del anclaje (F_{yk})	500.00 N/mm ²
Diametro de perforación	70.00 mm

MAYORACION DE LAS CARGAS ACTUANTES

Carga nominal del anclaje	P_N	50.00 kN
Presión estabilización * cuadrícula		
Coefficiente de mayoración del anclaje	F_1	1.50
F1=1.50 Permanente, 1.20 Provisionales		
Poner valor maximo entre F1 y FS		
Carga nominal mayorada del anclaje	P_{ND}	75.00 kN
$P_{ND} = F_1 * P_N$		

COMPROBACIÓN DE LA TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO

AT = Sección del tirante	490.87 mm ²
--------------------------	------------------------

Deben cumplirse simultaneamente las siguientes condiciones:	P_{ND} / AT	$f_{pk} / 1.25$
En anclajes provisionales:	152.79MPa	440.00MPa
$P_{ND} / AT \leq f_{pk} / 1.25$	P_{ND} / AT	$f_{yk} / 1.10$
$P_{ND} / AT \leq f_{yk} / 1.10$	152.79MPa	454.55MPa

CUMPLE PARA ANCLAJES PROVISIONALES

Deben cumplirse simultaneamente las siguientes condiciones:	P_{ND} / AT	$f_{pk} / 1.30$
En anclajes permanentes:	152.79MPa	423.08MPa
$P_{ND} / AT \leq f_{pk} / 1.30$	P_{ND} / AT	$f_{yk} / 1.15$
$P_{ND} / AT \leq f_{yk} / 1.15$	152.79MPa	434.78MPa

CUMPLE PARA ANCLAJES PERMANENTES

COMPROBACION DEL ARRANCAMINETO DEL BULBO

Se comprobará

$$P_{ND} / (\pi * D_N * L_b) \leq A_{adm}$$

$$P_{ND} / (\pi * D_N * L_b)$$

$$0.11 \text{ MPa}$$

$$A_{adm}$$

$$0.23 \text{ MPa}$$

D_N = Diámetro nominal del bulbo (diámetro de perforación)

70.00 mm

L_b = Longitud de cálculo del bulbo (debe ser superior a la longitud mínima)

3.00 m

A_{adm} = Adherencia admisible (A_{lim} / F_{adm})

0.23 MPa

A_{lim} = Adherencia límite (ver tablas)

0.38 MPa

F_{adm} = Factor de minoración (1.45 provisional, 1.65 permanente)

1.65

L_{BT} = Longitud mínima del bulbo

1.48 m

$$L_{BT} = P_{ND} / (\pi * D_N * A_{adm})$$

CUMPLE

TABLA 14
Capacidad de Adherencia Última en la Interfase Suelo/Lechada de Cemento del Bulbo

Roca		Suelos Cohesivos		Suelos No Cohesivos	
Tipo de roca	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)
Granito y Basalto	1.70 - 3.10	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.03 - 0.07	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.07 - 0.14
Caliza Dolomita	1.40 - 2.10	Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)		Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)	
Caliza blanda	1.00 - 1.40	- Arcilla blanda limosa	0.03 - 0.07	- Arena fina a media, medianamente densa a densa	0.08 - 0.38
Pizarras y Lutitas duras	0.80 - 1.40	- Arcilla limosa	0.03 - 0.07	- Arena medianamente gruesa (con grava), medianamente densa	0.11 - 0.66
Lutitas blandas	0.20 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana a alta plasticidad	0.03 - 0.10	- Arena medianamente gruesa (con grava), densa a muy densa	0.25 - 0.97
Areniscas	0.80 - 1.70	- Arcilla muy rígida, mediana a alta plasticidad	0.07 - 0.17	- Arenas limosas	0.17 - 0.41
Areniscas intemperizadas	0.70 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana plasticidad	0.10 - 0.25	- Morena glacial densa	0.30 - 0.52
Tiza, Yeso	0.20 - 1.10	- Arcilla muy rígida, mediana plasticidad	0.14 - 0.35	- Grava arenosa, medianamente densa a densa	0.21 - 1.38
Marga intemperizada (arcilla calcárea)	0.15 - 0.25	- Limo arenoso muy rígido, mediana plasticidad	0.28 - 0.38	- Grava arenosa, densa a muy densa	0.28 - 1.38
Concreto	1.40 - 2.80				

COMPROBACION DESLIZAMIENTO ACERO - LECHADA

Se deberá verificar:

$$P_{ND} / (L_b * P_T) \leq \tau_{lim} / 1.2$$

$$P_{ND} / (L_b * P_T)$$

$$0.32 \text{ MPa}$$

$$\tau_{lim} / 1.2$$

$$6.65 \text{ MPa}$$

Adherencia límite entre el tirante y la lechada $\tau_{lim} = 6.9(f_{ck}/22.5)^{2/3}$

7.98 MPa

P_T = Perímetro nominal del tirante

78.54 mm

L_b = Longitud de cálculo del bulbo

3.00 m

f_{ck} = Resistencia a la compresión de la lechada

28.00 MPa

CUMPLE

Anexo 9. Verificación de las Mallas Triple Torsión



RUVOLUM® ONLINE TOOL

RUVOLUM® - El programa para el dimensionamiento del sistema de estabilización TECCO®/SPIDER®

Proyecto No. 001
 Nombre del proyecto ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES UTILIZANDO TECCO SYSTEM G65 O GEOMALLAS COEXTRUIDAS MONO ORIENTADAS EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ROCCHACC - ONGOY PROVINCIA DE CHINCHEROS, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC, 2022
 Fecha, Autor 13-12-2022

Parámetros de entrada		
Inclinación del talud	$\alpha =$	50.0 Grados
Espesor de capa inestable	$t =$	1.75 m
Angulo de fricción del terreno (valor característico)	$\phi_t =$	35.0 Grados
Densidad del terreno (valor característico)	$\gamma_t =$	16.2 kN/m³
Inclinación de los anclajes	$\psi =$	30.0 Grados
Distancia horizontal entre anclajes	$a =$	1.50 m
Distancia entre anclajes medida sobre la superficie del talud	$b =$	1.50 m
Casos de carga		
Presión		No
Sismo		No
Coefficiente horizontal de aceleración sísmica	$E_h =$	0.000 [-]
Coefficiente vertical de aceleración sísmica	$E_v =$	0.000 [-]
Predeterminados y factores de seguridad		
Cohesión del terreno (valor característico)	$c_t =$	0.0 kN/m²
radio del cono de presión, superior	$\zeta =$	0.15 m
Inclinación del cono de presión respecto a la horizontal	$\delta =$	30.0 Grados
Fuerza paralela al talud	$Z_p =$	15.0 kN
Fuerza de pretensado del sistema	$V =$	50.0 kN
Coefficiente de seguridad parcial por ángulo de fricción	$\gamma_\phi =$	1.25 [-]
Coefficiente de seguridad parcial por cohesión	$\gamma_c =$	1.25 [-]
Coefficiente de seguridad parcial por densidad	$\gamma_r =$	1.00 [-]
Valor de corrección por incertidumbre en el modelo	$\gamma_{mod} =$	1.10 [-]
valores de dimensionamiento	$\phi_d =$	29.3 Grados
	$c_d =$	0.0 kN/m²
	$\gamma_d =$	16.2 kN/m³

