

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS
DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM
133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N,
COCHABAMBA – LAJAS
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA

ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

Asesor: Mg. Ing. CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

**Línea de investigación: COMPORTAMIENTO DE SUELOS SUJETOS
A CARGAS SÍSMICAS**

**Chota – Perú
2025**

**EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON
MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA
TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA
CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS**

POR:

DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA

ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título**

de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Dra. Ing. Martha Gladys Huamán Tanta

PRESIDENTE



Mg. Ing. Karina del Rocío Silva Tarrillo

SECRETARIO



Dra. Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez

VOCAL



Colpa Matara, 19 de noviembre del 2025.

C.O. N° 32-2025-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD Y USO DE IA




El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA y ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 6% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras, no teniendo un porcentaje de escritura con inteligencia artificial; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH

DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA ROWLAN ... EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133...

-  Informe Final de Tesis
-  UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2025-1
-  Universidad Nacional Autónoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3417537670

Fecha de entrega

19 nov 2025, 11:10 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

19 nov 2025, 2:31 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME_FINAL_DE_TESIS_DEINER_ROWLAN.docx

Tamaño del archivo

51.3 MB

306 páginas

40.389 palabras

227.970 caracteres




6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
16 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 6% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe	2%
2	Internet	hdl.handle.net	<1%
3	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
4	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
5	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	<1%
6	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	<1%
7	Internet	pdfcookie.com	<1%
8	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
9	Internet	scielo.conicyt.cl	<1%
10	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
11	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca	<1%
13	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
14	Internet	www.coursehero.com	<1%
15	Internet	repositorio.unu.edu.pe	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	<1%
18	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%
19	Internet	rest-dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
20	Internet	www.repositorio.usac.edu.gt	<1%
21	Publicación	PASTOR USQUIANO JORGE ENRIQUE. "DIA para la Instalación de Estación de Servi...	<1%
22	Internet	doaj.org	<1%
23	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	<1%
24	Trabajos del estudiante	Morgan Park High School	<1%
25	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	<1%

26	Publicación	Mamani Guevara, Henry César. "Clima organizacional y satisfacción laboral de los..."	<1%
27	Internet	es.slideshare.net	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Moquegua	<1%
29	Trabajos del estudiante	Universidad Politécnica del Perú	<1%
30	Internet	repositorio.usfq.edu.ec	<1%
31	Trabajos del estudiante	Organismo de Evaluación y Fiscalización	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad San Ignacio de Loyola	<1%
35	Internet	informatica.upla.edu.pe	<1%
36	Internet	repositorio.umsa.bo	<1%
37	Internet	docplayer.es	<1%
38	Internet	myb.ojs.inacol.mx	<1%
39	Internet	repositorio.unal.edu.co	<1%

40	Internet	www.scribd.com	<1%
41	Internet	www.unach.edu.pe	<1%
42	Trabajos del estudiante Universidad Cesar Vallejo		<1%
43	Internet	id.scribd.com	<1%
44	Internet	repositorio.espam.edu.ec	<1%
45	Internet	repositoriousco.co	<1%
46	Internet	repository.usta.edu.co	<1%
47	Internet	ri.itba.edu.ar	<1%
48	Internet	www.investigobiblioteca.uvigo.es	<1%



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 05:00 pm am del día 27 de noviembre 2025, reunidos en la sala de Incuba- 2do piso del local administrativo, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los bachilleres: **Deiner Yonathan Benavidez Mejía y Rowlan Golver Idrogo Saldaña**, denominada: "Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y sistema terramesh del km 133+000 al km 137+000 de la carretera Pe-3N, Cochabamba- Lajas"; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

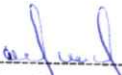
APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (*)

14 (CATORCE)

En consecuencia, se les declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 27 de noviembre 2025.


Dra. Martha Gladys Huamán Tanta
PRESIDENTE


Mg. Karina del Rocío Silva Tarrillo
SECRETARIO


Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
VOCAL


Mg. Cristian Saúl López Villanueva
ASESOR

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **“Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y sistema terramesh del km 133+000 al km 137+000 de la carretera Pe-3N, Cochabamba- Lajas”** presentado por los bachilleres: **Deiner Yonathan Benavidez Mejía y Rowlan Golver Idrogo Saldaña**, sustentada el día 27 de noviembre 2025, según Resolución N°304-2025-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 02 de diciembre 2025.

Dra. Martha Gladys Huamán Tanta
PRESIDENTE

Mg. Karina del Rocío Silva Tarrillo
SECRETARIO

Dr. Claudia Emilia Benavidez Núñez
VOCAL

Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
ASESOR

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de tesis, en primer lugar, a nuestros padres, cuya dedicación, sacrificio y apoyo incondicional han sido pilares fundamentales en nuestra formación personal y académica. Su ejemplo de perseverancia y responsabilidad ha guiado cada uno de nuestros pasos.

A nuestras familias, por su comprensión, aliento constante y por brindarnos el respaldo necesario para culminar con éxito esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro principal agradecimiento es a Dios por guiarnos y darnos fortaleza para seguir adelante.

A nuestros familiares por su apoyo incondicional y constante hasta ver lograr nuestros propósitos y sueños.

Y a todas las personas quienes de una y otra manera nos apoyaron para realizar este trabajo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	xxii
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	25
1.1. Planteamiento del problema.....	25
1.2. Formulación del problema	28
1.2.1. Problema general	28
1.2.2. Problemas específicos.....	28
1.3. Justificación	28
1.3.1. Justificación científica	29
1.3.2. Justificación técnica.....	30
1.4. Objetivos	31
1.4.1. Objetivo general.....	31
1.4.2. Objetivos específicos	31
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	32
2.1. Antecedentes	32
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	32
2.1.2. Antecedentes nacionales	37
2.1.3. Antecedentes regionales	41
2.2. Bases teórico – científicas	43
2.2.1. Resistencia al corte y esfuerzos efectivos (Mohr-Coulomb).....	43
2.2.2. Estabilidad de taludes por equilibrio límite	44
2.2.3. Enlace con la sostenibilidad y costos.....	44
2.3. Marco conceptual.....	45
2.3.1. Talud	45
2.3.2. Deslizamiento de taludes	47
2.3.3. Estabilidad de taludes	48
2.3.4. Soluciones de estabilización de taludes	50

2.3.5. Análisis y diseño estructural de muros de contención.....	50
2.3.6. Muro de concreto armado en voladizo	51
2.3.7. Sistema Terramesh (muro de tierra reforzada)	52
2.4. Hipótesis.....	53
2.5. Operacionalización de variables	54
2.5.1. Variable independiente: Muros de concreto	54
2.5.2. Variable independiente: Sistema Terramesh	54
2.5.3. Variable dependiente: Estabilización de taludes	55
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	57
3.1. Tipo y nivel de investigación	57
3.2. Diseño de investigación.....	58
3.3. Métodos de investigación.....	58
3.4. Población, muestra y muestreo	60
3.4.1. Población	60
3.4.2. Muestreo	60
3.4.3. Muestra	61
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63
3.5.1. Técnicas	63
3.5.2. Instrumentos	63
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	64
3.6.1. Proceso de obtención de los datos	64
3.6.2. Procesamiento de datos.....	88
3.6.3. Análisis de datos	104
3.7. Aspectos éticos	104
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	106
4.1. Descripción de resultados	106
4.1.1. Estabilidad del talud natural del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas.....	106
4.1.2. Muro de concreto armado para estabilizar los taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas.....	152

4.1.3. Muro con sistema terramesh para estabilizar los taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas	205
4.1.4. Costos entre muros de concreto armado y Sistema Terramesh para la estabilización de taludes de la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas.....	302
4.2. Contrastación de hipótesis.....	304
4.3. Discusión de resultados.....	316
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	322
5.1. Conclusiones	322
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias	325
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS.....	326
CAPÍTULO VII. ANEXOS	336
Anexo A. Matriz de consistencia.....	336
Anexo B. Panel fotográfico	337
Anexo C. Datos para el análisis estadístico.....	347
Anexo D. Documentación	352
Anexo E. Formato de observación de taludes	357
Anexo F. Estudio de mecánica de suelos	362
Anexo G. Análisis de precipitaciones pluviales Lajas	408
Anexo H. Cálculo del factor sísmico	421
Anexo I. Memoria de cálculo del muro de concreto armado en voladizo para el talud El Ingenio y Tayal.....	423
Anexo J. Metrados, análisis de costos unitarios y presupuesto.....	440
Anexo K. Planos.....	499

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Factor de Seguridad para el Análisis de Taludes	44
Tabla 2	Matriz de Operacionalización de Variables	56
Tabla 3	Descripción General de los Taludes de Estudio	62
Tabla 4	Coordenadas UTM WGS84 17S de las Calicatas en los Taludes de Estudio	68
Tabla 5	Resultado del Estudio de Mecánica de Suelos en el Talud El Ingenio.....	77
Tabla 6	Resultado del Estudio de Mecánica de Suelos en el Talud Tayal	78
Tabla 7	Coefficiente de Permeabilidad en el Talud El Ingenio	79
Tabla 8	Coefficiente de Permeabilidad en el Talud Tayal.....	79
Tabla 9	Análisis de Modelos de Distribución de la Estación Chotano Lajas.....	82
Tabla 10	Análisis de Frecuencia de las Precipitaciones al Nivel de Significancia del 5% para la Estación Chotano Lajas.....	82
Tabla 11	Precipitación Máxima de 24 horas (mm) para Diferentes Tr de la Estación Chotano Lajas	83
Tabla 13	Valores Máximos Recomendados de Riesgo Admisible de Obras de Drenaje	84
Tabla 12	Valores de Período de Retorno Tr (años)	85
Tabla 14	Precipitación Máxima para el Tiempo de Retorno de 50 años de la Estación Chotano Lajas para el Análisis de Taludes de Lajas.....	86
Tabla 15	Comparación General de los Factores de Seguridad Promedio en los Taludes de Lajas, por el Método de Bishop	107
Tabla 16	Factores de Seguridad del Talud El Ingenio	110
Tabla 17	Factores de Seguridad del Talud Tayal	127
Tabla 18	Dimensiones de los Muros de Concreto Armado en Voladizo para los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la Carretera 3N	153
Tabla 19	Análisis de Estabilidad de los Muros de Concreto Armado en Voladizo para los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la Carretera Lajas – Cochabamba.....	153
Tabla 20	Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad en el Análisis de Estabilidad de los Muros de Concreto Armado en Voladizo para los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la Carretera Lajas – Cochabamba	153
Tabla 21	Dimensiones del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio	154
Tabla 22	Análisis de Estabilidad del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio	158
Tabla 23	Factores de Seguridad del Talud El Ingenio con Reforzamiento por Muro en Voladizo	162
Tabla 24	Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud El Ingenio con Muro en Voladizo	162

Tabla 25	Dimensiones del Muro en Voladizo para el Talud Tayal.....	178
Tabla 26	Análisis de Estabilidad del Muro en Voladizo para el Talud Tayal.....	181
Tabla 27	Factores de Seguridad del Talud Tayal con Reforzamiento por Muro en Voladizo	185
Tabla 28	Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud Tayal con Muro en Voladizo.....	186
Tabla 29	Dimensiones de los Muros Terramesh para Estabilizar los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000, Carretera Lajas – Cochabamba	205
Tabla 30	Análisis Estructural de los Muros Terramesh y del Geotextil para Estabilizar los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000, Carretera Lajas – Cochabamba.....	206
Tabla 31	Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop para el Talud con Muros Terramesh, Km 133+000 al Km 137+000	206
Tabla 32	Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio	207
Tabla 33	Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio.....	207
Tabla 34	Análisis de Estabilidad del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio.....	210
Tabla 35	Análisis de Estabilidad del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio.....	211
Tabla 36	Factores de Seguridad del Talud El Ingenio con Reforzamiento por Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)	219
Tabla 37	Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud El Ingenio con Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)	219
Tabla 38	Factores de Seguridad del Talud El Ingenio con Reforzamiento por Muro de Tierra Reforzada Inclinado (TSR)	220
Tabla 39	Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud El Ingenio con Muro de Tierra Reforzada Inclinado (TSR)	220
Tabla 40	Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal	251
Tabla 41	Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal	251
Tabla 42	Análisis de Estabilidad del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal	253
Tabla 43	Análisis de Estabilidad del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal	254
Tabla 44	Factores de Seguridad del Talud Tayal con Reforzamiento por Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)	262
Tabla 45	Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud Tayal con Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)	263
Tabla 46	Factores de Seguridad del Talud Tayal con Reforzamiento por Muro de Tierra Reforzada Inclinado (TSR)	264

Tabla 47 Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud Tayal con Muro de Tierra Reforzada Inclinado (TSR)	265
Tabla 48 Costos entre Muros de Concreto Armado y Sistema Terramesh para la Estabilización de Taludes de la Carretera PE-3N	303
Tabla 49 Información de los Factores para el Análisis de Varianza	309
Tabla 50 Análisis de Varianza (ANOVA) del Factor de Seguridad.....	309
Tabla 51 Análisis t-student de Dos Muestras para el Factor de Seguridad en Condición Estática	310
Tabla 52 Análisis t-student de Dos Muestras para el Factor de Seguridad en Condición Pseudo estática o con Sismo	311
Tabla 53 Análisis t-student de Dos Muestras para el Factor de Seguridad en Condición de Infiltración por Precipitaciones Pluviales.....	312
Tabla 54 Factores de Seguridad del Talud El Ingenio	314
Tabla 55 Factores de Seguridad del Talud El Tayal.....	315
Tabla 56 Datos para el Análisis Estadístico (Factores de Seguridad)	347

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Círculo de Mohr y Envolvente de Falla.....	43
Figura 2	Representación Gráfica del Talud.....	45
Figura 3	Partes del Deslizamiento y Modos de Falla.....	48
Figura 4	Requerimientos Geométricos para Muros en Voladizo	51
Figura 5	Requerimientos Geométricos para Muros de Tierra Reforzada	53
Figura 6	Diseño de Investigación Descriptivo Causal Simple	59
Figura 7	Mapa de Ubicación de los Taludes en el Tramo del Km 133+000 y el Km 137+000 de la Carretera PE-3N, en el Distrito de Lajas, Provincia de Chota	60
Figura 8	Vista Satelital del Talud El Ingenio en la Carretera PE-3N.....	62
Figura 9	Vista Satelital del Talud Cerca de Tayal en la Carretera PE-3N	62
Figura 10	Levantamiento Topográfico en el Talud Tayal.....	66
Figura 11	Levantamiento Topográfico en el Talud el Ingenio.....	66
Figura 12	Forma de Realizar Calicatas em Trinchera en un Talud.....	68
Figura 13	Mapa de Puntos de Muestreo en el Talud en el Ingenio de la Carretera PE-3N.....	69
Figura 14	Vista de los Puntos de Muestreo en el Talud en Tayal de la Carretera PE-3N.....	70
Figura 15	Calicatas en el Talud El Ingenio, Lajas	71
Figura 16	Calicatas en el Talud Tayal, Lajas	71
Figura 17	Proceso de Ensayo de Contenido de Humedad.....	73
Figura 18	Proceso de Ensayo de Granulometría	74
Figura 19	Proceso de Ensayo de Limite Líquido	75
Figura 20	Proceso de Realización del Ensayo de límite Plástico.....	75
Figura 21	Proceso de Realización del Ensayo de Corte Directo.....	76
Figura 22	Envolvente de Mohr de Suelos en el Talud El Ingenio y Tayal	79
Figura 23	Ubicación de la Estación Chotano Lajas	80
Figura 24	Precipitaciones Máximas de la Estación Chotano Lajas.....	80
Figura 25	Análisis de Datos Atípicos para la Estación Chotano Lajas	81
Figura 26	Definición de las Características del Modelo en Slide	90
Figura 27	Elección de los Métodos de Análisis en Slide	90
Figura 28	Definición de Propiedades de los Materiales que Componen el Talud en Slide	91
Figura 29	Análisis Estático del Talud en Slide	92
Figura 30	Incorporación del Sismo para el Análisis Dinámico del Talud en Slide	92
Figura 31	Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para la Verificación de la Estabilidad del Talud con Lluvia en Slide	92
Figura 32	Discretización del Modelo para el Análisis de Elementos Finitos en Slide.....	93

Figura 33	Ingreso de Condiciones de Lluvia al Talud en Slide	93
Figura 34	Información del Proyecto en Geo5 para el Diseño de Muros de Concreto.....	94
Figura 35	Información del Proyecto en Geo5 para el Diseño de Muro Terramesh	94
Figura 36	Geometría del Muro de Concreto	95
Figura 37	Geometría del Muro Terramesh.....	95
Figura 38	Materiales del Muro de Concreto	96
Figura 39	Materiales del Muro Terramesh : Seleccionando Geomalla y Terramesh.....	96
Figura 40	Materiales del Muro Terramesh: Tipo de Refuerzo de Forma Continua y con Longitudes.....	97
Figura 41	Diseño del Tallo del Muro Refuerzo Frontal, Muro en el Talud El Ingenio	97
Figura 42	Diseño del Tallo del Muro Refuerzo Trasero, Muro en el Talud El Ingenio.....	98
Figura 43	Diseño del Salto, Muro en el Talud El Ingenio	98
Figura 44	Diseño del Talón, Muro en el Talud El Ingenio	98
Figura 45	Diseño del Tallo del Muro Refuerzo Frontal, Muro en el Talud Tayal.....	99
Figura 46	Diseño del Tallo del Muro Refuerzo Trasero, Muro en el Talud Tayal	99
Figura 47	Diseño del Salto, Muro en el Talud Tayal	100
Figura 48	Diseño del Talón, Muro en el Talud Tayal.....	100
Figura 49	Verificación de la Estabilidad Estática del Muro de Concreto	103
Figura 50	Cumplimiento del Factor de Seguridad en los Taludes de Lajas frente a Infiltración por Lluvias	107
Figura 51	Factores de Seguridad por el Método de Bishop en el Talud El Ingenio.....	108
Figura 52	Factores de Seguridad por el Método de Bishop en el Talud Tayal	108
Figura 53	Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000	111
Figura 54	Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000	112
Figura 55	Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000	113
Figura 56	Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006	114
Figura 57	Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006	115
Figura 58	Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006	116
Figura 59	Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012	117
Figura 60	Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012	118
Figura 61	Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012	119
Figura 62	Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018.....	120
Figura 63	Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018	121