Elementos del sistema		
Tipo de malla utilizada	TECCO G65/3	
Tipo de placa Spike utilizada	Placa Spike del sistema P33	
Resistencia de la malla a los esfuerzos paralelos al talud	$Z_x =$	30.0 kN
Resistencia de la malla a la presión en la dirección del andaje	$D_x =$	180.0 kN
Resistencia de la malla a cortante en la dirección del anclaje	$P_x =$	90.0 kN
Elongación longitudinal en ensayo a tracción directa	$\delta <$	6 %

Tipo de anclaje utilizado	GEWI D = 25 mm	
Considerando la corrosión	Si	
Resistencia a tracción del anclaje	$T_{an} =$	173.0 kN
Resistencia a cortante del anclaje	$S_{an} =$	100.0 kN
Área de la sección transversal del anclaje con / sin corrosión	$A_{an} =$	346.0 mm ²

Comprobaciones		
Comprobación de la resistencia de la malla al cortante con la placa Spike	Cumple	
Comprobación de la capacidad de la malla a transmisión de fuerzas en la dirección Z	Cumple	
Comprobación del anclaje al deslizamiento de la capa superficial paralela al talud.	Cumple	
Comprobación de la resistencia a punzonamiento	Cumple	
Comprobación del anclaje a esfuerzos combinados	Cumple	

Las comprobaciones realizadas se refieren a la investigación de las inestabilidades superficiales. Son necesarias investigaciones adicionales si existe un riesgo en cuanto a la estabilidad global del talud. Si es necesario, el tipo de anclaje y patrón, tienen que ser adaptados.

Investigación de las inestabilidades local entre anclajes		
Comprobación de la resistencia de la malla al cortante con la placa Spike		
Máxima tensión en la malla a cortante en la dirección del anclaje en la cara del talud con la placa Spike (nivel dimensionamiento).	$P_x =$	0.0 kN
Espesor del mecanismo decisivo de deslizamiento	$t_w =$	m
Resistencia de la malla a cortante en la dirección del anclaje en la superficie del talud con la placa Spike (valor característico).	$P_x =$	90.0 kN
Valor de corrección de la resistencia a cortante en la malla	$\gamma_m =$	1.5 [-]
Valor de la resistencia de la malla a cortante	$P_x / \gamma_m =$	60.0 kN
Comprobación de seguridad	$P_x <= P_x / \gamma_m$	Cumple
Comprobación de la capacidad de la malla a transmisión de fuerzas en la dirección Z		
Fuerza paralela al talud teniendo en cuenta en las consideraciones de equilibrio	$Z_x =$	15.0 kN
Resistencia de la malla para la tracción paralela al talud	$Z_x =$	30.0 kN
Valor de corrección de la resistencia para la transmisión, para la fuerza Z paralela al talud	$\gamma_m =$	1.5 [-]
Dimensionamiento valor de la resistencia de la malla a la tracción directa	$Z_x / \gamma_m =$	20.0 kN
Comprobación de seguridad	$Z_x <= Z_x / \gamma_m$	Cumple

Investigación de la inestabilidades paralelas al talud

Comprobación del anclaje al deslizamiento de la capa superficial paralela al talud.

Fuerza de pretensado aplicado efectivamente en los anclajes	V_n	50.0 kN
Factor de carga por la influencia positiva de la pretensión V	Y_n	0.8 [-]
Valor de cálculo de la fuerza de pretensión aplicada por la influencia positiva de V	V_d	40.0 kN
Cálculos del cortante a nivel de dimensionado en función de V_d	S_d	1.0 kN
Resistencia a cortante del anclaje	S_{ncl}	100.0 kN
Coefficiente de corrección de la resistencia al cortante del anclaje	Y_{ncl}	1.5 [-]
Valor de cálculo de la resistencia del anclaje al cortante	S_{ncl}/Y_{ncl}	66.7 kN
Comprobación de seguridad	$S_d < S_{ncl}/Y_{ncl}$	Cumple

Comprobación de la resistencia a punzonamiento

Pretensión efectivamente aplicada al anclaje	V_n	50.0 kN
Factor de carga por la influencia positiva de la pretensión V	Y_n	1.5 [-]
Valor de cálculo de la fuerza de pretensión aplicada por la influencia positiva de V	V_d	75.0 kN
Resistencia de la malla a los esfuerzos en la dirección de los anclajes	D_n	180.0 kN
Coefficiente de corrección de la resistencia a punzonamiento	Y_{dn}	1.5 [-]
Valor de cálculo de la resistencia a tracción de los anclajes	D_n/Y_{dn}	120.0 kN
Comprobación de seguridad	$V_d < D_n/Y_{dn}$	Cumple

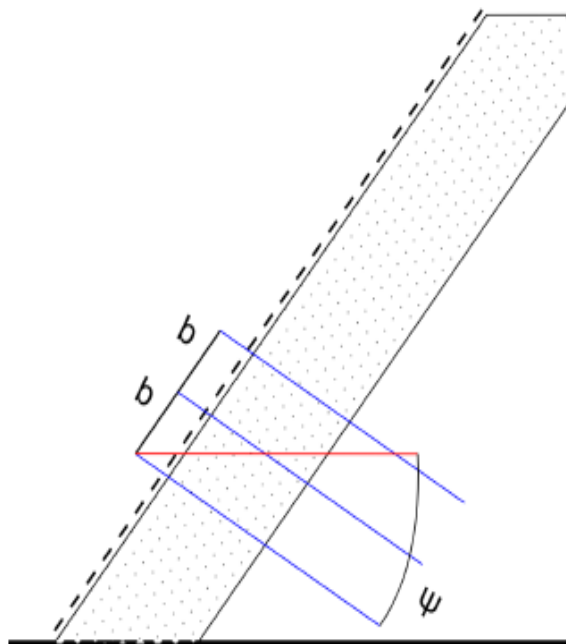
Comprobación del anclaje a esfuerzos combinados

Pretensión efectivamente aplicada al anclaje	V_n	50.0 kN
Factor de carga por la influencia positiva de la pretensión V	Y_n	0.8 [-]
Valor de cálculo de la fuerza de pretensión aplicada por la influencia positiva de V	V_d	40.0 kN
Factor de carga por la influencia negativa de la pretensión	Y_{ncl}	1.5 [-]
Valor de cálculo de la fuerza de pretensión aplicada por la influencia negativa de V	V_{dcl}	75.0 kN
Cálculos del cortante a nivel de dimensionado en función de V_{dcl}	S_d	1.0 kN
Resistencia máxima de la malla al corte	P_d	0.0 kN
Resistencia a tracción del anclaje	T_{ncl}	173.0 kN
Resistencia a cortante del anclaje	S_{ncl}	100.0 kN
Coefficiente de corrección de la resistencia a tracción	Y_n	1.5 [-]
Coefficiente de corrección de la resistencia a cortante	Y_{ncl}	1.5 [-]
Comprobación de seguridad $\{[V_d/(T_{ncl}/Y_n)]^2 + [S_d/(S_{ncl}/Y_{ncl})]^2\}^{0.5} <= 1.0$	0.65	Cumple
Comprobación de seguridad $\{[P_d/(T_{ncl}/Y_n)]^2 + [S_d/(S_{ncl}/Y_{ncl})]^2\}^{0.5} <= 1.0$	0.01	Cumple

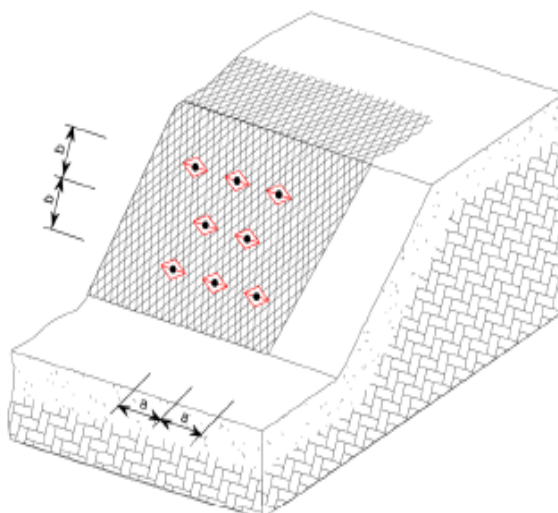
Mínima resistencia a la tracción en el anclaje para inestabilidades superficiales

Valor de dimensionamiento para la fuerza de tracción estática equivalente en el anclaje, para la determinación de la longitud de anclaje	T_n	75.0 kN
--	-------	---------

Sección transversal		
Esesor de capa inestable	$t=$	1.75 m
Inclinación de los anclajes	$\psi=$	30.0 Grados
Inclinación del talud	$\alpha=$	50.0 Grados



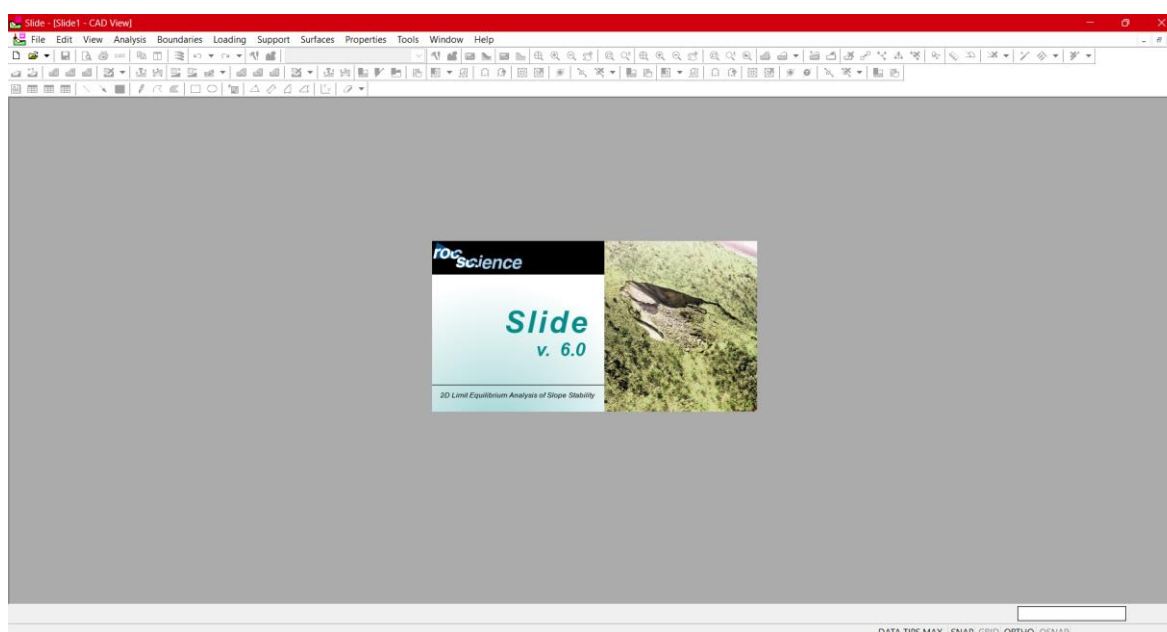
Ver disposición de los anclajes



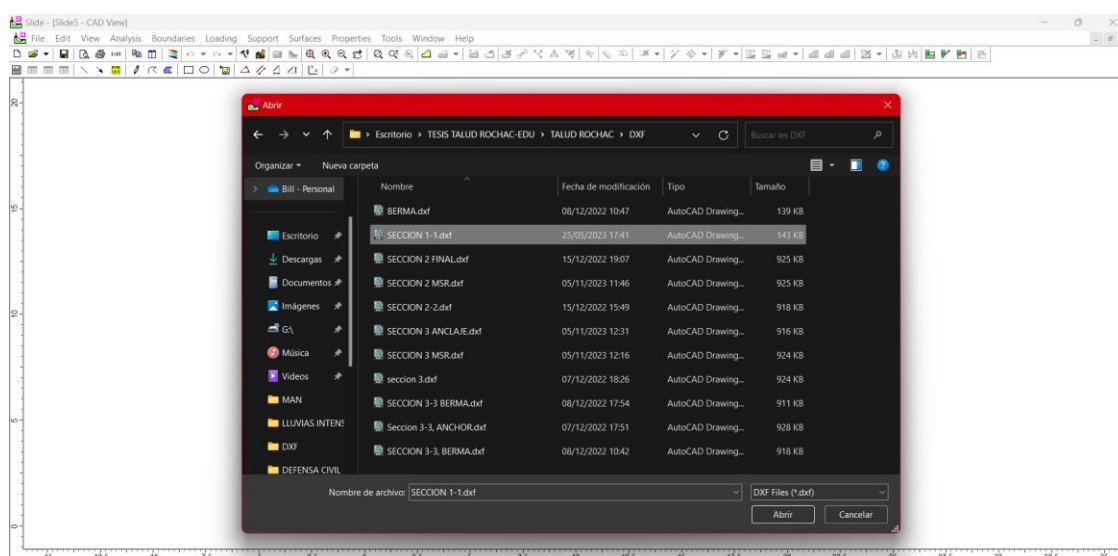
Anexo 10. Proceso de Modelamiento en el Programa Slide V6.0

En este apartado se describirá el procedimiento que se tuvo que utilizar para realizar el modelamiento para el análisis de estabilidad de taludes.