Figura 64 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018	122
Figura 65 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024	123
Figura 66 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024	124
Figura 67 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024	125
Figura 68 Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+000.....	128
Figura 69 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+000.....	129
Figura 70 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+000.....	130
Figura 71 Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+010.....	131
Figura 72 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+010.....	132
Figura 73 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+010.....	133
Figura 74 Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+020.....	134
Figura 75 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+020.....	135
Figura 76 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+020.....	136
Figura 77 Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+030.....	137
Figura 78 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+030.....	138
Figura 79 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+030.....	139
Figura 80 Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+040.....	140
Figura 81 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+040.....	141
Figura 82 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+040.....	142
Figura 83 Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+050.....	143
Figura 84 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+050.....	144
Figura 85 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+050.....	145
Figura 86 Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+060.....	146
Figura 87 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+060.....	147
Figura 88 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+060.....	148
Figura 89 Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+070.....	149
Figura 90 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+070.....	150

Figura 91 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+070.....	151
Figura 92 Dimensiones del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio.....	154
Figura 93 Detalle de Acero del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio	157
Figura 94 Verificación de Equilibrio del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio.....	159
Figura 95 Verificación de la Capacidad Portante del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio	159
Figura 96 Verificación de la Estabilidad del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio.....	160
Figura 97 Verificación Interna del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio	160
Figura 98 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro en Voladizo	163
Figura 99 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro en Voladizo	164
Figura 100 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro en Voladizo	165
Figura 101 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro en Voladizo	166
Figura 102 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro en Voladizo	167
Figura 103 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro en Voladizo	168
Figura 104 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro en Voladizo	169
Figura 105 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro en Voladizo	170
Figura 106 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro en Voladizo	171
Figura 107 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro en Voladizo	172
Figura 108 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro en Voladizo	173
Figura 109 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro en Voladizo	174
Figura 110 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro en Voladizo	175
Figura 111 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro en Voladizo	176

Figura 112 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro en Voladizo	177
Figura 113 Dimensiones del Muro en Voladizo para el Talud Tayal	178
Figura 114 Detalle de Acero del Muro en Voladizo para el Talud Tayal	180
Figura 115 Verificación de Equilibrio del Muro en Voladizo para el Talud Tayal	182
Figura 116 Verificación de la Capacidad Portante del Muro en Voladizo para el Talud Tayal	182
Figura 117 Verificación de la Estabilidad del Muro en Voladizo para el Talud Tayal.....	183
Figura 118 Verificación Interna del Muro en Voladizo para el Talud Tayal.....	183
Figura 119 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Muro en Voladizo	187
Figura 120 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Muro en Voladizo	188
Figura 121 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Muro en Voladizo	189
Figura 122 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+020, Muro en Voladizo	190
Figura 123 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+020, Muro en Voladizo	191
Figura 124 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+020, Muro en Voladizo	192
Figura 125 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Muro en Voladizo	193
Figura 126 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Muro en Voladizo	194
Figura 127 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Muro en Voladizo	195
Figura 128 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+040, Muro en Voladizo	196
Figura 129 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+040, Muro en Voladizo	197
Figura 130 Análisis de Infiltración con para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+040, Muro en Voladizo	198
Figura 131 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+050, Muro en Voladizo	199
Figura 132 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+050, Muro en Voladizo	200

Figura 133 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+050, Muro en Voladizo	201
Figura 134 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+060, Muro en Voladizo	202
Figura 135 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+060, Muro en Voladizo	203
Figura 136 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+060, Muro en Voladizo	204
Figura 137 Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para Talud El Ingenio	208
Figura 138 Dimensiones del Muro de Suelo Reforzado Inclinado para el Talud El Ingenio .	208
Figura 139 Detalle del Geotextil a Utilizar para el Muro de Tierra Reforzada Terramesh.....	209
Figura 140 Vista 3D del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio...	209
Figura 141 Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio	212
Figura 142 Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio	212
Figura 143 Verificación del Deslizamiento en el Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio	213
Figura 144 Verificación de la Estabilidad Interna del Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio.....	213
Figura 145 Verificación de la Estabilidad Global del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio	214
Figura 146 Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio.....	214
Figura 147 Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio.....	215
Figura 148 Verificación del Deslizamiento en el Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio	215
Figura 149 Verificación de la Estabilidad Interna del Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio.....	216
Figura 150 Verificación de la Estabilidad Global del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio.....	216
Figura 151 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro de Suelo Reforzado	221
Figura 152 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro de Suelo Reforzado	222

Figura 153 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro de Suelo Reforzado	223
Figura 154 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro de Suelo Reforzado	224
Figura 155 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro de Suelo Reforzado	225
Figura 156 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro de Suelo Reforzado	226
Figura 157 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro de Suelo Reforzado	227
Figura 158 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro de Suelo Reforzado	228
Figura 159 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro de Suelo Reforzado	229
Figura 160 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro de Suelo Reforzado	230
Figura 161 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro de Suelo Reforzado	231
Figura 162 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro de Suelo Reforzado	232
Figura 163 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro de Suelo Reforzado	233
Figura 164 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro de Suelo Reforzado	234
Figura 165 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro de Suelo Reforzado	235
Figura 166 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	236
Figura 167 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	237
Figura 168 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	238
Figura 169 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	239
Figura 170 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	240

Figura 171 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación.....	241
Figura 172 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	242
Figura 173 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	243
Figura 174 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación.....	244
Figura 175 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	245
Figura 176 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	246
Figura 177 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación.....	247
Figura 178 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	248
Figura 179 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación	249
Figura 180 Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación.....	250
Figura 181 Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para Talud Tayal.....	252
Figura 182 Dimensiones del Muro de Suelo Reforzado Inclinado para el Talud Tayal	252
Figura 183 Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal.....	255
Figura 184 Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal.....	255
Figura 185 Verificación del Deslizamiento en el Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal.....	256
Figura 186 Verificación de la Estabilidad Interna del Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal	256
Figura 187 Verificación de la Estabilidad Global del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal.....	257
Figura 188 Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal.....	257
Figura 189 Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal	258

Figura 190 Verificación del Deslizamiento en el Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal.....	258
Figura 191 Verificación de la Estabilidad Interna del Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal	259
Figura 192 Verificación de la Estabilidad Global del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal	259
Figura 193 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Muro de Suelo Reforzado	266
Figura 194 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Muro de Suelo Reforzado	267
Figura 195 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Muro de Suelo Reforzado	268
Figura 196 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+020, Muro de Suelo Reforzado	269
Figura 197 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+020, Muro de Suelo Reforzado	270
Figura 198 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+020, Muro de Suelo Reforzado	271
Figura 199 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Muro de Suelo Reforzado	272
Figura 200 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Muro de Suelo Reforzado	273
Figura 201 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Muro de Suelo Reforzado	274
Figura 202 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+040, Muro de Suelo Reforzado	275
Figura 203 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+040, Muro de Suelo Reforzado	276
Figura 204 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+040, Muro de Suelo Reforzado	277
Figura 205 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+050, Muro de Suelo Reforzado	278
Figura 206 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+050, Muro de Suelo Reforzado	279
Figura 207 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+050, Muro de Suelo Reforzado	280

Figura 208 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+060, Muro de Suelo Reforzado	281
Figura 209 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+060, Muro de Suelo Reforzado	282
Figura 210 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+060, Muro de Suelo Reforzado	283
Figura 211 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Talud de Suelo Reforzado	284
Figura 212 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Talud de Suelo Reforzado	285
Figura 213 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Talud de Suelo Reforzado	286
Figura 214 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+020, Talud de Suelo Reforzado	287
Figura 215 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+020, Talud de Suelo Reforzado	288
Figura 216 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+020, Talud de Suelo Reforzado	289
Figura 217 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Talud de Suelo Reforzado	290
Figura 218 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Talud de Suelo Reforzado	291
Figura 219 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Talud de Suelo Reforzado	292
Figura 220 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+040, Talud de Suelo Reforzado	293
Figura 221 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+040, Talud de Suelo Reforzado	294
Figura 222 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+040, Talud de Suelo Reforzado	295
Figura 223 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+050, Talud de Suelo Reforzado	296
Figura 224 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+050, Talud de Suelo Reforzado	297
Figura 225 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+050, Talud de Suelo Reforzado	298

Figura 226 Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+060, Talud de Suelo Reforzado	299
Figura 227 Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+060, Talud de Suelo Reforzado	300
Figura 228 Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+060, Talud de Suelo Reforzado.....	301
Figura 229 Costos de Construcción de los Muros de Reforzamiento	303
Figura 230 Prueba de Normalidad a los Factores de Seguridad del Talud Natural	307
Figura 231 Prueba de Normalidad a los Factores de Seguridad del Talud con Muro de Concreto	307
Figura 232 Prueba de Normalidad a los Factores de Seguridad del Talud con Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)	308
Figura 233 Prueba de Normalidad a los Factores de Seguridad del Talud con Muro de Tierra Reforzada con Inclinación (TSR).....	308

SIGLAS Y ABREVIATURAS

PE-3N	Carretera Longitudinal de la Sierra Norte - Perú
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
FS	Factor de Seguridad
MC	Muro de Concreto armado
MSR	Muro de Suelo Reforzado sin inclinación (Terramesh 90°)
TSR	Muro de Suelo Reforzado con inclinación (Terramesh 70°)
SN	Suelo Natural
RNE	Reglamento Nacional de Edificaciones
CE.020	Norma Técnica del Reglamento Nacional de Edificaciones para Diseño Geotécnico
FHWA	Administración Federal de Carreteras (Federal Highway y administration)
ANOVA	Análisis de Varianza
T-student	Prueba estadística t de Student
UTM	Universal Transverse Mercator (Sistema de coordenadas)
WGS84	World Geodetic System 1984 (Sistema geodésico de referencia)
Km	Kilómetro
S/	Soles peruanos (moneda nacional del Perú)
m	Metro
KN.m/m	Kilonewton metro por metro (unidad de momento)
KN/m	Kilonewton por metro (unidad de fuerza)
kPa	Kilopascal (unidad de presión)
H	Altura del muro
B2	Ancho de la cresta del muro
GL	Grados de Libertad (estadística)
p	Valor p (probabilidad en pruebas de hipótesis)
μ	Media poblacional

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la estabilización de taludes con muros de concreto armado y sistema Terramesh en el tramo comprendido entre el Km 133+000 y el Km 137+000 de la carretera PE-3N, en el distrito de Lajas, provincia de Chota. El problema identificado radica en la vulnerabilidad de los taludes El Ingenio y Tayal frente a condiciones de lluvia, con factores de seguridad (FS) por debajo del valor mínimo normativo, lo que compromete la estabilidad de la vía. La investigación siguió el enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel descriptivo. Se trabajó con una muestra no probabilística conformada por 12 secciones de taludes seleccionados por conveniencia, en los que se modelaron y compararon soluciones estructurales de estabilización. Los resultados mostraron que, en condición estática y sísmica, ambos taludes son estables, pero en condición de lluvia los FS descendieron a 1.47 en El Ingenio y 1.44 en Tayal, siendo crítico el valor de 1.007 en la sección 0+060 de este último. Los muros de concreto armado cumplieron con la normativa técnica, alcanzando FS de hasta 4.91 en deslizamiento y mejoras del 40.96% bajo lluvia. Por su parte, el sistema Terramesh evidenció mejor desempeño en condiciones pluviales, con mejoras de hasta 55.52%. Además, los costos fueron significativamente menores, logrando reducciones de hasta 61.63%. Se concluye que el sistema Terramesh es técnica y económicamente eficiente, siendo una alternativa viable frente a los muros de concreto armado para estabilizar taludes en zonas críticas como Tayal y El Ingenio.

Palabras clave: Muro de Tierra reforzada, factor de seguridad, estática, sísmica, lluvia.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate slope stabilization using reinforced concrete walls and the Terramesh system on the section between Km 133+000 and Km 137+000 of the PE-3N highway in the district of Lajas, province of Chota. The problem identified lies in the vulnerability of the El Ingenio and Tayal slopes to rainy conditions, with safety factors (SF) below the minimum regulatory value, which compromises the stability of the road. The research followed a quantitative, applied, and descriptive approach. A non-probabilistic sample of 12 slope sections selected for convenience was used, in which structural stabilization solutions were modeled and compared. The results showed that, under static and seismic conditions, both slopes are stable, but under rainy conditions, the SFs dropped to 1.47 in El Ingenio and 1.44 in Tayal, with a critical value of 1.007 in section 0+060 of the latter. The reinforced concrete walls complied with technical regulations, reaching FS values of up to 4.91 in sliding and improvements of 40.96% in rainy conditions. For its part, the Terramesh system showed better performance in rainy conditions, with improvements of up to 55.52%. In addition, costs were significantly lower, achieving reductions of up to 61.63%. It is concluded that the Terramesh system is technically and economically efficient, being a viable alternative to reinforced concrete walls for stabilizing slopes in critical areas such as Tayal and El Ingenio.

Keywords: Reinforced earth wall, safety factor, statics, seismicity, rain.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La estabilidad de los taludes, estructuras inclinadas que se encuentran en terrenos naturales o artificiales como carreteras, es fundamental para prevenir deslizamientos de tierra y asegurar la integridad de la estructura. La inestabilidad del talud puede estar influenciada por múltiples factores como la inclinación de la pendiente, el tipo de suelo, la presencia de agua, etc. (Gidon y Sahoo, 2020).

Los muros de concreto armado representan la solución más empleada para estabilizar taludes debido a su resistencia estructural y durabilidad. Estos muros consisten en paneles de concreto reforzado con barras de acero, que se colocan en posición vertical para contener la erosión del terreno y evitar deslizamientos, siendo habitual utilizar muros en voladizo (Gidon y Sahoo, 2020).

Por otro lado, el Sistema Terramesh es una solución innovadora y eficiente para la estabilización de taludes. Consiste en paneles de malla de acero con refuerzo de geotextil que se rellenan con suelo del lugar o material de préstamo. Estos paneles se colocan en posición horizontal para crear una barrera que retiene el suelo y evita deslizamientos (Gutierrez y Montes, 2024).

Siendo así, la elección entre muros de concreto armado y Sistema Terramesh dependerá de las características del terreno, las características geotécnicas y los requerimientos de estabilización (factores de seguridad y probabilidad de falla que se obtenga al modelarlos), además es fundamental considerar cuidadosamente sus beneficios y limitaciones antes de tomar una decisión final (Huang, 2020).

En el Perú, uno de los problemas más comunes en zonas de terreno inclinado son los deslizamientos de tierra. Estos deslizamientos pueden provocar afectaciones materiales, pérdidas humanas y económicas significativas. Para contrarrestar este fenómeno, se implementan diversas medidas de estabilización, entre las cuales se encuentran los muros de contención. En el país, se han implementado diferentes tipos de muros de contención, según las características geotécnicas y topográficas de cada zona. Algunos de los más comunes son los muros en voladizo, que aprovechan su peso para hacer frente a las presiones ejercidas del suelo; siendo estructuras más resistentes y duraderas (Contreras, 2021). Pero actualmente, otro tipo de muros innovadores han surgido como solución con mayor sostenibilidad, siendo estos los muros de tierra reforzada (Sistema Terramesh) de Maccaferri (Gutierrez y Montes, 2024). No obstante, ambos tipos de muros presentan similitudes y diferencias, ventajas y desventajas; siendo así, es pertinente su contrastación en el medio local, para elegir la mejor opción de acuerdo a las características geométricas, topográficas, geotécnicas y climatológicas de cada lugar.

El talud ubicado cerca al centro poblado El Ingenio y el talud ubicado cerca al centro poblado Tayal, ambos en la vía PE-3N (carretera nacional longitudinal de la sierra), entre el distrito de Lajas y el distrito de Cochabamba de la provincia de Chota, presentan problemas de estabilización que representan preocupación constante para las autoridades y la comunidad local, según reporta el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2022). Uno de los principales problemas de estabilización en este talud es la ausencia de gestión de la infraestructura vial, incluyendo la inspección y estabilización periódica de los taludes, lo que se traduce en deslizamientos y hundimientos que pueden poner en

peligro la integridad de la carretera y de quienes transitan por ella. Además, la presencia de lluvias intensas en la zona, propias de la temporada, propicia el debilitamiento del talud (INDECI, 2022); el agua infiltrada en el terreno provoca la saturación de los suelos, aumentando su peso y disminuyendo su capacidad de soporte, lo que incrementa el riesgo de deslizamientos y colapsos en la zona.