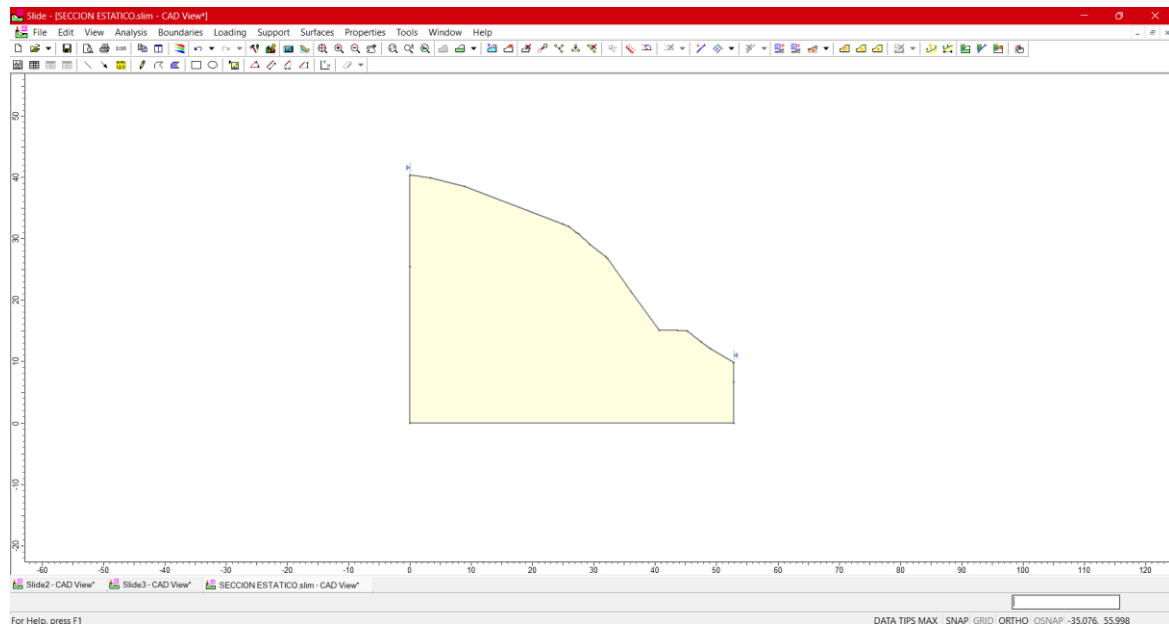
Al ejecutar el programa, este inicia mostrando la interfaz principal, y la versión de instalación, donde se muestran también los paneles de control y las múltiples funciones que posee el programa, para esta investigación no se tratará de explicar cada uno de ellos, sino explicar de manera practica lo que se hizo con los datos para esta investigación.



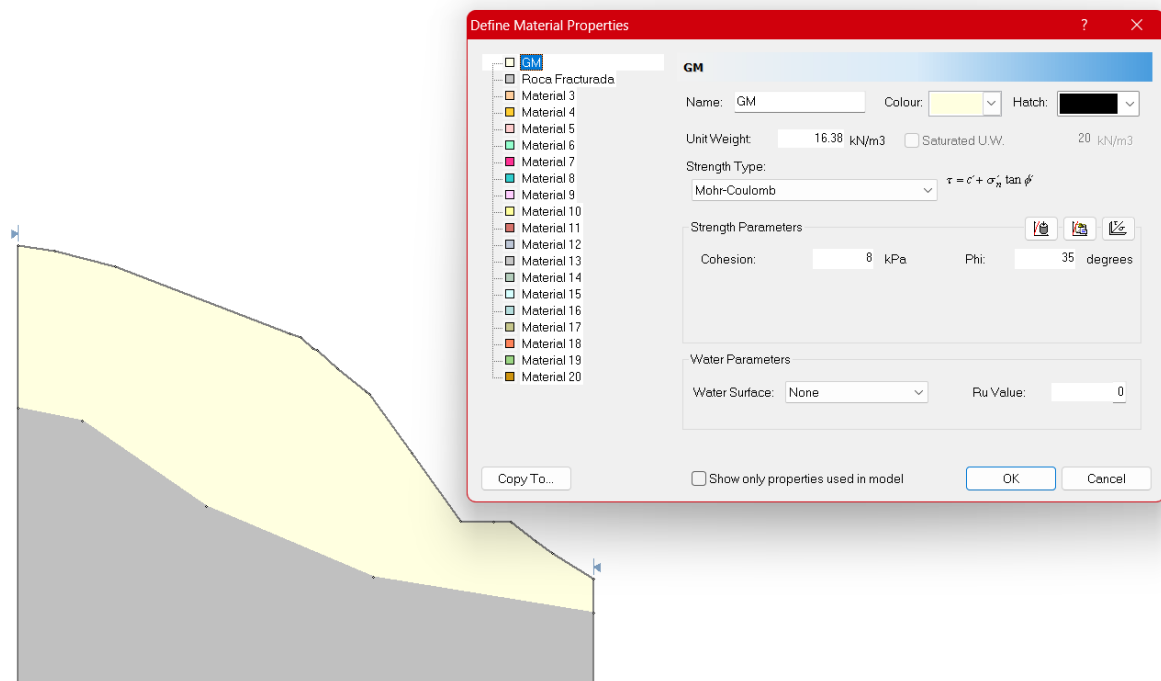
Interfaz inicial del programa Slide V6.0.