Ante esta situación, es fundamental que las autoridades competentes tomen medidas urgentes para garantizar la estabilización del talud del Ingenio y Tayal en la carretera PE-3N. Esto implica la realización de estudios de geotecnia para identificar las causas del problema y diseñar soluciones técnicas adecuadas. No obstante, como se ha mencionado en el texto lo usual es construir muros de concreto armado, pero actualmente el Sistema Terramesh se presenta como una propuesta innovadora que brinda mayor sostenibilidad al entorno, pero la elección de uno u otro método debe basarse en resultados comparativos avanzados, donde se analice su aporte técnico por medio del cumplimiento de los factores de seguridad (FS) en circunstancias estáticas y dinámicas, pero también se puede analizar sus ventajas, desventajas, similitudes, diferencias, para la aplicación de cada método en el lugar.

En otras palabras, hay una ausencia de información sobre las soluciones de estabilización de taludes, en particular la comparación entre muros de concreto armado y Sistema Terramesh aplicados al contexto local del distrito de Lajas en Chota, por ello, se plantea la investigación para conseguir la información acerca de cada uno de estos métodos y su eficiencia en la estabilización del talud el Ingenio y Tayal de la carretera PE-3N del distrito de Lajas, Chota.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál de los sistemas de estabilización, entre muros de concreto armado y sistema Terramesh, resulta más adecuado para la estabilización de taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el factor de seguridad en el talud natural El Ingenio y Tayal en condiciones estáticas, dinámicas y bajo infiltración por lluvias en la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas?
- ¿Cuál es el factor de seguridad que se obtiene al estabilizar los taludes El Ingenio y Tayal mediante el diseño de muros de concreto armado para en la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas?
- ¿Cuál es el factor de seguridad que se obtiene al estabilizar los taludes El Ingenio y Tayal mediante el diseño de muros con sistema Terramesh en la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas?
- ¿Qué diferencias existen en los costos de construcción entre muros de concreto armado y Sistema Terramesh para la estabilización de los taludes El Ingenio y Tayal de la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas?

1.3. Justificación

La investigación sobre la evaluación de estabilización de taludes, en particular la comparación entre muros de concreto armado y Sistema Terramesh, es de suma importancia debido a varios factores. Es fundamental contar con soluciones adecuadas para mantener los taludes estables en diferentes contextos geográficos, geotécnicos y climáticos. Así mismo, la elección entre muros de

concreto armado y Sistema Terramesh como soluciones de estabilización de taludes es clave, ya que cada una de ellas tiene sus ventajas y desventajas en términos de estabilización, mantenimiento e impacto ambiental. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo la investigación comparativa para determinar cuál de las dos opciones es más adecuada en cada caso específico. Además, esta investigación proporciona información valiosa para ingenieros civiles, arquitectos y autoridades competentes que están involucrados en el diseño y construcción de infraestructuras en zonas propensas a deslizamientos; conocer las ventajas y desventajas de cada solución les permitirá tomar disposiciones fundamentales y garantizar la integridad y estabilidad de las estructuras a largo plazo.

1.3.1. *Justificación científica*

La inestabilidad de taludes en el tramo PE-3N Km 133+000–Km 137+000 se ve potenciada por condiciones típicas andinas: pendientes pronunciadas, suelos residuales/coluviales, régimen de lluvias intenso y demanda sísmica. En este contexto, la selección entre muros de concreto armado en voladizo y sistemas Terramesh suele resolverse con criterios parciales o por experiencia local, existiendo escasa evidencia comparativa que integre simultáneamente estabilidad global en estado estático, sísmico y con infiltración.

Esta investigación aporta conocimiento verificable al realizar una comparación controlada de ambas soluciones sobre los mismos perfiles geotécnicos y geométricos (El Ingenio y Tayal), empleando un marco teórico y metodológico reproducible: criterio de Mohr–Coulomb, métodos de equilibrio límite (Bishop/Morgenstern–Price), empuje sísmico pseudoestático, modelación de presiones de poro por infiltración y verificación geotécnica–estructural según RNE (E.050, E.030, E.020, E.060).

El resultado científico esperado es una evidencia comparativa directa (head-to-head) entre muro de concreto armado y Terramesh, bajo el mismo conjunto de cargas y parámetros de suelo, que produzca criterios de selección y rangos de aplicabilidad para condiciones similares (andinas). De este modo, el estudio cierra un vacío aplicado y mejora la toma de decisiones al integrar desempeño geotécnico-estructural y, complementariamente, costos, con trazabilidad de datos y memorias que aseguran replicabilidad.

1.3.2. *Justificación técnica*

La necesidad de contrastar dos técnicas de estabilización de taludes ampliamente utilizadas en la ingeniería, como son los muros de concreto armado y el Sistema Terramesh fundamentaron este estudio. Esta investigación busca determinar cuál de estas dos soluciones es más adecuada en diferentes contextos (estático, dinámico, frente a lluvias) y condiciones geotécnicas locales. No se han encontrado investigaciones previas que hayan comparado de manera detallada y sistemática estos dos sistemas en cuanto a la estabilización de taludes en la provincia de Chota. Esta investigación permite la identificación de la mejor solución para la estabilización de taludes se determina mediante factores de seguridad, probabilidad de falla, forma de volcamiento, entre otros criterios relacionados. Siendo altamente conveniente, ya que proporciona información valiosa para la toma de decisiones en proyectos futuros de estabilización de taludes, permitiendo seleccionar la opción más adecuada en cada caso específico. Los favorecidos por esta investigación serán la comunidad científica, los ingenieros civiles, empresas constructoras, gobiernos locales y la sociedad en general. La comunidad científica contará con información inédita sobre la comparación de dos métodos de estabilización con muros de contención. Los

ingenieros civiles y empresas constructoras se beneficiarán al tener información precisa y actualizada sobre las soluciones de estabilización de taludes, lo que les permitirá diseñar y ejecutar proyectos más seguros. Los gobiernos locales podrán tomar decisiones más acertadas en cuanto a la infraestructura vial y de protección, y la sociedad en general se verá beneficiada con información comparativa local.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la estabilidad del talud natural El Ingenio y Tayal del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas, por medio del factor de seguridad en condiciones estáticas, dinámicas y con infiltración por presencia de lluvias.
- Diseñar el muro de concreto armado para estabilizar los taludes El Ingenio y Tayal del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas.
- Diseñar el muro con sistema terramesh para estabilizar los taludes El Ingenio y Tayal del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas.
- Comparar los costos entre muros de concreto armado y Sistema Terramesh para la estabilización de taludes El Ingenio y Tayal de la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Fernanda et al. (2024) en su investigación “Aumento del valor del factor de seguridad en condiciones existentes y refuerzo del muro de contención tipo gavión Pt. Medco E&P Malaka Block A” tuvieron como objetivo determinar el factor de seguridad del talud PT. Medco E&P Malaka Block A, Ranto Perlak District, East Aceh Regency, Aceh Province en el flujo Siwah ROW STA 2+400 sin y con reforzamiento por muro de contención tipo gavión, en condiciones estáticas, dinámicas y de lluvia. El análisis del factor de seguridad (FS) en los taludes se llevó a cabo utilizando el Método de Reducción de la Resistencia. En las condiciones existentes, el talud experimentó colapso (deslizamiento) con valor de FS de 1.15, que no cumplió con los requisitos del valor del factor de seguridad ($FS \geq 1.25$). Por lo tanto, realizaron el refuerzo en este talud mediante el diseño del muro de contención tipo gavión con altura de 3 m y ancho de 1.5 m. Del análisis con el refuerzo del muro de contención tipo gavión, el valor de FS fue de 1.51, que cumplió con los requisitos del factor de seguridad al reforzar ($FS \geq 1.5$). Por tanto, concluyeron que, el FS aumenta en 32% al reforzar el talud con muro de contención tipo gavión en Pt. Medco E&P Malaka Block A.

Choi et al. (2024) en su artículo científico “Estudio sobre la estabilidad de taludes reforzados con muros de contención tipo panel” tuvieron como objetivo verificar la estabilidad del talud de Yeosu, Corea, por medio del diseño de un muro de contención de cinco etapas, cuyas dos primeras etapas ya han sido construidas pero que muestran afectación por el nivel freático del suelo. Por lo

tanto, para reflejar de forma conservadora las condiciones del nivel freático, colocaron una curva de nivel freático en la parte superior del muro para realizar una evaluación de la estabilidad del talud en el modelamiento digital. Los resultados de la evaluación indicaron que el factor de seguridad durante la temporada de lluvias superó el valor requerido de 1.3, con factor de seguridad calculado de 1.31. Sin embargo, durante eventos sísmicos, el factor de seguridad se determinó en 1.12, por debajo del requerido de 1.3. Concluyeron que, se debe reforzar los muros de contención existentes, construidos durante las etapas uno y dos, mediante métodos como micropilotes con lechada, y realizar trabajos adicionales para asegurar la evaluación precisa de la capa de suelo coluvial.

Azim y Sengupta (2024) en su artículo científico “Evaluación paramétrica para el análisis de estabilidad de taludes inestables reforzados con muro de contención y geotextiles mediante el método de regresión multivariante” tuvieron como objetivo sugerir el refuerzo adecuado para los taludes de corte de la carretera y el terraplén en la carretera Nacional entre Kohima y Jessami, Nagaland, India. El análisis comprende dos secciones transversales típicas (TCS), TCS-1 con taludes de corte en secciones de colina y TCS-2 que involucra un área edificada. El refuerzo diseñado del muro de contención arrojó factor de seguridad de 1.35; sin embargo, el refuerzo por NHIDCL ofreció limitaciones de 3 m de altura y de espacio de tierra. Para los taludes de corte de la carretera, los geotextiles produjeron un talud seguro con factor de seguridad de 1.938 en TCS-1 y factor de seguridad de 7.653 para el terraplén de la carretera en TCS-2. Gracias a la resistencia a la tracción de los geotextiles, el proceso de estabilización se vio controlado, con mejora de la resistencia a la corte impartida y de la tensión normal de los taludes reforzados de aproximadamente el 21 % y el 26 %, respectivamente.

Shiddiq et al. (2024) en su investigación “Análisis del factor de seguridad en la estabilidad de la estructura del muro de contención en la ciudad de Cimahi, Indonesia” tuvieron como objetivo analizar la estabilidad de estructuras de muros de contención en distintas zonas del distrito de Cimahi, Indonesia, aplicando criterios de seguridad estructural conforme a la norma SNI 8640:2017, para determinar la viabilidad técnica de reforzamientos con concreto ciclópeo y pilotes de madera dolken. Utilizaron el método de elementos finitos en dos dimensiones mediante software Slide bajo condiciones de carga estática, con parámetros geotécnicos determinados para diferentes tipos de suelos locales (arcillas tufáceas, arcillas limosas y arenas), donde las condiciones más desfavorables se tomaron en cuenta para el diseño. Los factores de seguridad obtenidos superaron el umbral mínimo de 1.5 en todas las ubicaciones analizadas. Por ejemplo, en RW 26 Cipageran se alcanzaron valores de FS 1.91 a 3.20, mientras que en RW 09 Cipageran el FS promedio fue 1.66 con desplazamiento máximo de 4.9 cm. En el resto de zonas, los FS variaron entre 1.54 y 1.94, confirmando la estabilidad de las estructuras diseñadas. Concluyeron que, la inclusión de pilotes dolken de 1 m reforzaron la resistencia a deslizamientos y volteos.

Torrez (2024) en su tesis “Diseño de un muro de suelo reforzado a nivel estático y dinámico en el tramo Comarapa - Santa Cruz Prog. 431+800” tuvo como objetivo diseñar el muro de suelo reforzado en condiciones estáticas y dinámicas para estabilizar el talud ubicado en el sector crítico del tramo Comarapa - Santa Cruz (Prog. 431+800), aplicando la metodología AASHTO LRFD 2020. Realizó cálculos manuales detallados siguiendo las especificaciones de la normativa AASHTO LRFD 2020 y la Guía Boliviana de Diseño Sísmico, incluyendo tanto estabilidad externa como interna (deslizamiento, capacidad

portante, rotura y arrancamiento de refuerzos), así mismo, la validación de los resultados manuales lo efectuó mediante los softwares GEO5 y MacStars W4.0. Determinó que, en la verificación de deslizamiento la fuerza resistente y actuante fueron respectivamente 835.12 y 525.009 KN/m, la excentricidad máxima y calculada fue 2.667 y 0.201 m, correspondientemente; y en la verificación de la capacidad portante el esfuerzo efectivo fue 288.443 KN/m², para la capacidad portante de 702.45 KN/m², cumpliendo con los criterios de diseño. Concluyó que, el muro de suelo reforzado propuesto cumple satisfactoriamente con los criterios de seguridad tanto estáticos como dinámicos, verificando la estabilidad externa, interna, global y compuesta, así mismo, resultados de los programas GEO5 y MacStars W4.0 coincidieron con los cálculos manuales.

García (2022) en su tesis “Análisis de estabilidad y propuesta de métodos de estabilización para el talud del km 7+500 al km12+000 de la vía Guaranda – Riobamba” analizó métodos de estabilización para el talud del 7.50 al 12.00 km de la carretera Guaranda – Riobamba, en dos sitios compuestos por macizos rocosos en el 8.972 km y 9.50 km. Determinó que, el talud 1 y 2 presentaban factores de seguridad (FS) estático de 1.47 y 1.13, mientras que, dinámico de 0.925 y 0.817. Pero una vez que, se desarrollaba la reconfiguración geométrica combinada con revestimiento, y la alternativa 2 que integra la reconfiguración geométrica junto con muro claveteado el FS estático era 1.72 y 1.79, y el FS dinámico era 1.07 y 1.17 para el talud 1; para el talud 2 con la alternativa 1 y 2, el FS estático era 1.69 y 1.70, mientras que, el dinámico era 1.11 y 1.09. Concluyó que, la alternativa 1 era la más viable. El aporte fue la combinación de diferentes estrategias de control de deslizamiento analizadas en conjunto para garantizar la estabilidad del talud, definiendo finalmente la más viable.

Contreras (2021) en su tesis “Evaluación de alternativas para la estabilización de taludes utilizando geotextil u concreto armado” tuvo como objetivo identificar la tecnología más factible para estabilizar taludes, comparando la estabilidad del talud reforzado con geotextiles o refuerzo de concreto (muro de contención con contrafuertes), de modo que ambos diseños cumplan los criterios de estabilidad. El talud se situó en la Urbanización Privada “Monte Aquarium”, Zona de Lamir Pampa del Departamento de La Paz – Bolivia, del cual el autor determinó sus propiedades topográficas y de mecánica de suelos, y modeló el talud en el programa Geo Studio 12, módulo Slope. Determinando que el talud, por si solo presentaba factores de seguridad menores a 1.25, pero cuando se modelaba el muro de contrafuerte sus factores cumplían con la norma boliviana.

Dewi et al. (2024) en su investigación “Comparación de alternativas de refuerzo de taludes en vías férreas” tuvieron como objetivo comparar las alternativas de refuerzo de vías férreas con estacas de tierra y muros de contención en la línea ferroviaria en el área de operación 9 de Jember. Los parámetros del suelo requeridos se tomaron mediante el método de muestreo inalterado a profundidad de 1.5 m. Para determinar el factor de seguridad de la pendiente, se utilizan dos métodos: el software Plaxis 2D CE V20 de Bentley y el método de Bishop para el cálculo manual. Los resultados arrojan factor de seguridad de 1.19 con Plaxis 2D y de 0.97 con el método de Bishop. Tras la aplicación de clavado de tierra, se determinó que el factor de seguridad alcanzó 1.534, y con el uso de muros de contención, 2.337. Concluyeron que, los resultados de estos dos refuerzos muestran que el factor de seguridad del muro de contención es mayor que el del clavado de tierra; ambos refuerzos cumplen con el límite de 1.5, minimizando el riesgo de deslizamientos en el talud.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Condor (2025) en su tesis “Análisis técnico y económico de muro de concreto ciclópeo y concreto armado para taludes del AA.HH Villa Esperanza - Carabayllo, 2024” tuvo como objetivo comparar técnica y económicamente las soluciones estructurales mediante muros de concreto ciclópeo y concreto armado para la estabilización de taludes en el Asentamiento Humano Villa Esperanza. Realizó la evaluación técnico-económica de ambos tipos de muro a partir de levantamiento topográfico, análisis de condiciones del terreno y diseño estructural adaptado a alturas de taludes entre 3.50 m y 6.50 m. La inversión estimada para muros de mampostería de piedra fue de S/. 1'243,928.80, mientras que para muros de concreto armado ascendió a S/. 1'800,332.61, representando una diferencia de S/. 556,403.81 (equivalente al 35.89%) a favor de la primera alternativa. Técnicamente, ambos diseños cumplen con los criterios de estabilidad; sin embargo, la mampostería ofreció menores plazos de ejecución. Concluyó que, ambas alternativas son viables, pero la mampostería es más rentable.

Gutierrez y Montes (2024) en su tesis “Uso del sistema de suelo reforzado Terramesh como propuesta de mejora del Factor de Seguridad (F.S) mediante el software MACSTAR para la estabilización de los acantilados de la playa Los Delfines del distrito de Miraflores - Costa verde de Lima” tuvieron como objetivo estabilizar el acantilado de la Costa Verde en Miraflores, específicamente el tramo de 200 m frente a la playa Los Delfines, utilizando la técnica de suelo reforzado Terramesh para mejorar el Factor de Seguridad (FS) y reducir el riesgo de deslizamientos. La metodología fue descriptiva y correlacional, con la recopilación y análisis de datos geotécnicos del perfil estratigráfico del talud natural y el relleno estructural, seguido del diseño estructural del talud reforzado

evaluado mediante software MACSTARS W4.0. Propusieron el muro con sistema Terramesh de 28 m de alto, con 2 bloques de 9 capas c/u y 1 bloque de 10 capas, siendo 28 capas en total, con tamaño de gavión de 1 m x 1m, para la longitud total de 15 m. Determinaron que, en condiciones estáticas el muro Terramesh presenta factor de seguridad frente a deslizamiento, vuelvo y capacidad portante de 4.159, 3.00 y 14.62, respectivamente, mientras que, en condiciones pseudo estáticas factor de seguridad frente a deslizamiento, vuelco y capacidad portante de 2.380, 1.859 y 2.737, correspondientemente, cumpliendo con los lineamientos de la norma CE.020. Concluyeron que el sistema propuesto cumplía con los estándares normativos, demostrando su eficacia para mejorar la estabilidad del acantilado y mitigar el riesgo de deslizamientos.

Lujan y Polinar (2024) en su tesis “Estabilización de los Factores Geológicos e Hidrogeológicos de un Sector Crítico Ubicado entre los KM 258+100 y KM 295+300 de la Carretera Puerto Súngaro - San Alejandro, Año 2023” tuvieron como objetivo evaluar la efectividad de estabilizar el talud en los Km 258+100 y Km 295+300. La metodología aplicada incluyó el estudio preexperimental con tres puntos críticos, utilizando observación y ficha técnica para la recolección de datos procesados con SPSS Versión 25. Los resultados mostraron que, sin intervención, la estabilidad en situaciones estáticas y pseudo estáticas era de 0.7440 y 0.4370, respectivamente. Con el Terramesh System, la estabilidad mejoró a 3.625 y 2.747, mientras que el Terramesh Verde mostró valores de 3.956 y 2.770. Concluyeron que ambos sistemas de Terramesh mejoraron la estabilidad global del sector crítico, siendo el Terramesh Verde ligeramente superior, con coeficientes de seguridad más altos.

Chichipe (2024) en su tesis “Análisis técnico - económico entre muro en voladizo y con contrafuerte para estabilizar una plataforma - Chachapoyas” tuvo como objetivo determinar cuál de las dos soluciones estructurales, muro en voladizo o muro con contrafuerte, resulta más adecuada para estabilizar plataforma de vivienda en la ciudad de Chachapoyas. Para ello, recopiló información de estudios de mecánica de suelos, trabajos topográficos y revisión especializada de literatura. El diseño de los muros lo elaboró conforme a las normativas E.030 (Sismo), E.050 (Suelos y Cimentaciones), E.060 (Concreto Armado) y la norma ACI 318-11. Los resultados demostraron que ambos tipos de muro cumplen satisfactoriamente con los criterios de estabilidad estructural; sin embargo, en términos económicos, el muro en voladizo presentó costo de construcción de S/ 106,870.23, mientras que el muro con contrafuerte alcanzó S/ 79,820.34, representando una diferencia del 25.31% a favor de este último. Concluyó que, el muro con contrafuerte se presenta como la alternativa más adecuada, ya que, además de ofrecer buen desempeño estructural, implica un menor costo constructivo en comparación con el muro en voladizo.

Llaique (2022) en su investigación “Evaluación, análisis y estabilidad de taludes con el Sistema Erdox en la carretera PE-28B del km 152+045 al km 152+195 - Kepashiato – Kiteni” tuvo como objetivo estabilizar el talud en el tramo comprendido entre el km 152+045 y el km 152+195 de la carretera PE-28B, en la zona Kepashiato–Kiteni, mediante el análisis comparativo de diferentes sistemas de contención, incluyendo el sistema Erdox. Desarrolló la investigación aplicada de tipo experimental y enfoque cuantitativo, realizando el modelamiento numérico en el software Slide v6.0. El suelo fue clasificado como grava arcillosa con arena (SUCS), con límite de plasticidad de 22.0%, índice de plasticidad de

16.0%, cohesión de 0.36 kg/cm² y ángulo de fricción interna de 38.13°. El factor de seguridad inicial del talud natural fue 0.79, valor que no cumple con los estándares normativos, por lo que se modelaron cuatro sistemas de estabilización. El sistema Erdox alcanzó factor de seguridad máximo de 6.0 y resultó ser la alternativa más económica con costo de S/ 112,724.96, frente al sistema Terramesh (S/ 316,230.13), muros gavión (S/ 169,089.56) y muros de concreto armado (S/ 246,764.52). Concluyó que, el sistema Erdox no solo proporciona alto nivel de estabilidad del talud con factor de seguridad notablemente superior, sino que también representa la alternativa más rentable entre las evaluadas.

Camacho (2021) en su estudio titulado “Determinación del factor de seguridad para comparar técnicas de estabilización de taludes utilizando GEO5 caso: parque El Milagro, Huaraz, Áncash” tuvo como objetivo comparar distintas técnicas de estabilización del talud del parque El Milagro, en Huaraz y seleccionar la solución técnica (factor de seguridad) y económica más adecuada. Realizó el estudio aplicado, con levantamiento topográfico y ensayos de mecánica de suelos, y evaluando tres alternativas: muro de concreto armado, muro reforzado con geosintéticos y muro tipo Terramesh. El muro de concreto armado no cumplió con los requisitos mínimos, obteniendo FS < 1.50 en condición estática y < 1.00 en condición pseudoestática. En contraste, el muro reforzado con geosintéticos presentó FS > 1.50 (estático) y > 1.00 (pseudoestático), con costo estimado de S/ 1,542,054.57. El sistema Terramesh también cumplió técnicamente con el FS, pero su costo fue significativamente mayor: S/ 9,384,865.30. La mejor alternativa para estabilizar el talud del parque El Milagro fue el muro reforzado con geosintéticos, por ofrecer desempeño técnico conforme a la norma CE.020 y representar la solución económicamente viable con reducción de costos de 83%.

2.1.3. Antecedentes regionales

Rojas y Chávez (2024) en su tesis “Estrategias de control del deslizamiento para la estabilidad del talud Llarillaco en la carretera Chota - La Palma, provincia de Chota” tuvieron como objetivo analizar diversas estrategias de control del deslizamiento para mejorar la estabilidad del talud Llarillaco, ubicado entre el km 11+063 y el km 11+363 de la carretera Chota – La Palma. Desarrolló estudio aplicado con enfoque cuantitativo, que incluyó levantamiento topográfico, caracterización geotécnica mediante ensayos SPT, y modelamiento numérico del talud en los programas Slide y Geo5 para analizar cinco soluciones estructurales: modificación de geometría, muro de gravedad, voladizo, contrafuerte, tierra reforzada y anclajes. El análisis reveló que el talud presenta inestabilidad significativa, especialmente entre los km 11+323 y 11+363, donde el factor de seguridad estático fue < 1.00 , mientras que otras zonas presentaban factores estáticos > 1.50 pero insuficientes en condición dinámica. Las soluciones basadas en muros mejoraron los factores de seguridad, pero no alcanzaron los valores exigidos por la norma CE.020. La instalación de anclajes permitió alcanzar factores de seguridad de 1.90 a 2.51 en condición estática y de 1.29 a 1.44 en condición dinámica, logrando la estabilización completa del talud. Concluyeron que, la colocación de anclajes es el método más adecuado debido al mayor incremento en los factores de seguridad (190%) del talud Llarillaco en la carretera La Palma – Chota (Fs estático de 2.51 y dinámico de 1.44).

Fernandez (2022) en su estudio “Evaluación del nivel de riesgo a deslizamiento de taludes mediante los métodos de Taylor y monte Carlo en el tramo Peña de los loros, carretera 3n, Chota”, tuvo como objetivo determinar el nivel de riesgo por deslizamiento de taludes en el tramo Peña de Los Loros, de la

carretera 3N (Lajas – Cochabamba) para evaluar la estabilidad bajo condiciones estáticas, dinámicas y con infiltración, conforme a la norma CE.020. Realizó el modelamiento numérico en el software Slide, considerando distintos escenarios (estático, dinámico, con infiltración), posteriormente, evaluó la alternativa de estabilización basada en mejoramiento químico del suelo con 8% de cemento y anclajes con fuerza de tensado de 25 kN/m. El talud evaluado mostró condiciones de inestabilidad severa: el factor de seguridad promedio en condición estática fue 0.557 y en condición estática con infiltración 0.460; mientras que en condición dinámica fue 0.428, y en dinámica con infiltración 0.347, todos por debajo de los valores mínimos normativos (1.50 y 1.25). Al aplicar la propuesta de estabilización, se obtuvo factor de seguridad estático de 1.024, lo que representa incremento del 128.57% respecto al suelo natural (FS = 0.448). Concluyó que, el talud Peña de Los Loros presenta alto riesgo de deslizamiento, pero la estabilización con suelo tratado químicamente y anclajes mejora significativamente el comportamiento estructural, permitiendo alcanzar condiciones de seguridad más cercanas a lo exigido por la normativa CE.020.

Huaman (2021) en su investigación “Evaluación y control de deslizamiento de taludes entre el km 59 al km 63 de la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios”, tuvo como objetivo determinar las causas de los deslizamientos de taludes y proponer medidas de control. Realizó la investigación aplicada, cuantitativa no experimental, siendo la muestra el tramo que corresponde al km 59 al km 63 de la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios. Como resultado obtuvo factor de seguridad promedio de 1.513. Concluyó que, como medida de mitigación se recomienda el uso de sub drenes en la parte superior del talud para mejorar el drenaje y reducir la inestabilidad.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Resistencia al corte y esfuerzos efectivos (Mohr-Coulomb)

Para suelos con saturación menor del 85% se expresa: (Suárez, 1998)

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \tan \phi' + (\mu_a - \mu_w) \tan \phi^b \quad (1)$$

Dónde: σ_n Esfuerzo normal, μ_a Presión en el aire de los poros, μ_w Presión en poros, ϕ^b Ángulo de fricción igual a pendiente de la curva de succión matricial ($u_a - u_w$) contra resistencia al cortante τ cuando $(\sigma_n - u_a)$ se mantiene constante.

$$(\mu_a - \mu_w) \tan \phi^b = \text{Cohesión aparente debida a la succión} \quad (2)$$

$$(\mu_a - \mu_w) = \text{succión matricial} \quad (3)$$

$$\text{El criterio de falla tiene dos variables de esfuerzos } (u_a - u_w) \text{ y } (\sigma_n - u_a) \quad (4)$$

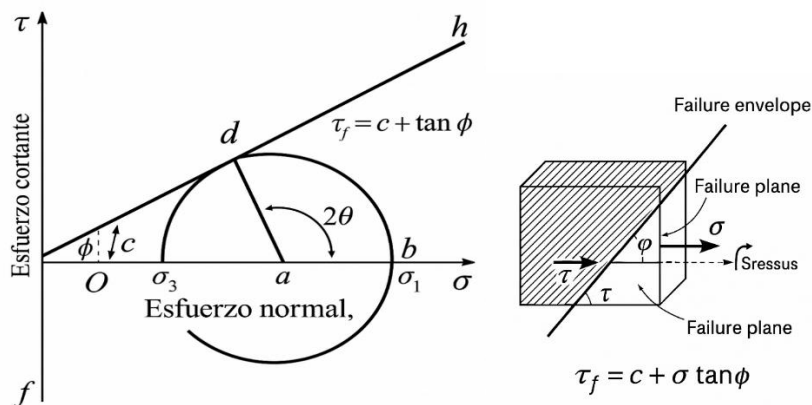
En la ecuación para suelos no saturados, cuando $u_a = u_w$ la ecuación es idéntica a la ecuación original de Mohr-Coulomb para suelos saturados.

$$\tau = C' + (\sigma - \mu) \tan \phi' \quad (5)$$

Donde, τ esfuerzos de resistencia al corte, cohesión, σ esfuerzo normal total, μ presión del agua intersticial o de poros (Suárez, 1998).

Figura 1

Círculo de Mohr y Envolvente de Falla



Nota. El círculo de Mohr permite evaluar la estabilidad del suelo frente a los esfuerzos. Si el círculo toca o sobrepasa la línea de falla ($\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi$), el material alcanza su resistencia al corte y falla; si permanece por debajo, el suelo se mantiene en condiciones seguras (Brajá, 2001).

2.2.2. Estabilidad de taludes por equilibrio límite

El factor de seguridad (FS) es la razón entre resistencias movilizables y sollicitaciones a lo largo de la superficie crítica: (Rodrigo, 2012)

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (6)$$

$$FS = \frac{c' + \sigma' \tan \phi}{c'_d + \sigma'_d \tan \phi_d} \quad (7)$$

Donde, FS factor de seguridad, τ_f resistencia cortante del suelo, τ_d esfuerzo cortante de falla, C cohesión, ϕ ángulo de fricción del suelo.

Tabla 1

Factor de Seguridad para el Análisis de Taludes

FS	AASHTO-LRFD	NAVFAC-DM7	FHWA-NHL-11-032	CE.020
Estático	1.33-1.53	1.50		1.50
Dinámico	1.10	1.20-1.15	1.10	1.25

Nota. (Valiente et al., 2015).

2.2.3. Enlace con la sostenibilidad y costos

La estabilización de taludes es un proceso fundamental para prevenir deslizamientos. En la actualidad, existe una creciente demanda de soluciones sostenibles que, además de garantizar la estabilidad, minimicen el impacto ambiental (Lambert y Bourrier, 2013). Según Saki (2005), la sostenibilidad en las soluciones de estabilización de taludes se refiere a la capacidad de mantener la estabilidad de manera equilibrada, considerando aspectos económicos, sociales y medioambientales. Abramson et al. (2001) señalan que la estabilización debe basarse en estudios exhaustivos que permitan identificar riesgos y diseñar soluciones preventivas, teniendo en cuenta la geometría del talud, el clima y la actividad sísmica del área. En conjunto, la sostenibilidad en la estabilidad de taludes constituye un factor clave, pues considera no solo la seguridad estructural, sino también los impactos ambientales y sociales (Tudorica y Corneliu, 2024).

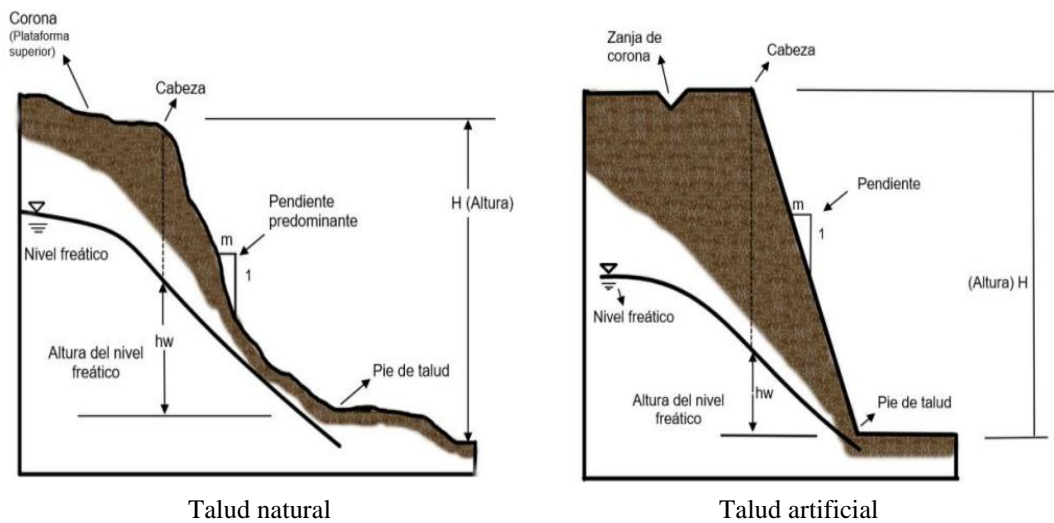
2.3. Marco conceptual

2.3.1. Talud

Superficie inclinada respecto a la horizontal, natural (laderas) o artificial (terraplenes/excavaciones), constituida por suelo, roca o ambos; su naturaleza define el método de análisis y los parámetros a emplear (Valiente et al., 2015).

Figura 2

Representación Gráfica del Talud



Nota. (Vargas, 2023).

2.3.1.1. Tipos de talud

Los tipos de talud más comunes son: (Jamal, 2017)

Talud Natural: pendiente originada por procesos geológicos/geomorfológicos (Jamal, 2017).

Talud artificial: pendiente generada por actividad antrópica (cortes/rellenos) para obras viales y afines (Jamal, 2017).