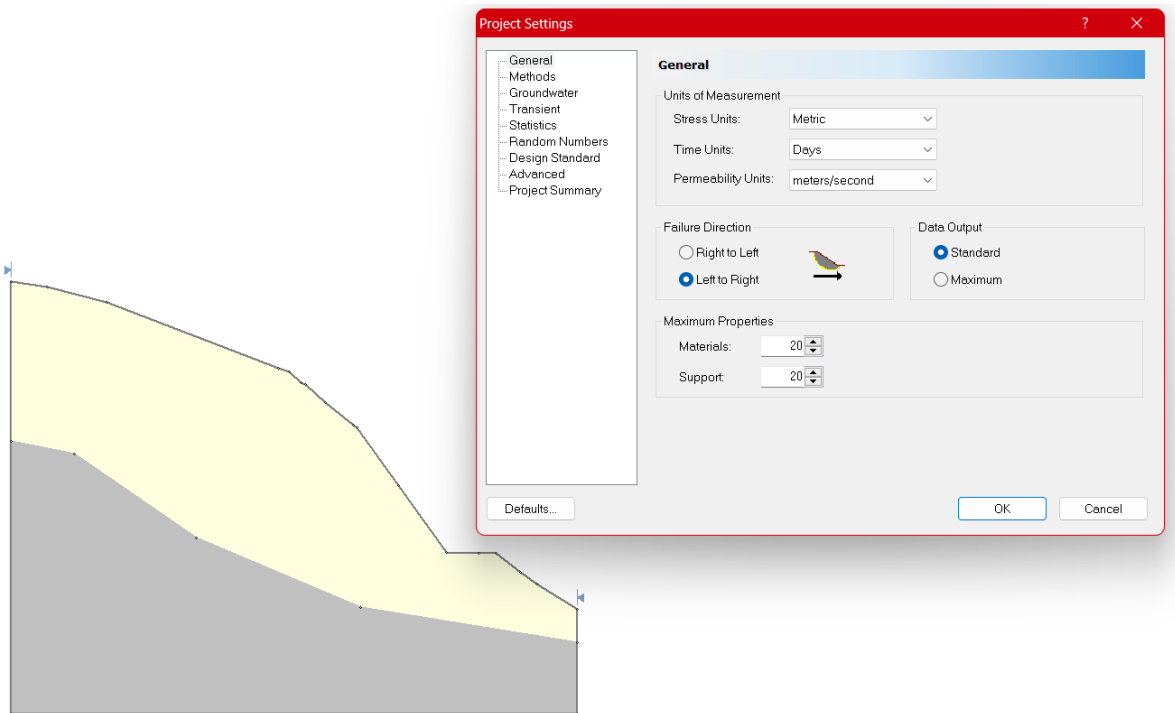
Importación del archivo con extensión .DXF al programa Slide.



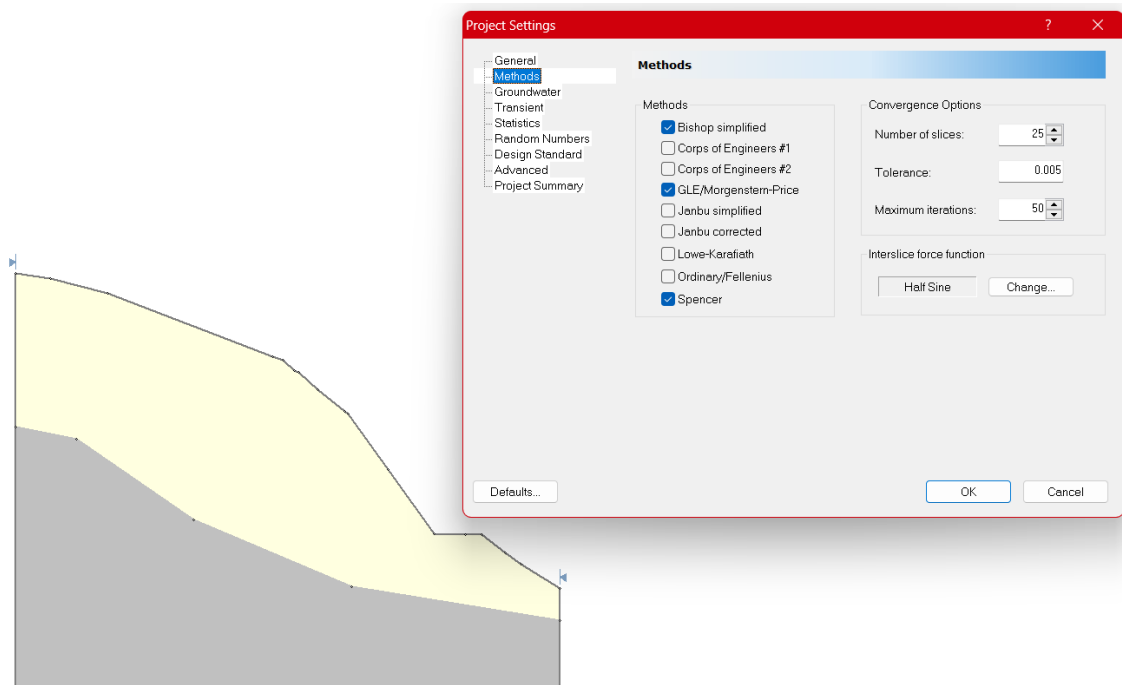
Tabulación importada exitosamente desde AutoCAD hacua el programa Slide.



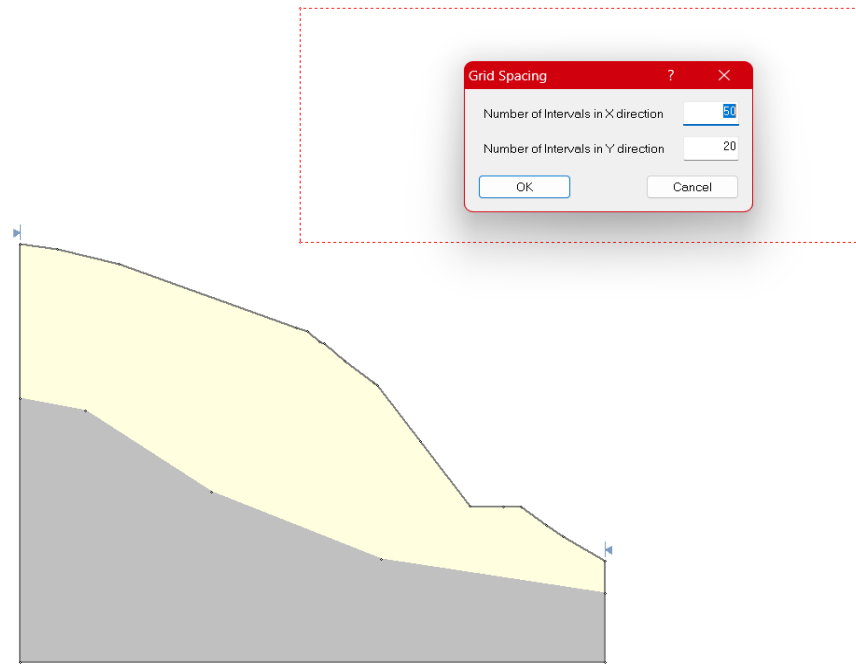
En el Programa Slide, definimos los materiales del talud (corte 1-1)