2.3.1.2. Partes del talud

Las partes del talud son: Cabeza (cambio de pendiente superior), pie (inferior), altura (H), longitud horizontal (L) y pendiente (Hack y Alkema, 2007).

$$\text{Pendiente (\%)} = \frac{H}{L} \times 100, m: 1 \text{ (} m \text{ horizontal por 1 vertical)} \quad (8)$$

2.3.1.3. Características del suelo

El suelo es la capa superior de la superficie terrestre compuesta por minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos (Jimenez, 2017).

a) Propiedades físicas del suelo

- **Contenido de humedad.** Es la cantidad de agua (w) presente en el suelo, relación de su peso (W_w) con su masa total (W_s) (Oyola, 2016):

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (9)$$

- **Peso específico del suelo.** Representa la densidad del suelo comparada con el agua, expresada en kg/m^3 o N/m^3 (Braja, 2001).

$$\text{Peso específico del suelo} = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{Volumen del suelo}} \quad (10)$$

- **Granulometría.** Distribución de tamaños (curva %pasa vs. tamaño) que controla permeabilidad y compacidad (Braja, 2001).
- **Límite líquido.** Humedad en el cual un suelo cambia de un estado plástico a líquido bajo presión (Puvvadi y Sridharan, 1985).

$$LL = W_n * (N/25)^{\tan\beta} \quad (11)$$

$$LL = KW^n \quad (12)$$

Donde, LL Límite líquido del suelo (%), W_n humedad natural del suelo, N Número de golpes, $\tan\beta$ Pendiente de la línea de flujo, $K = 1$ para 25 golpes.

- **Límite plástico.** Humedad crítica en la que un suelo pasa de estado plástico a semisólido (Kenneth et al., 2013).
- **Índice de plasticidad.** Proporciona información sobre la capacidad del suelo para deformarse sin romperse (Mohamad y Rahim, 2012).

$$IP = LL - LP \quad (13)$$

b) Clasificación del sistema unificado de suelos (SUCS)

Es un sistema para clasificar suelos basado en propiedades físicas como granulometría, plasticidad y cohesión. Clasifica los suelos en gruesos y finos, con subgrupos según sus características: (Ortega y Vanegas, 2022).

- Gravas: GW (bien gradada), GP (mal gradada), GM (con limo), GC (con arcilla).
- Arenas: SW (bien gradada), SP (mal gradada), SM (con limo), SC (con arcilla).
- Suelos finos inorgánicos: ML (limos L.L. bajo), MH (limos L.L. alto), CL (arcillas L.L. bajo), CH (arcillas L.L. alto).
- Suelos orgánicos: OL (limos orgánicos), OH (arcillas orgánicas).

c) Propiedades mecánicas del suelo

Cohesión. Es la fuerza interna que mantiene unidas las partículas del suelo, componente no friccional de la resistencia al corte (Gómez et al., 2016).

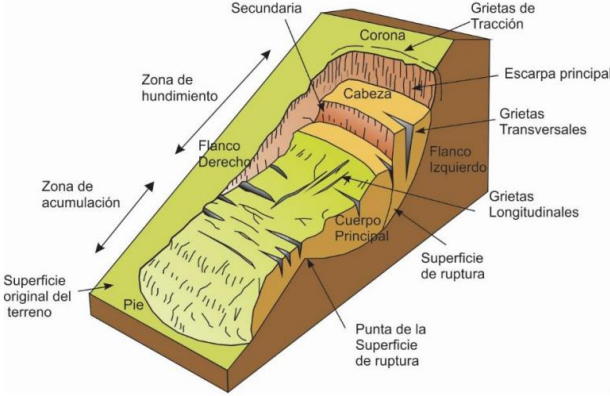

Ángulo de fricción. Ángulo máximo en el que un suelo puede estar en reposo sin deslizarse, aumenta con compacidad, disminuye con saturación (Carmona y Ruge, 2015).

2.3.2. Deslizamiento de taludes

El deslizamiento de taludes es un fenómeno geotécnico que se presenta cuando una masa de suelo, roca u otros materiales pierde su estabilidad y se desplaza cuesta abajo a lo largo de una superficie de falla. Este proceso, común en laderas empinadas, puede ser provocado por factores como la saturación del suelo debido a lluvias intensas, la erosión, la excavación cercana, la actividad sísmica, la presencia de materiales inestables o una inclinación excesiva del terreno (Alonso et al., 2017).

Figura 3

Partes del Deslizamiento y Modos de Falla

Partes del deslizamiento	Modos de falla
	
(Nuñez y Sosa, 2016)	(Vargas, 2023)

Nota. Se detalla en la figura de la izquierda las partes del deslizamiento del talud y a sus derecha los modos o tipos de falla que puede presentar el talud al deslizarse.

2.3.3. Estabilidad de taludes

Capacidad del macizo para mantener el equilibrio frente a cargas estáticas, sísmicas (enfoque pseudoestático) y condiciones de infiltración/lluvia (aumento de presión de poros). Se evalúa mediante el factor de seguridad (FS, adimensional) y el modo de falla (circular, planar, cuña o combinado), considerando geometría del talud, propiedades del suelo y nivel freático (Valiente et al., 2015).

2.3.3.1. Métodos de equilibrio límite

La estabilidad se calcula con métodos de equilibrio límite ampliamente aceptados (p. ej., Fellenius, Bishop simplificado, Janbu, Spencer/Morgenstern-Price), implementados en software especializado. Se reportan FS para escenario estático, sísmico (kh) y lluvia/infiltración, identificando la superficie crítica. Criterios de aceptación usuales: $FS \geq 1.3-1.5$ (estático) y $FS \geq 1.1-1.2$ (sísmico); en lluvia, se comunica la variación del FS respecto al caso seco (Valiente et al., 2015).

Método ordinario – Fellenius. Evalúa la estabilidad del talud mediante el equilibrio de fuerzas que actúan sobre las dovelas, considerando la cohesión, fricción y peso del suelo, pero sin incluir la presión intersticial (Sanhueza y Rodríguez, 2013).

Método de Bishop simplificado. Mejora el método de Fellenius al incluir las presiones de poros y aplicar el equilibrio de momentos, logrando una evaluación más precisa del factor de seguridad para taludes circulares (Sanhueza y Rodríguez, 2013).

$$Tr = Nr * \tan(\phi) + c * \Delta l = Nr * \left[\frac{\tan(\phi)}{FS} \right] + \frac{c * \Delta l}{SF} \quad (14)$$

$$Nr = \frac{W_n + \Delta T - \left[\frac{c * \Delta l}{FS} \right] * \sin(\alpha_n)}{\cos(\alpha_n) + \frac{\tan(\phi) * \sin(\alpha_n)}{FS}} \quad (15)$$

Donde N_n , $N_{(n+1)}$, T_n y $T_{(n+1)}$ son fuerzas, es posible tomar como consideración que las resultantes de N_n y T_n son iguales en magnitud a las resultantes de $N_{(n+1)}$ y $T_{(n+1)}$, y que sus líneas de acción coinciden.

Método de Janbú simplificado. Asume que las fuerzas entre dovelas son horizontales y desprecia las fuerzas de corte, permitiendo un cálculo rápido del factor de seguridad para taludes no circulares con menor complejidad (Gamarra, 2017)

$$FS_0 = \frac{\sum [C' l \cos \alpha + (P - ul) \tan \phi' \cos \alpha]}{\sum P \sin \alpha + \sum kW \pm A \alpha - L \cos w} \quad (16)$$

Método de Spencer. Satisface el equilibrio simultáneo de fuerzas y momentos, considerando interacciones entre dovelas. Es uno de los métodos más exactos para el análisis de estabilidad en taludes complejos (Spencer, 1967).

$$\sum Qi * R * \cos(\alpha - \theta) = 0 \quad (17)$$

Donde: $Q_i=0$, Fuerza de interacción entre las rebanadas. R = radio del arco circular. θ = ángulo de inclinación de la fuerza Q_i .

2.3.4. Soluciones de estabilización de taludes

Se refieren a las medidas y técnicas empleadas para prevenir o reducir el riesgo a deslizamiento en pendientes naturales o artificiales (Valiente et al., 2015).

Modificación geométrica. Consiste en alterar la forma y pendiente del terreno para mejorar su estabilidad, reduciendo el riesgo de deslizamientos mediante cortes, rellenos o suavizado de taludes, garantizando la seguridad en laderas y excavaciones (Sanz y Pascual, 2022).

Muros de contención. Son estructuras que retienen masas de suelo en terrenos inclinados, permitiendo estabilizar el terreno y crear superficies más seguras con distintos diseños y materiales según la necesidad (Sanz y Pascual, 2022). Entre las medidas de estabilización, el presente estudio compara directamente:

- Muro de concreto armado en voladizo (RC).
- Sistema Terramesh (suelo reforzado con geosintéticos).

2.3.5. Análisis y diseño estructural de muros de contención

Proceso que evalúa la capacidad de un muro para resistir las fuerzas que actúan sobre él, garantizando la estabilidad del suelo o agua que contiene. Estas estructuras se emplean para prevenir deslizamientos, controlar la erosión y generar plataformas en distintos niveles del terreno (Ramírez et al., 2019).

Estabilidad por vuelco. Capacidad del muro para resistir el volcamiento debido a las presiones laterales del suelo y las cargas aplicadas (Ramírez et al., 2019).

Estabilidad por deslizamiento. Resistencia del muro a desplazarse horizontalmente debido a las fuerzas laterales del suelo detrás de él (Ramírez et al., 2019).

Estabilidad por capacidad portante. Define la capacidad del suelo para soportar las cargas del muro y de las estructuras que este sostiene (Ramírez et al., 2019).

2.3.6. Muro de concreto armado en voladizo

Un muro en voladizo es una estructura que se sostiene por un extremo y se extiende hacia afuera en voladizo, sin apoyo en el otro extremo. Este tipo de muro es utilizado comúnmente en construcciones donde se requiere una amplia apertura sin columnas u otras obstrucciones (León y Miño, 2014).

Los elementos principales de un muro en voladizo son los siguientes:

Base: Es la parte inferior del muro que se apoya sobre el suelo y distribuye las cargas hacia el terreno subyacente.

Vástago o viga de soporte: Es el elemento estructural que se extiende desde la base hacia el extremo en voladizo. Proporciona resistencia y estabilidad al muro.

Cabezal: Es el refuerzo horizontal ubicado en la parte superior del muro, que ayuda a distribuir las cargas desde el voladizo hacia el cuerpo del muro.

Cuerpo: Es la estructura vertical del muro, que puede ser de concreto, ladrillo u otro tipo de material, y soporta la carga del voladizo y las cargas verticales.

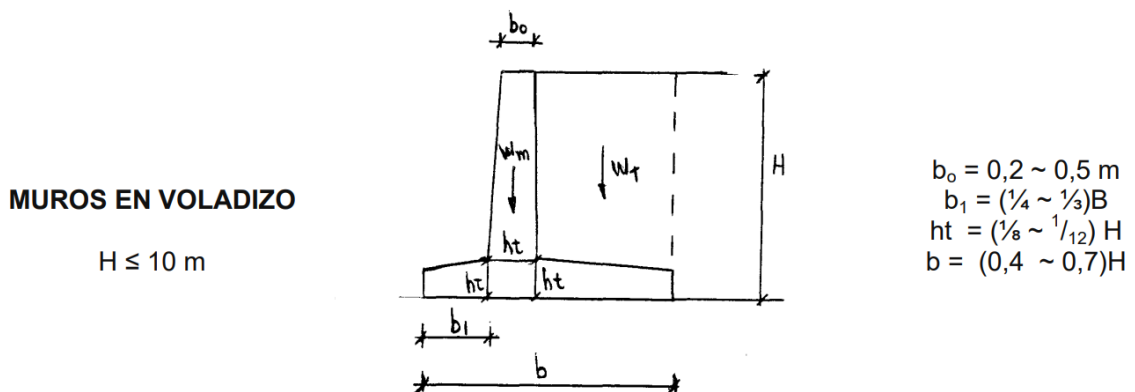
$$b = (0.4 - 0.7) \times H \quad (18)$$

$$ht = (1/8 - 1/12) \times H \quad (19)$$

$$b_1 = (1/4 - 1/3) \times B \quad (20)$$

Figura 4

Requerimientos Geométricos para Muros en Voladizo



Nota. Norma CE.020 (MVCS, 2012).

2.3.7. Sistema Terramesh (muro de tierra reforzada)

El Terramesh se enmarca dentro de los muros de tierra reforzada (MSE): un bloque de suelo compactado reforzado con elementos de tracción (mallas metálicas de doble torsión o geomallas) y una fachada (gavión/malla) que actúa como contención y conexión (Maccaferri, TERRAMESH® SYSTEM, 2013).

2.3.7.1. Componentes principales

(i) Relleno seleccionado y compactado; (ii) refuerzos a tracción (longitud y espaciamiento definidos por diseño); (iii) fachada (gavión/malla) y conexiones refuerzo-fachada; (iv) drenaje (filtro granular/geotextil, aliviaderos/subdren) (Landice , 2018).

2.3.7.2. Tipos de Sistema Terramesh.

Sistema Terramesh vertical. Formado por paneles de malla metálica de alta resistencia dispuestos verticalmente y rellenos con piedra u otro material granular (Maccaferri, TERRAMESH® SYSTEM, 2013).

Sistema Terramesh inclinado. Consiste en una estructura de malla metálica rellena con material granular e instalada sobre una pendiente, se fija mediante anclajes o geotextiles, mejorando la estabilidad y seguridad de zonas con topografía irregular (Maccaferri, TERRAMESH® SYSTEM, 2013).

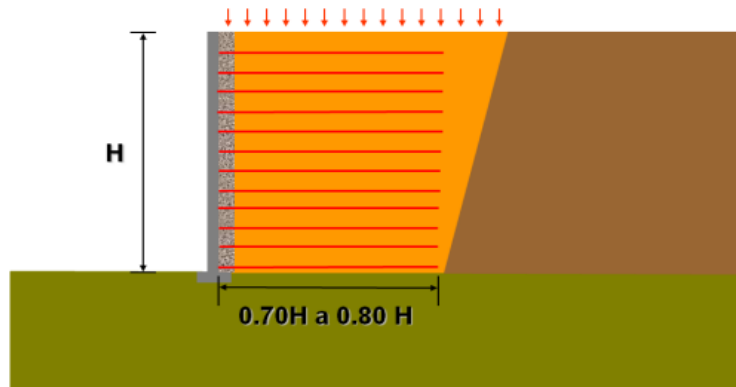
2.3.7.3. Predimensionamiento

- Longitud de refuerzo: $L_r \approx 0.7-0.8H$ (mayor si hay sobrecargas o taludes traseros) (Lara y Bustamante, 2022).
- Espaciamiento vertical de refuerzos: típico 0.4–0.8 m, compatibilizado con compactación y conexiones (Lara y Bustamante, 2022).
- Relleno: granular bien graduado, compactación conforme especificación; limitar finos si el método lo requiere (Lara y Bustamante, 2022).

$$B = (0.70 - 0.80) \times H \quad (21)$$

Figura 5

Requerimientos Geométricos para Muros de Tierra Reforzada



Nota. Adaptado de (Lara y Bustamante, 2022).

2.3.7.4. Criterios de diseño y verificación

El diseño exige verificaciones externas (deslizamiento, volcamiento, capacidad portante y estabilidad global) e internas (rotura por tracción del refuerzo, pullout/arrancamiento, conexión y deslizamiento interno entre capas), además de drenaje (Maccaferri, TERRAMESH® SYSTEM, 2013).

La presión lateral del suelo sobre el muro se obtiene multiplicando la densidad del suelo por su altura y la aceleración de la gravedad ($P = \gamma \times H \times g$). La resistencia a la tracción del geosintético se determina mediante ensayos o datos del fabricante y se emplea para garantizar la estabilidad del muro.

$$P = \gamma \times H \times g \quad (22)$$

Donde P es la presión lateral, γ es la densidad del suelo, H es la altura del muro y g es la aceleración debido a la gravedad.

2.4. Hipótesis

El uso del sistema Terramesh sería más eficiente que los muros de concreto armado en la estabilización de taludes de la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable independiente: Muros de concreto

Los muros de concreto armado son estructuras sólidas y resistentes utilizadas en proyectos de construcción para contener taludes, paredes, estructuras de contención de tierras y otros fines similares. Estos muros están compuestos por concreto reforzado con barras de acero para proporcionar una mayor resistencia y estabilidad (Velarde et al., 2022).

En el estudio, la presencia o ausencia de muros de concreto armado se considera como una variable independiente, ya que en un modelo virtual se puede manipular o controlar para observar su efecto en la estabilización de taludes. Por ejemplo, se compararán los resultados de estabilidad entre taludes con muros de concreto armado y taludes sin este tipo de estructuras (Velarde et al., 2022).

2.5.2. Variable independiente: Sistema Terramesh

El Sistema Terramesh es un método de estabilización de taludes que consiste en un sistema de mallas metálicas modulares rellenas con piedras u otros materiales de relleno. Este sistema se utiliza para prevenir la erosión del suelo, controlar la estabilidad de taludes y proporcionar una superficie segura y resistente (Maccaferri, 2023).

En el contexto del estudio, la presencia o ausencia del Sistema Terramesh se utiliza como variable independiente. Se analiza en un medio virtual (modelo) cómo la implementación de este sistema afecta la estabilidad de los taludes y se comparan los resultados con otros métodos de estabilización para determinar su eficacia (Maccaferri, 2023).

2.5.3. Variable dependiente: Estabilización de taludes

La estabilización de taludes se refiere a los diferentes métodos, técnicas, materiales o estructuras utilizadas para prevenir el deslizamiento de tierra y otros problemas de estabilidad en los taludes. Estas soluciones incluyen diferentes tipos de muros de contención (Sanhueza y Rodríguez, 2013).

La variable dependiente de estabilización de taludes se refiere a la evaluación de la efectividad de las medidas implementadas para estabilizar un talud en particular. Se medirán indicadores como el aumento del factor de seguridad, la reducción de deslizamientos, la mejora en la estabilidad global del talud, la disminución de la probabilidad de falla, entre otros aspectos, para determinar la eficacia de las soluciones aplicadas (Sanhueza y Rodríguez, 2013).

Tabla 2

Matriz de Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Ítem
VI Muros de concreto armado	Los muros de concreto armado son estructuras sólidas y resistentes utilizadas en proyectos de construcción para contener taludes, paredes, estructuras de contención de tierras y otros fines similares (Velarde et al., 2022).	Características topográficas del talud	Pendiente, forma y condiciones del terreno donde se encuentra el talud.	Pendiente	%
				Extensión	m2
				Elevación	msnm
		Características físico mecánicas del suelo	Propiedades mecánicas y geotécnicas del suelo del talud	Granulometría	%
				Límites de consistencia	%
				Peso específico	kg/m3
		Dimensiones	Altura, ancho y espesor del muro de concreto armado.	Cohesión	kg/m2
				Ángulo de fricción	°
				Base	m
				Cabezal	m
				Cuerpo	m
				Estabilidad por vuelco	%
Comportamiento estructural	Capacidad del muro para resistir las cargas a las que está sometido y mantener su estabilidad.	Estabilidad por deslizamiento	%		
		Estabilidad por capacidad portante	%		
VI Sistema Terramesh	El Sistema Terramesh es un método de estabilización de taludes que consiste en un sistema de mallas metálicas modulares rellenas con piedras u otros materiales de relleno (Maccaferri, 2023).	Características topográficas del talud	Pendiente, forma y condiciones del terreno donde se encuentra el talud.	Pendiente	
				Extensión	
				Elevación	
		Características físico mecánicas del suelo	Propiedades mecánicas y geotécnicas del suelo del talud	Granulometría	
				Límites de consistencia	
				Peso específico	
		Dimensiones	Altura, ancho y espesor del sistema	Cohesión	
				Ángulo de fricción	
				Terraplén	m
				Geo sintético	m
				Base	m
				Altura	m
Comportamiento estructural	Capacidad del muro para resistir las cargas a las que está sometido y mantener su estabilidad.	Ángulo de inclinación	°		
		Estabilidad por vuelco	%		
		Estabilidad por deslizamiento	%		
VD Estabilización de taludes	La estabilización de taludes se refiere a los diferentes métodos, técnicas, materiales o estructuras utilizadas para prevenir el deslizamiento de tierra y otros problemas de estabilidad en los taludes. Estas soluciones incluyen diferentes tipos de muros de contención (Sanhueza y Rodríguez, 2013).	Estabilidad del talud natural	Capacidad del talud para mantener su forma y resistir los procesos de deslizamiento.	Estabilidad por capacidad portante	%
				Factor de seguridad estático	Adm.
				Factor de seguridad dinámico	Adm.
		Estabilidad del talud con sistemas de contención	Capacidad de los sistemas de contención, como muros de concreto armado o Sistema Terramesh, para mantener la estabilidad del talud y evitar deslizamientos.	Factor de seguridad con infiltración	Adm.
				Factor de seguridad estático	Adm.
				Factor de seguridad dinámico	Adm.
		Eficiencia de los sistemas de contención	Capacidad de los sistemas de contención para mantener la estabilidad del talud	Factor de seguridad con infiltración	Adm.
				Factor de seguridad estático	Adm.
				Factor de seguridad dinámico	Adm.
Costo de la solución	Determinación del costo de la implementación de las propuestas de contención	Equipos y herramientas	Soles		
		Materiales	Soles		
		Mano de obra	Soles		

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación adopta enfoque cuantitativo porque se fundamenta en la recopilación, análisis y procesamiento de datos numéricos como el factor de seguridad, probabilidad de falla y costos de implementación de las propuestas. Este enfoque permite establecer comparaciones entre los muros de concreto armado y el sistema Terramesh a través de modelamientos computacionales.

El estudio es de tipo aplicado, ya que no se limita a la generación de conocimiento teórico, sino que emplea dicho conocimiento para diseñar, modelar y evaluar técnicamente dos alternativas de estabilización, cuyos resultados pueden ser utilizados por entidades públicas y privadas responsables de la infraestructura.

El nivel de investigación es descriptivo porque se orienta a caracterizar las condiciones geotécnicas de los taludes analizados, así como el desempeño de las soluciones de estabilización evaluadas. A través de esta descripción sistemática, se identifican y comparan las particularidades de cada alternativa constructiva, detallando el comportamiento de los taludes con y sin intervención.

Tabla 2

Tipo de Investigación Según los Principales Criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Descriptivos
Fuente de datos	Primario y secundario
Control de diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Biblioteca, laboratorio, campo

Nota. (Grajales, 2000).

3.2. Diseño de investigación

Esta investigación es de diseño descriptivo causal simple porque busca comparar dos métodos de estabilización de taludes en el Ingenio y Tayal, carretera PE-3N, Cochabamba - Lajas. Es descriptivo porque se pretende comparar los resultados de dos tipos de soluciones de estabilización de taludes: muros de concreto armado y Sistema Terramesh; se busca analizar qué método es más efectivo en este sitio en particular, considerando los factores de seguridad. Por otro lado, es causal simple porque se busca establecer la relación causal entre la variable independiente (tipo de solución de estabilización de taludes) y la variable dependiente (estabilidad del talud); se pretende determinar si la utilización de muros de concreto armado o Sistema Terramesh tiene impacto significativo en la estabilización del talud en el Ingenio y Tayal.

$$M \leftarrow xy \quad (23)$$

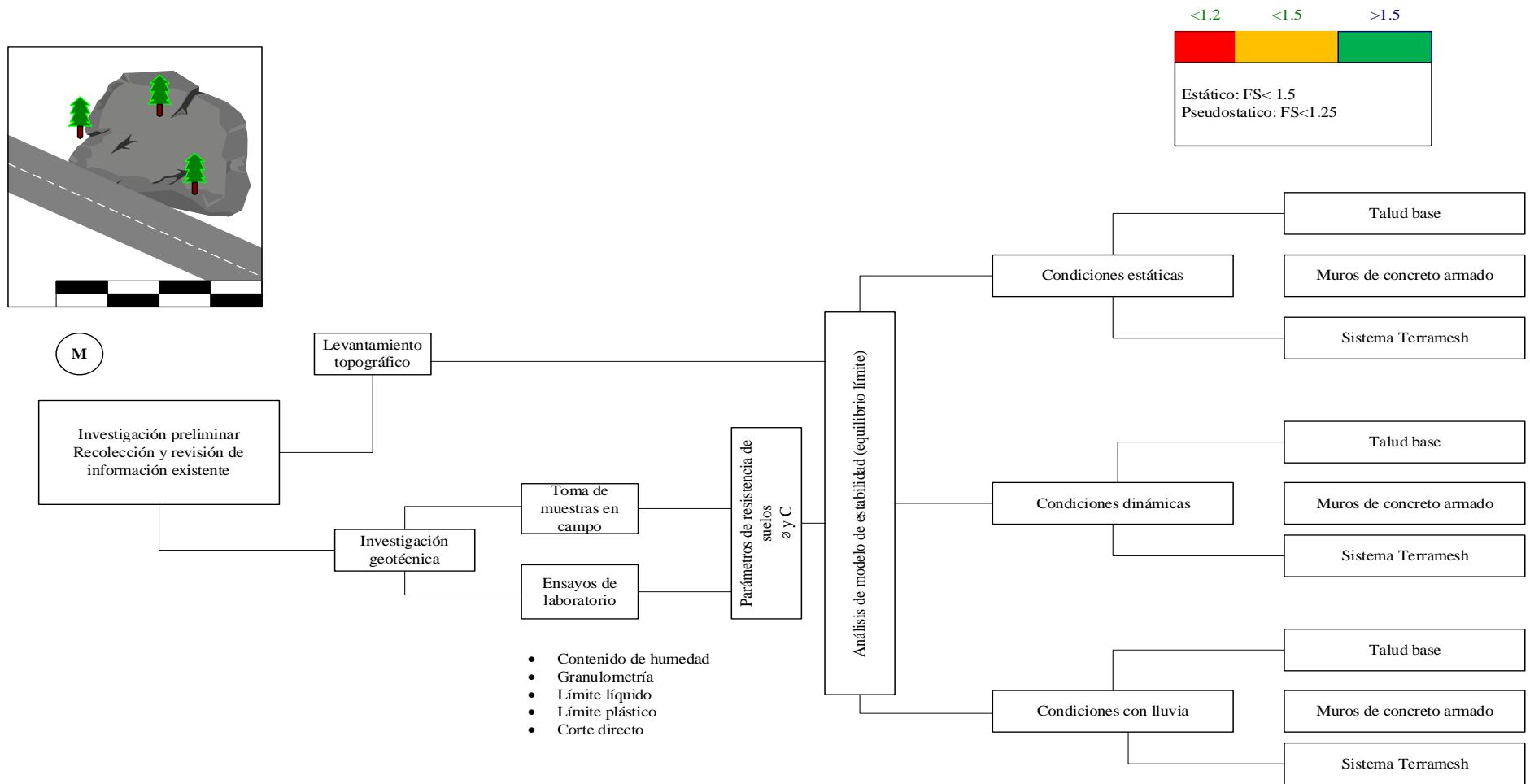
Donde, M muestra, siendo el talud El Ingenio y Tayal, X variable independiente cada tipo de muro, Y la variable dependiente siendo la estabilización del talud.

3.3. Métodos de investigación

La investigación emplea el método sintético-analítico porque integra, el análisis detallado de los componentes individuales que afectan la estabilidad de los taludes, como las propiedades geotécnicas del suelo, la geometría de los taludes y las características estructurales de los sistemas de contención; pero, a la vez utiliza la síntesis de estos elementos para comparar globalmente el desempeño de los muros de concreto armado y del sistema Terramesh. A partir de ello, se construye la visión que permite contrastar la eficiencia de ambas soluciones bajo condiciones estáticas, dinámicas y económicas en el tramo específico de estudio.

Figura 6

Diseño de Investigación Descriptivo Causal Simple



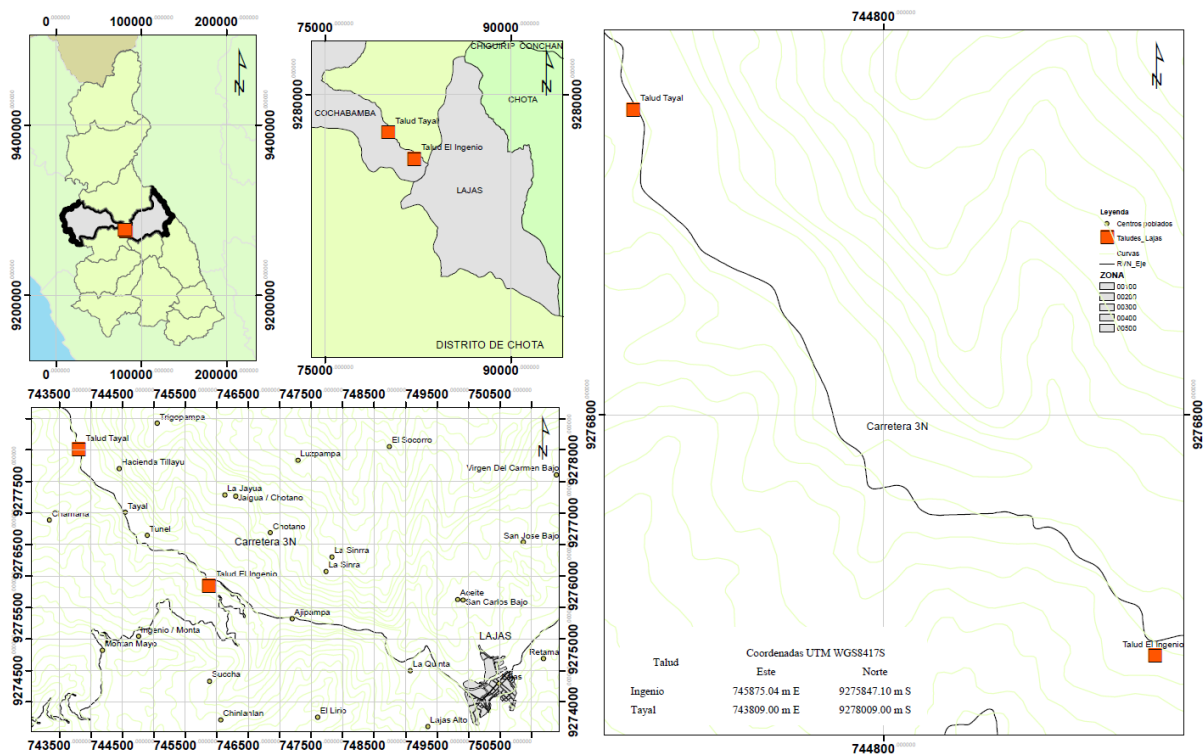
3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

La población está conformada por la totalidad de los taludes existentes en el tramo comprendido entre el Km 133+000 y el Km 137+000 de la carretera PE-3N, en el distrito de Lajas, provincia de Chota.

Figura 7

Mapa de Ubicación de los Taludes en el Tramo del Km 133+000 y el Km 137+000 de la Carretera PE-3N, en el Distrito de Lajas, Provincia de Chota



3.4.2. Muestreo

El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico por conveniencia, dado que la selección de los taludes se realizó en función de su accesibilidad, representatividad geotécnica y la existencia de reportes previos de riesgo de deslizamiento emitidos por el INDECI (2022).

3.4.3. Muestra

La muestra no probabilística seleccionada por conveniencia, corresponde a dos taludes específicos dentro de la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000 del distrito de Lajas: el primero, ubicado en el sector denominado El Ingenio, y el segundo, ubicado cerca al centro poblado de Tayal. Estos dos taludes fueron seleccionados por presentar características representativas de los problemas de inestabilidad en el área, permitiendo aplicar los diseños de estabilización mediante muros de concreto armado y sistema Terramesh.

El primer talud está ubicado cerca del centro poblado El ingenio, siendo el talud denominado Ingenio en la carretera PE-3N, coordenadas UTM WGS84 17S 745875.04 m E, 9275847.10 m S, del distrito de Lajas, provincia de Chota, que requiere estabilización de acuerdo a INDECI (2022). Este talud presenta extensión lineal de 24 m a lo largo del margen de la carretera PE-3N, motivo por el cual se procedió a subdividirlo en 5 secciones de análisis de 6 m cada una.

El segundo talud está ubicado cerca del centro poblado el Tayal carretera PE-3N ubicado en las coordenadas UTM WGS84 17S 743809.00 m E, 9278009.00 m S, del distrito de Lajas, provincia de Chota. A diferencia del talud Ingenio, este sector presenta mayor longitud de 70 m lineales contiguos a la vía PE-3N, razón por la cual se seccionó en 8 segmentos de 10 m cada uno para su análisis. Pero, al igual que el caso anterior, su condición de riesgo fue previamente identificado por INDECI (2022), justificando su incorporación en el estudio.

La sectorización corresponde al total de 12 secciones de estudio dentro del tramo comprendido entre el Km 133+000 y el Km 137+000 de la carretera PE-3N del distrito de Lajas, en las cuales se realiza el modelamiento de las soluciones de estabilización propuestas: muros de concreto armado y sistema Terramesh.