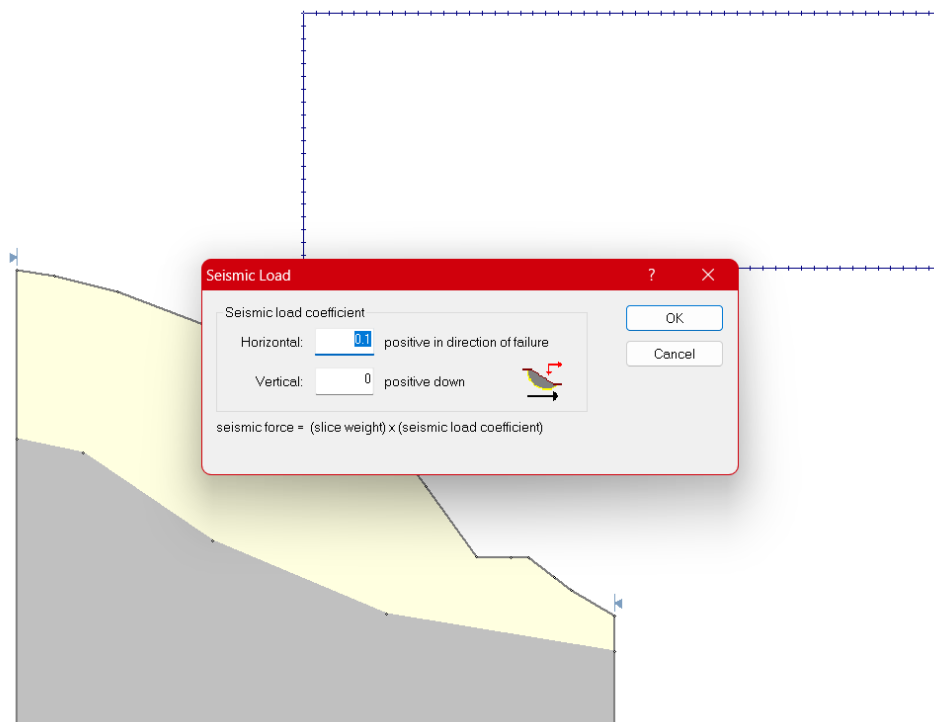
En el Programa Slide, definimos la dirección de falla del talud, en este caso de izquierda a derecha



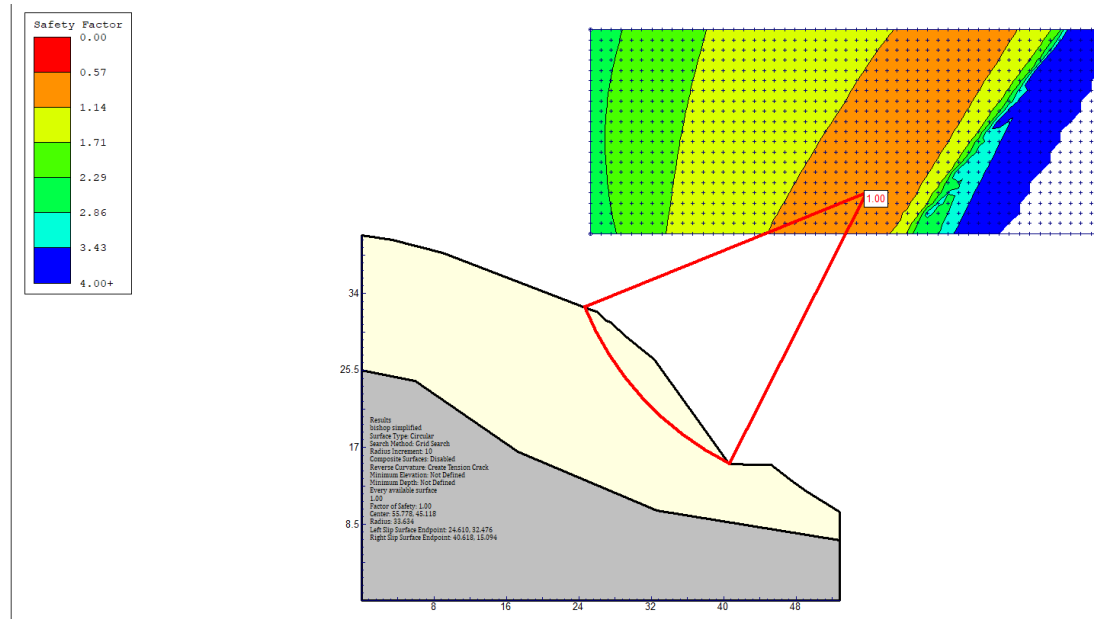
En el programa Slide, definimos los métodos de búsqueda, que son Bishop simplificado, morgenstem-price y Spencer



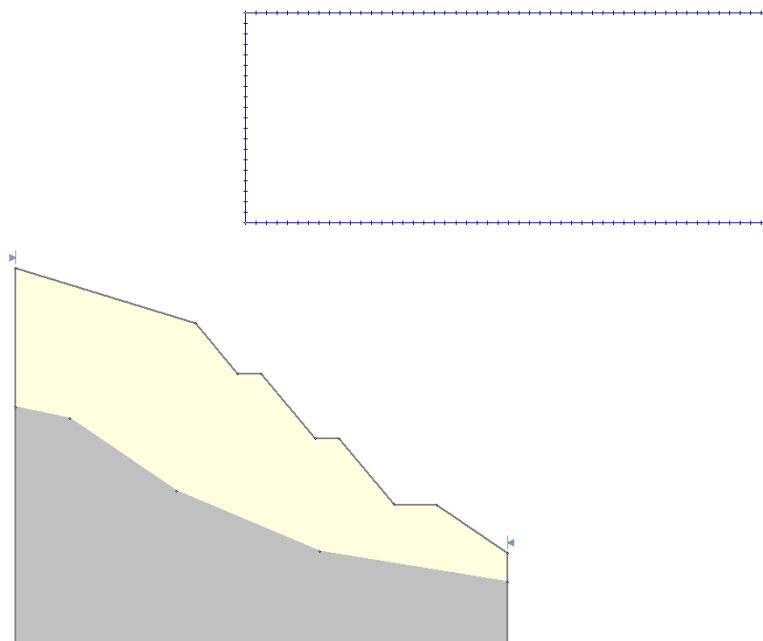
En el programa Slide, definimos el tamaño de la grilla, en este caso intervalo de 50 para X e intervalo 20 para Y