Tabla 3

Descripción General de los Taludes de Estudio

Talud	Coordenadas UTM WGS8417S		Extensión lineal	Número de secciones
	Este	Norte		
Ingenio	745875.04 m E	9275847.10 m S	24 m	5
Tayal	743809.00 m E	9278009.00 m S	70 m	8

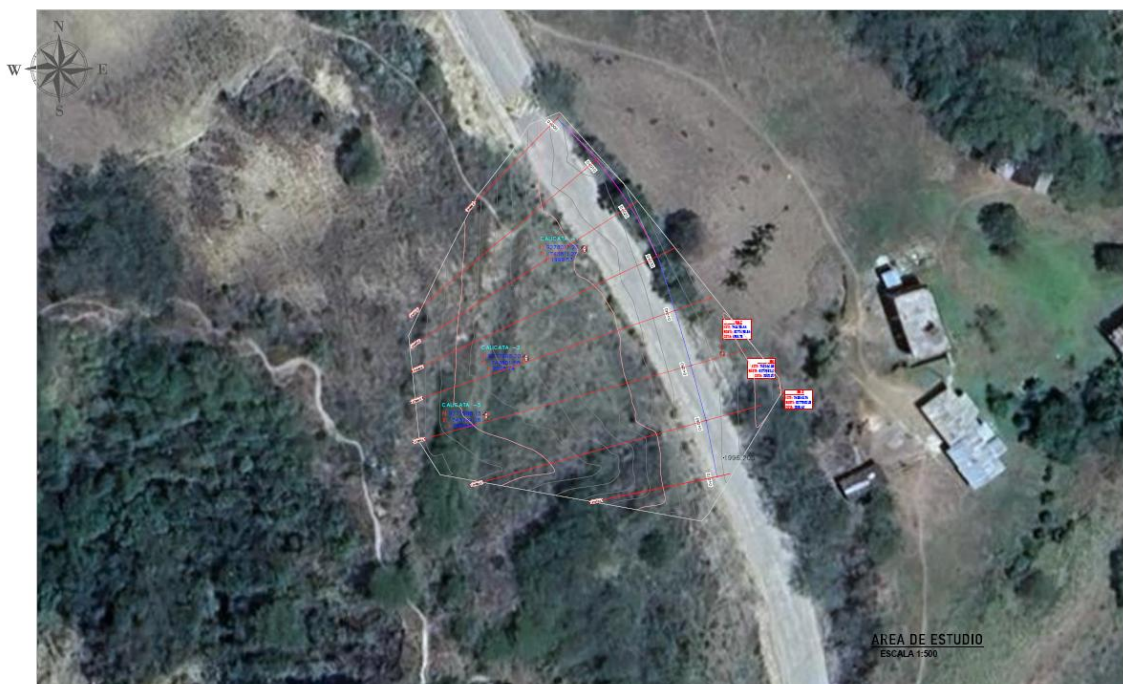
Figura 8

Vista Satelital del Talud El Ingenio en la Carretera PE-3N



Figura 9

Vista Satelital del Talud Cerca de Tayal en la Carretera PE-3N



3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

Observación directa: Consistió en la observación directa de los taludes en el Ingenio y Tayal, carretera PE-3N, Lajas para identificar su estado actual, posibles fallas, y realizar el levantamiento topográfico del área. Se registraron aspectos como presencia de vegetación, drenajes, entre otros.

Revisión documental: Se recopilaron y analizaron documentos previos sobre libros, artículos científicos, normas técnicas peruanas, informes técnicos, estudios de suelos, planos de construcción, permisos de obra, entre otros. Esto permitió tener un contexto sobre las soluciones implementadas y los resultados obtenidos.

Ensayos de mecánica de suelos: Se realizaron ensayos de laboratorio para establecer las propiedades del suelo presente en los taludes, como su granulometría, límites, cohesión y ángulo de fricción.

3.5.2. Instrumentos

Registro fotográfico: Consistió en tomar fotografías de los taludes de la zona de estudio y los procesos efectuados en la investigación. Estas imágenes se utilizaron para documentar visualmente el estado del terreno.

Registro documental: Consistió en recopilar información escrita y registros de diseño y otros aspectos relevantes. Estos documentos fueron utilizados para complementar los datos recopilados de forma visual y técnica.

Formatos de laboratorio de suelos: Son documentos estandarizados en los que se registraron los resultados de pruebas de suelos realizadas en laboratorios especializados. Estos datos fueron fundamentales para entender las características del terreno en el cual se modelarán las soluciones de estabilización y para determinar la efectividad de dichas soluciones.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Proceso de obtención de los datos

3.6.1.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de los taludes se realizó utilizando estación total TOPCON ES-105 GZ1037. Para el caso del talud El Ingenio, tramo Km 0+000 al Km 0+024, se establecieron secciones transversales cada 6 m, mientras que en el talud Tayal, correspondiente al tramo Km 0+000 al Km 0+070, se definieron secciones cada 10 m.

El proceso inició con la instalación de la estación total en puntos de referencia previamente definidos frente a cada talud, y registradas sus coordenadas con el GPS Garmin Etrex 10 de mano. El trípode fue colocado y nivelado cuidadosamente para asegurar la estabilidad del instrumento. A lo largo del área a levantar, se distribuyeron estacas en las posiciones de medición planificadas, asegurando su verticalidad. Posteriormente, se ubicaron los prismas reflectantes en los puntos estratégicos sobre el talud, permitiendo capturar los datos de elevación y posición. Una vez alineada la estación total con cada prisma, se efectuaron las mediciones correspondientes, registrándose sistemáticamente las lecturas en los cuadernos de campo.

Este procedimiento se repitió sucesivamente en cada sección definida de los dos taludes, con el objetivo de obtener un modelo detallado de su geometría superficial. Finalizado el trabajo de campo, los datos fueron procesados y transferidos al software Civil 3D 2024, donde se elaboraron los planos topográficos tanto en planta como en corte transversal.

a) Equipos, materiales e instrumentos

- Estación total TOPCON ES-105 GZ1037
- GPS Garmin Etrex 10
- Trípode
- Estacas
- Prismas reflectantes
- Cuaderno de campo, lapiceros
- Cinta métrica

b) Procedimiento:

- Se instaló la estación total en un punto de referencia establecido previamente.
- Se colocó el trípode en un lugar cercano y se niveló correctamente.
- Se desplegaron las estacas a lo largo del área a ser levantada.
- Se utilizó la plomada para garantizar que las estacas estén en posición vertical.
- Se ubicaron los prismas reflectantes en puntos estratégicos a lo largo del talud.
- Se ajustó la estación total y se enfocó en los prismas para realizar las mediciones.
- Se registraron las lecturas obtenidas en el cuaderno de campo.
- Se repitió el procedimiento en diferentes puntos del talud para obtener una representación precisa de la topografía.
- Una vez completado el levantamiento, se analizaron los datos recopilados para plantear los planos topográficos en planta y de secciones en el programa Civil 3D 2024.

Figura 10

Levantamiento Topográfico en el Talud Tayal



Figura 11

Levantamiento Topográfico en el Talud el Ingenio



3.6.1.2. Excavación, muestra y muestreo de suelos

Para la caracterización geotécnica de los taludes El Ingenio y Tayal, se estableció el número y distribución de puntos de muestreo considerando que no existe una norma peruana o internacional que defina el número exacto de calicatas para estudios de estabilidad de taludes. Por ello, se adoptó como referencia el criterio del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), que recomienda cinco (5) calicatas por hectárea para la investigación de materiales. En correspondencia con las dimensiones reales de cada talud (0.30 ha), el número proporcional se reduce a tres (3) calicatas por talud, lo que cumple con el requerimiento mínimo sugerido para la representatividad espacial de materiales.

Asimismo, la distribución de las calicatas se realizó mediante el método de trincheras, el cual es un procedimiento reconocido en investigación geotécnica para zonas pequeñas, taludes y perfiles donde se requiere continuidad estratigráfica a lo largo de una misma ladera. Bowles (1996) y Caraballo y Silva (2006) sostienen que el muestreo mediante trincheras permite obtener perfiles continuos, lectura homogénea de estratos y ubicación representativa de las capas, siendo recomendable en superficies reducidas o donde el acceso limita la instalación de múltiples puntos independientes.

De acuerdo con Bowles (1996), *“las trincheras permiten observar la variabilidad horizontal del suelo y constituyen una técnica eficaz para laderas pequeñas o zonas donde los cambios estratigráficos deben ser registrados con continuidad”*. En consecuencia, se excavaron tres calicatas por talud, ubicadas secuencialmente a lo largo del mismo nivel topográfico, distribuidas en forma de trinchera, lo que garantiza uniformidad, continuidad estratigráfica y

representatividad del perfil geotécnico, cumpliendo con las recomendaciones técnicas para estudios de estabilidad de taludes en áreas reducidas.

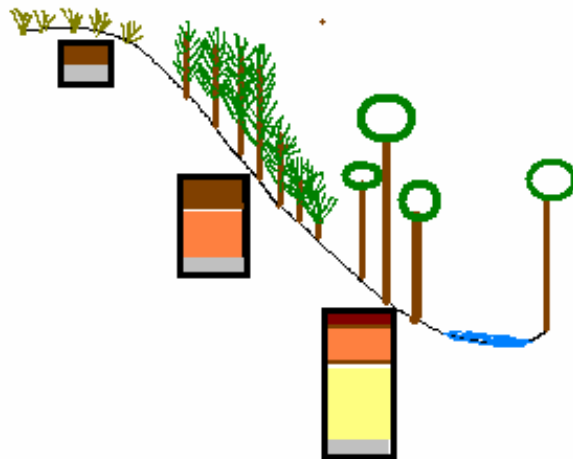
Tabla 4

Coordenadas UTM WGS84 17S de las Calicatas en los Taludes de Estudio

Calicata	Talud El Ingenio			Talud Tayal		
	Este (m E)	Norte (m S)	Altitud (msnm)	Este (m E)	Norte (m S)	Altitud (msnm)
C1	743811.276	9278017.26	1999.534	745861.738	9275889.96	2129.661
C2	743801.076	9277998.20	2005.742	745853.740	9275875.74	2135.479
C3	743794.181	9277988.13	2009.088	745851.436	9275852.79	2142.227

Figura 12

Forma de Realizar Calicatas em Trinchera en un Talud



Nota. (Carballo y Silva, 2006).

Figura 13

Mapa de Puntos de Muestreo en el Talud en el Ingenio de la Carretera PE-3N

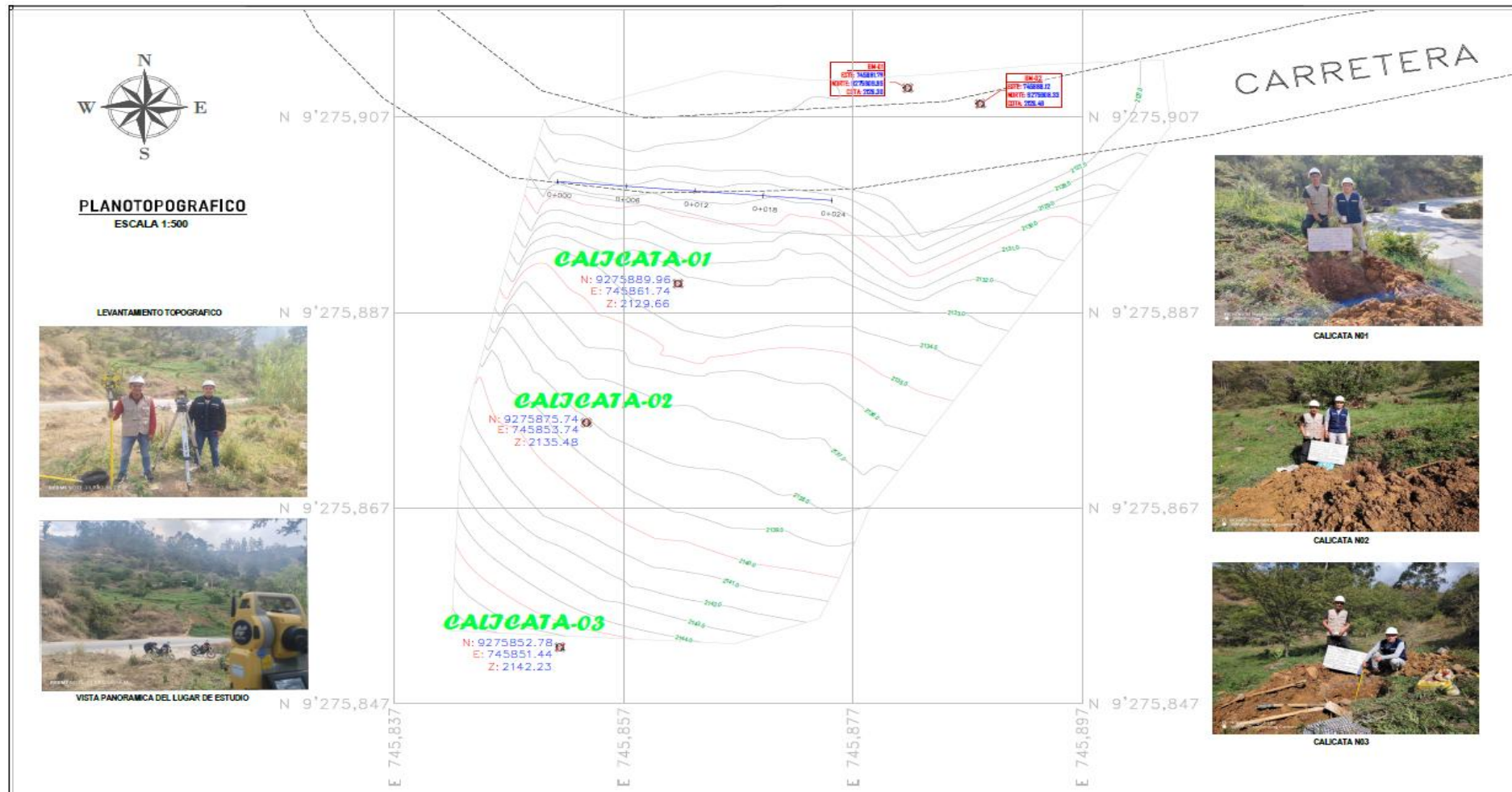


Figura 14

Vista de los Puntos de Muestreo en el Talud en Taya de la Carretera PE-3N

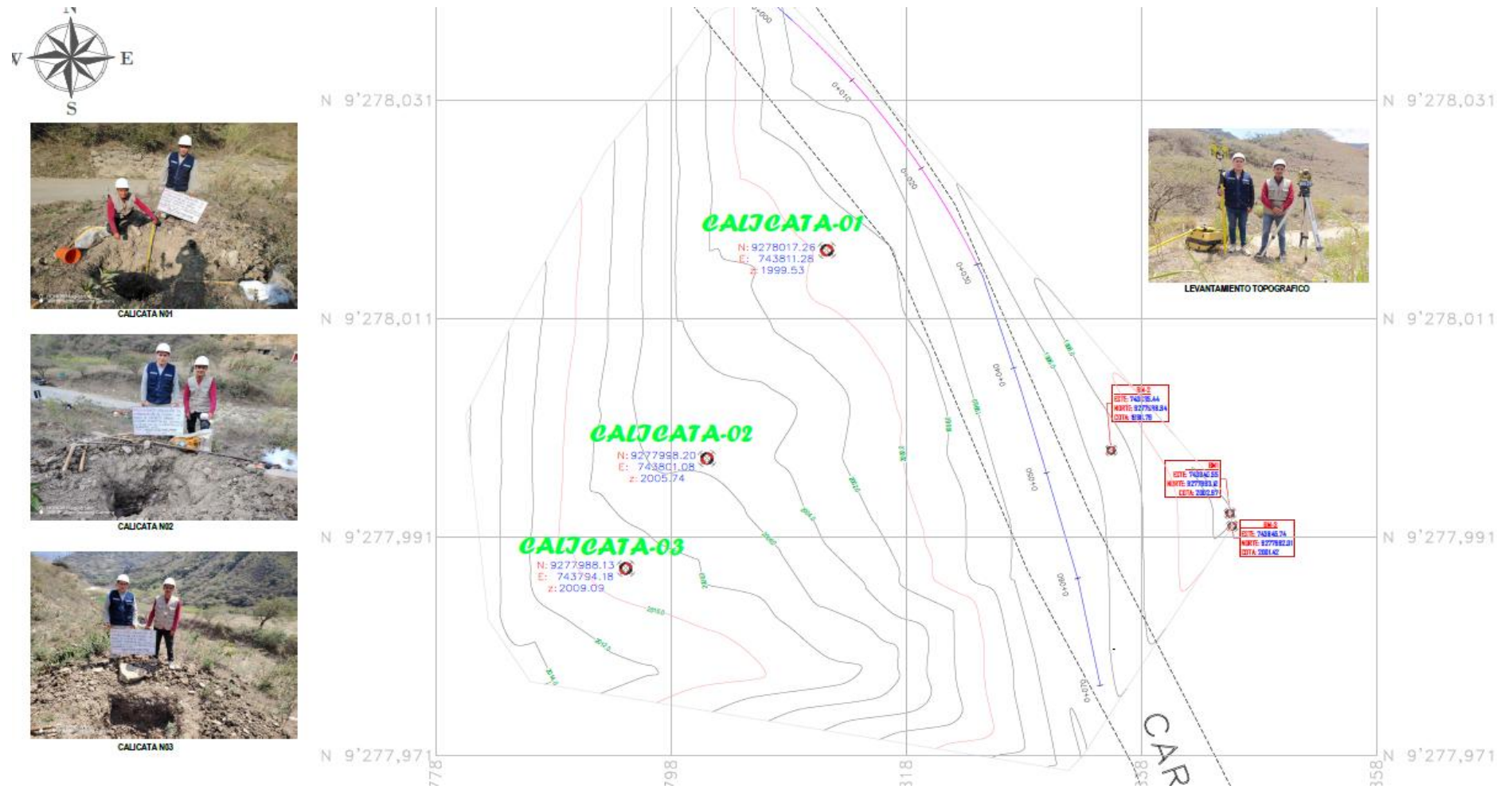


Figura 15

Calicatas en el Talud El Ingenio, Lajas



Figura 16

Calicatas en el Talud Tayal, Lajas



a) Equipos, materiales e instrumentos:

- Palas
- Picos
- Materiales para la marca de las calicatas
- Cinta métrica
- Bolsas para muestras
- GPS Garmin Etrex 10

b) Procedimiento:

- Se definió el número de calicatas a realizar en cada talud, así mismo, se estableció como proceso de realización el método de trincheras.
- Se marcó el lugar donde se iba a realizar la excavación de cada calicata de 2.5 m de profundidad.
- Se utilizaron las palas y picos para realizar la excavación de manera manual de las calicatas.
- Se recolectaron las muestras inalteradas del suelo de acuerdo a cada estrato y se colocaron en bolsas etiquetadas.
- Se continuó la excavación hasta alcanzar los 2.5 m de profundidad.
- Se registró la profundidad y ubicación de las muestras recolectadas, siendo así también se tomó la ubicación de las calicatas con GPS Garmin Etrex 10 de mano.
- Se llenó la calicata con el suelo removido y niveló la superficie.
- Se limpiaron y guardaron las herramientas utilizadas en la excavación.
- Se trasladó las muestras al laboratorio CIEXLIAN S.R.L de la ciudad de Chota, donde se llevó a cabo los ensayos respectivos.