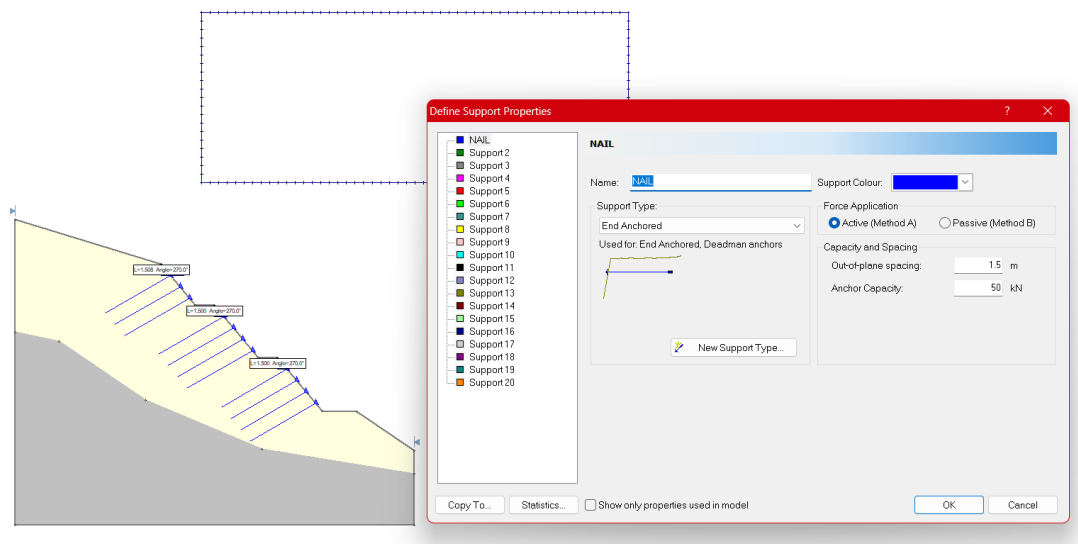
Adicionamos coeficiente de sismo de 0.1g, para el caso de análisis pseudoestático



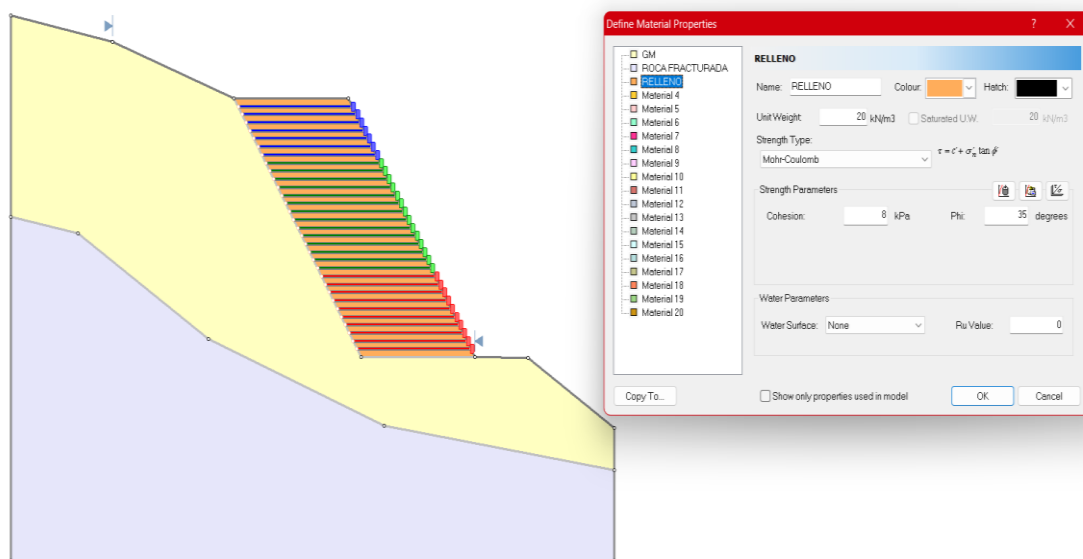
Cálculo de resultados cuando se corrió el programa.



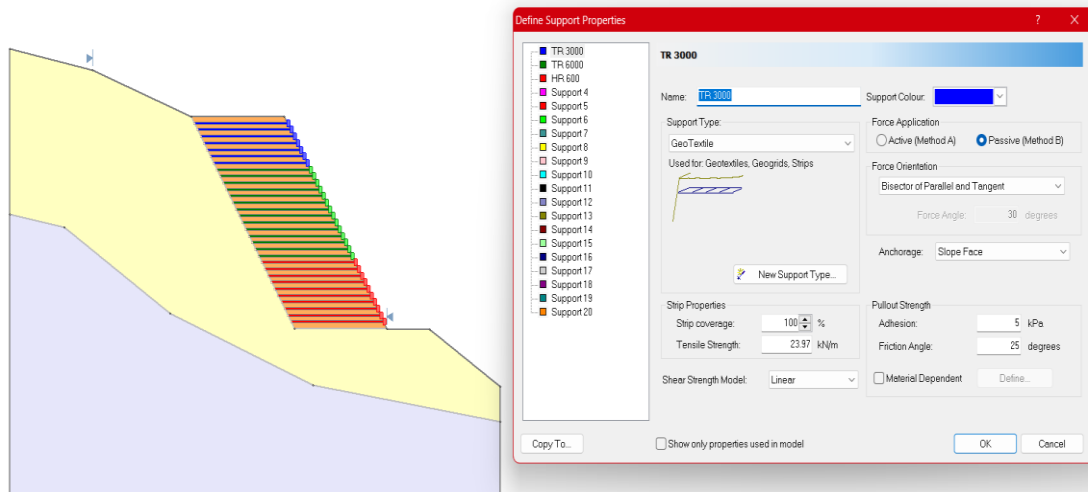
Modificación geométrica del corte 1-1, como alternativa de solución de estabilidad (alternativa 1)



Definición de las características del anclaje.

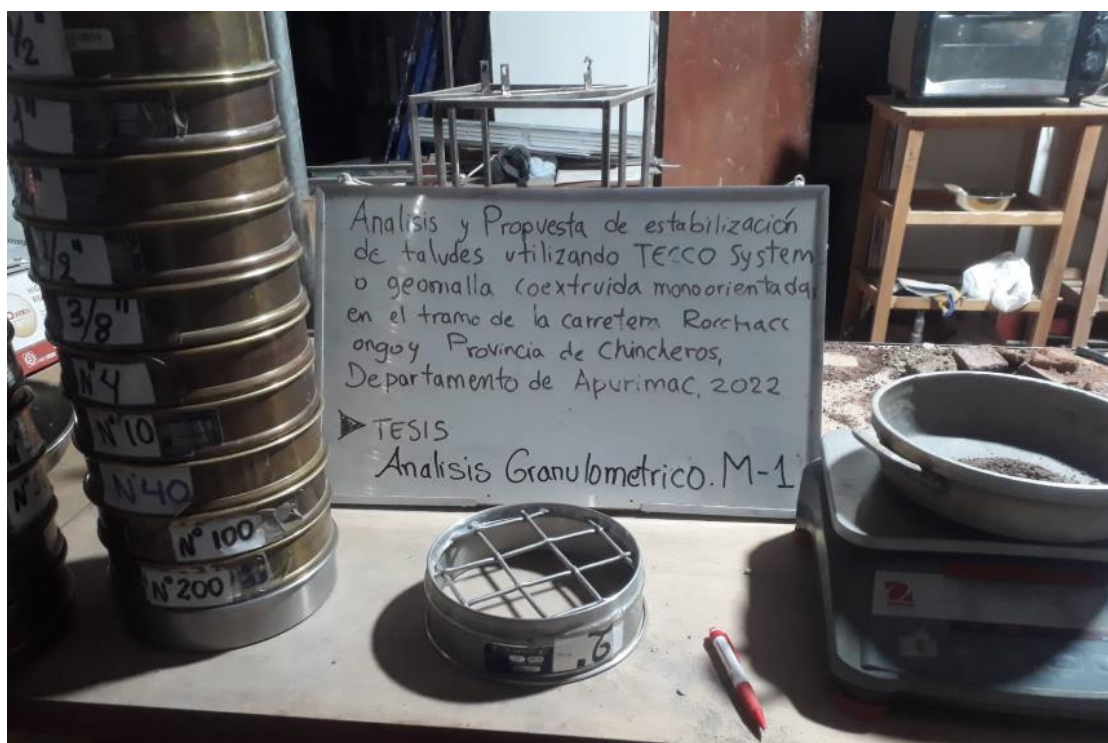


Definición del material de relleno para el muro.

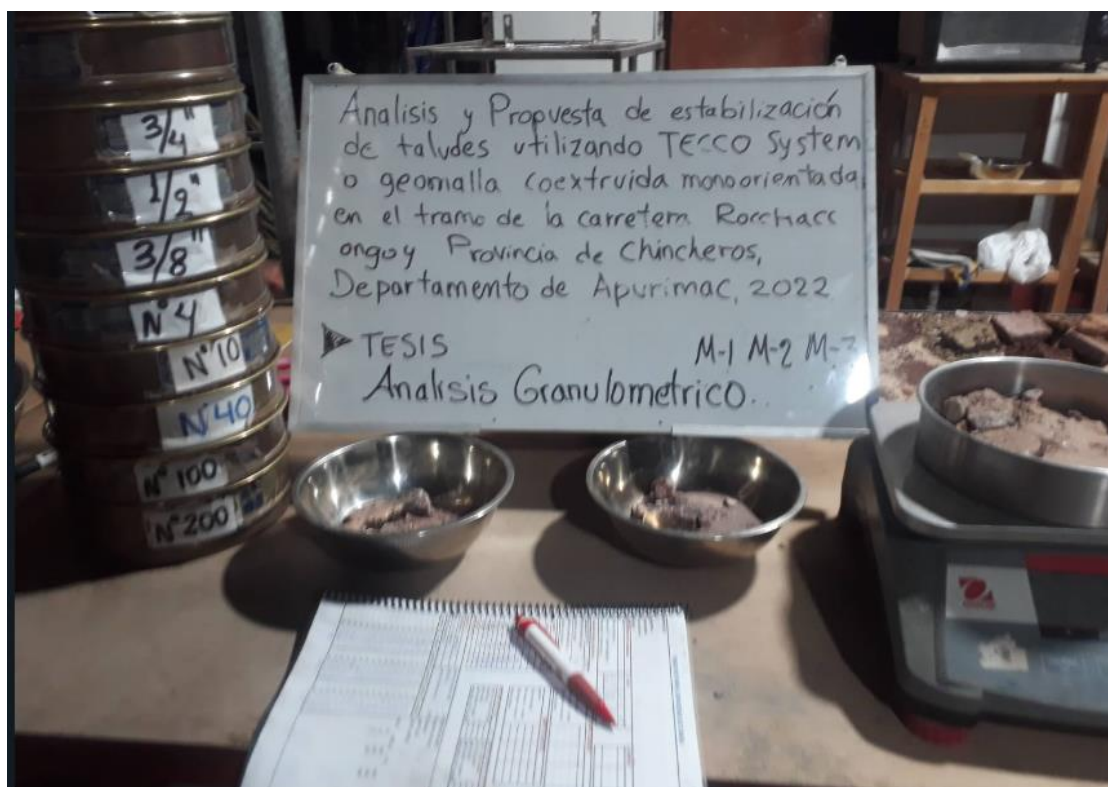


Definición de las características de las geomallas coextruidas.

Anexo 11. Reporte Fotográfico



Análisis Granulométrico de la muestra 1, M-1, según NTP 339.128



Análisis Granulométrico de las muestras 1,2,3; M-1, M-2, M-3, según NTP 339.128



Ensayo de la muestra 1, Corte Directo M-1, según NTP 339.171



Ensayo de la muestra 2, Corte Directo M-2, según NTP 339.171



Análisis Granulométrico de las muestras 3, M-3, según NTP 339.128



Análisis Granulométrico de las muestras 2, M-2, según NTP 339.128



Determinación de la Densidad Natural, según NTP 339.143



Revisión de la estación total antes del inicio del levantamiento topográfico.



Ubicación de la progresiva 11 +180, donde se ubica el corte 3. En las coordenadas UTM 8514077, 649803.



Ubicación de la progresiva KM 11+130, corte 2, C-2. En las coordenadas UTM 8514040, 649844



Realización de calicatas para el corte 1-1, la prueba se realizó al lado de la carretera existente.



Ubicación de la progresiva KM 11+180, tramo final, En las coordenadas UTM 8514177, 652197



Ubicación de la progresiva KM 11+080, tramo inicial. En las coordenadas UTM 8514011.2620 649883.4542



Ubicación de la progresiva KM 11+080, corte 1, C-1. En las coordenadas UTM 8514014, 649867



Vista del lugar donde se realizó el trabajo topográfico, marcando el BM_1, BM_2, E1 y E2 con la estación total marca Topcon para el inicio del trabajo

Anexo 12. Plano Topográfico