3.6.1.3. Estudio de mecánica de suelos

El estudio de mecánica de suelos se realizó en el laboratorio CIEXLIAN S.R.L de la ciudad de Chota de acuerdo a los procesos de las normas técnicas peruanas: NTP 339.127 para el ensayo de contenido de humedad (INACAL, 2019), NTP 339.128 para el ensayo de granulometría (INACAL, 2019), NTP 339.129 para el ensayo de límite líquido y límite plástico (INACAL, 2019), NTP 339.171 para el ensayo de corte directo (INACAL, 2017).

a) Procedimiento de ensayos de laboratorio

NTP 339.127 para el ensayo de contenido de humedad (INACAL, 2019):

- Se tomó una muestra de suelo y se pesó.
- Luego se hizo el secado en un horno a una temperatura específica hasta que deje de perder peso.
- Finalmente, se pesó nuevamente la muestra seca y se calculó el contenido de humedad.

Figura 17

Proceso de Ensayo de Contenido de Humedad



NTP 339.128 para el ensayo de granulometría (INACAL, 2019):

- Se tamizó la muestra de suelo a través de los diferentes tamices.
- Se pesó el suelo retenido en cada tamiz para determinar el porcentaje de cada fracción.

Figura 18

Proceso de Ensayo de Granulometría



NTP 339.129 para el ensayo de límite líquido (INACAL, 2019):

- Se agregó agua al suelo para formar una mezcla de suelo.
- Se colocó una muestra de suelo en la copa de Casagrande.
- Se separó la muestra de la copa Casagrande con el ranurador.
- Se aplicó los golpes necesarios hasta que la muestra se una.
- Se tomó una muestra de suelo que se ha unido, se pesó y se colocó al horno.
- Se determinó el límite líquido, como la humedad necesaria para cerrar la abertura a los 25 golpes.

Figura 19

Proceso de Ensayo de Limite Líquido



NTP 339.129 para el ensayo de límite plástico (INACAL, 2019):

- Se tomó la muestra de suelo y se amasa hasta obtener una textura homogénea.
- Se moldeó en forma de hilo hasta que se rompió para determinar el límite plástico.
- Se pesó antes y después de salir del horno.

Figura 20

Proceso de Realización del Ensayo de límite Plástico



NTP 339.171 para el ensayo de corte directo (INACAL, 2017):

- Se colocó una muestra de suelo en el equipo de corte directo.
- Se aplicó fuerzas a ambos lados de la muestra y se logró medir la resistencia al corte.
- Se registró los esfuerzos tangenciales, y se determinó la cohesión y el ángulo de fricción del suelo.

Figura 21

Proceso de Realización del Ensayo de Corte Directo



b) Propiedades físico mecánicas de los suelos

En el talud El Ingenio, los resultados de mecánica de suelos indican que predominan suelos clasificados como arcillas de baja a media plasticidad (CL) y una fracción de arena arcillosa (SC), según el sistema SUCS. Los contenidos de humedad varían entre 10.12% y 15.25%, mientras que los límites líquidos fluctúan entre 29.04% y 36.30%, con índices de plasticidad moderados de 12.40% a

15.41%. La densidad húmeda promedio es 1.83 g/cm³, equivalente al peso específico de 17.90 kN/m³. En cuanto a las propiedades de resistencia al corte, la cohesión oscila entre 18.53 y 25.11 kN/m², y los ángulos de fricción interna se mantienen relativamente constantes, entre 23.82° y 24.79°, lo que sugiere comportamiento mecánico relativamente homogéneo dentro del perfil analizado.

Respecto al talud Tayal, los suelos presentan mayor variabilidad textural, predominando las arcillas de baja a media plasticidad (CL) y presencia puntual de gravas arenosas con finos (GC). Los contenidos de humedad se sitúan entre 10.12% y 14.21%, mientras que los límites líquidos alcanzan valores de hasta 39.75%, con índices de plasticidad que varían de 10.29% a 21.54%. La densidad húmeda promedio es 1.83 g/cm³, con peso específico de 17.70 a 18.30 kN/m³. Las cohesiones registradas son superiores a las observadas en El Ingenio, con valores de 26.58 a 32.46 kN/m², mientras que los ángulos de fricción interna muestran mayor dispersión, variando entre 20.02° y 26.46°, lo que evidencia ciertas diferencias en la composición de los materiales en este talud.

Tabla 5

Resultado del Estudio de Mecánica de Suelos en el Talud El Ingenio

Calicata	1	2	3
Humedad (%)	15.25	10.12	12.65
LL	36.30	36.30	29.04
LP	20.89	20.89	16.64
IP	15.41	15.41	12.40
SUCS	CL	CL	SC
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.84	1.82	1.83
Peso específico (KN/m ³)	18.00	17.80	17.90
Cohesión (kg/cm ²)	0.20	0.19	0.26
Cohesión (KN/m ²)	19.42	18.53	25.11
Ángulo de fricción (°)	24.73	23.82	24.79
Profundidad de cimiento (Df) m	1.50	1.50	1.50
Ancho de cimiento (D) m	1.00	1.00	1.00

Calicata	1	2	3
Capacidad de carga última qu			
Cimentación corrida	2.10	1.93	2.68
Cimentación cuadrada	2.68	2.45	3.43
Cimentación circular	2.67	2.45	3.43
Factor de seguridad	3.00	3.00	3.00
Capacidad de carga admisible qadm			
Cimentación corrida	0.70	0.64	0.89
Cimentación cuadrada	0.89	0.82	1.14
Cimentación circular	0.89	0.82	1.14

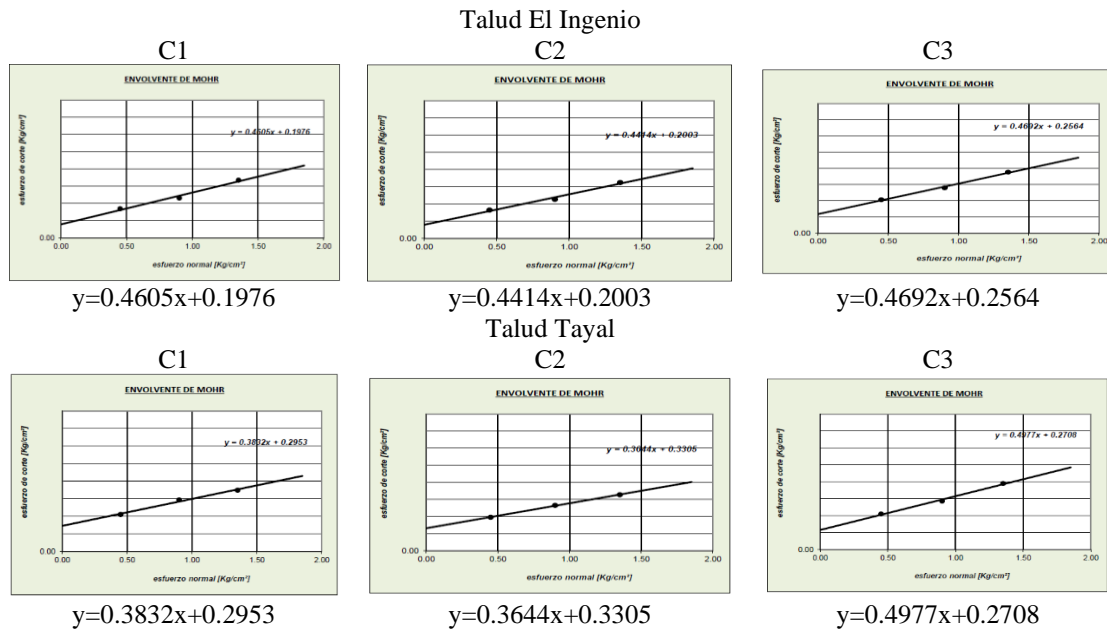
Tabla 6

Resultado del Estudio de Mecánica de Suelos en el Talud Tayal

Calicata	1	2	3
Humedad (%)	12.35	10.12	14.21
LL	32.08	39.75	36.81
LP	21.79	19.14	15.27
IP	10.29	20.61	21.54
SUCS	CL	CL	GC
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.82	1.87	1.80
Peso específico (KN/m ³)	17.80	18.30	17.70
Cohesión (kg/cm ²)	0.295	0.331	0.27
Cohesión (KN/m ²)	28.93	32.46	26.58
Ángulo de fricción (°)	20.97	20.02	26.46
Profundidad de cimiento (Df) m	1.50	1.50	1.50
Ancho de cimiento (D) m	1.00	1.00	1.00
Capacidad de carga última qu			
Cimentación corrida	2.56	2.74	3.07
Cimentación cuadrada	3.29	3.52	3.92
Cimentación circular	3.28	3.52	3.91
Factor de seguridad	3.00	3.00	3.00
Capacidad de carga admisible qadm			
Cimentación corrida	0.85	0.91	1.02
Cimentación cuadrada	1.10	1.17	1.31
Cimentación circular	1.09	1.17	1.30

Figura 22

Envolvente de Mohr de Suelos en el Talud El Ingenio y Tayal



c) Permeabilidad del suelo

En ambos taludes, El Ingenio y Tayal, los coeficientes de permeabilidad obtenidos (entre 10^{-7} y 10^{-6} m/s) reflejan suelos de baja a muy baja capacidad de drenaje, propios de materiales cohesivos, con ligeras variaciones en Tayal por la presencia de gravas arenosas.

Tabla 7

Coefficiente de Permeabilidad en el Talud El Ingenio

Calicata	1	2	3
SUCS	CL	CL	SC
Coefficiente de permeabilidad	1^{-7}	1^{-7}	1^{-6}

Nota. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2021).

Tabla 8

Coefficiente de Permeabilidad en el Talud Tayal

Calicata	1	2	3
SUCS	CL	CL	GC
Coefficiente de permeabilidad	1^{-7}	1^{-7}	1^{-6}

Nota. Los coeficientes de permeabilidad se han definido en base al tipo de suelo de acuerdo a la

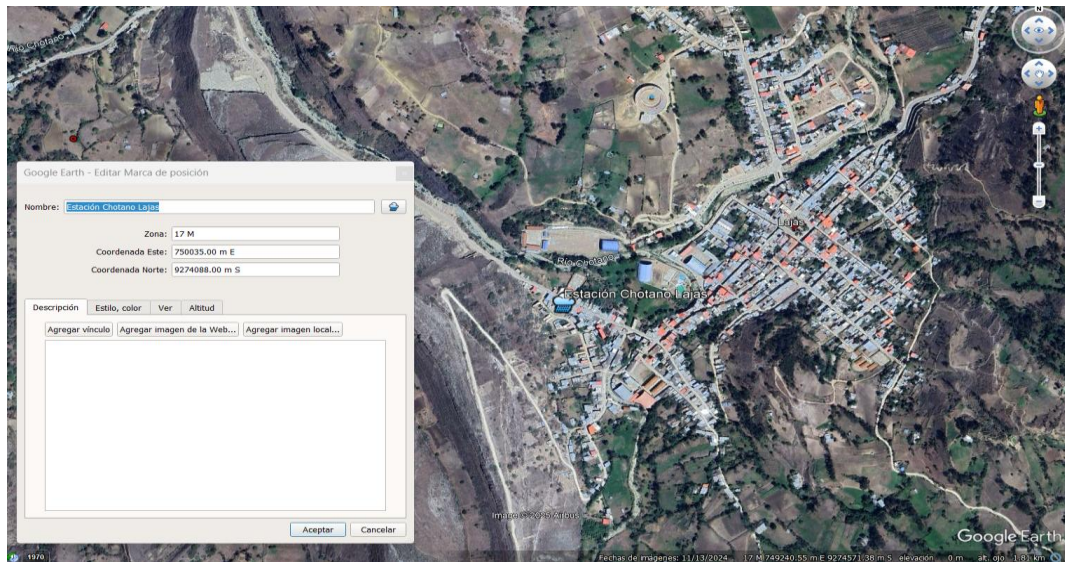
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2021).

3.6.1.4. Análisis de intensidades máximas

Para el análisis de intensidades máximas se utilizó información pluviométrica proveniente de la estación Chotano Lajas, proporcionada por el SENAMHI (2023). Esta estación, localizada en las coordenadas UTM WGS84 17S: 750035.00 m E y 9274088.00 m S, a una altitud de 2163 msnm, cuenta con registro histórico de 1986–2023, acumulando 37 años (ver Anexo).

Figura 23

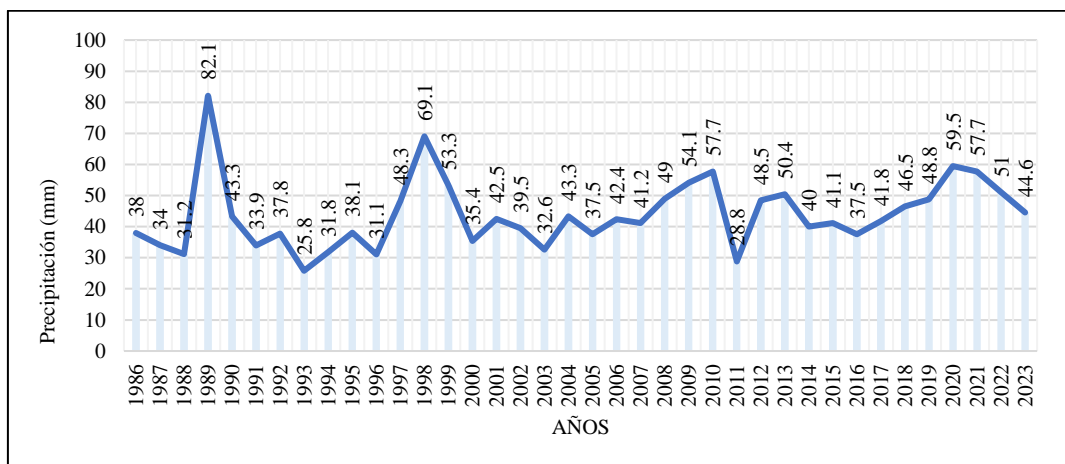
Ubicación de la Estación Chotano Lajas



Nota. Google earth 2025.

Figura 24

Precipitaciones Máximas de la Estación Chotano Lajas

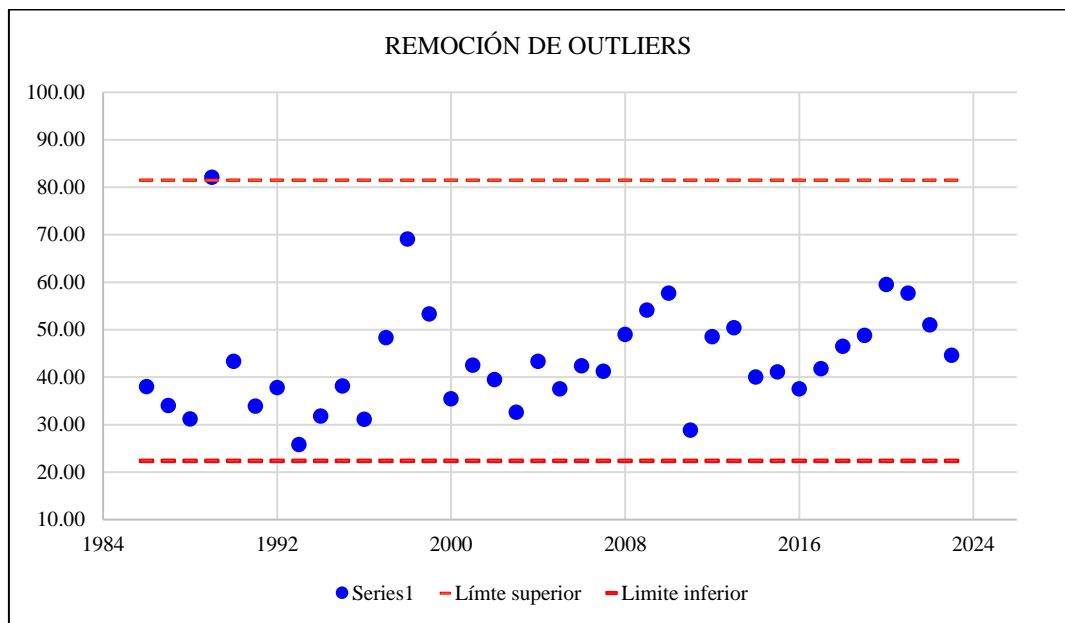


a) Análisis de datos atípicos (outliers)

Se ha analizado la consistencia de la información pluviométrica por la prueba de datos dudosos (outliers), verificando que en la Estación Chotano Lajas se encontraron datos atípicos para el año 1989 donde presenta precipitación de 82.10 mm/hr.

Figura 25

Análisis de Datos Atípicos para la Estación Chotano Lajas



Nota. Precipitaciones dadas por Senamhi para la estación Chotano Lajas.

b) Corrección de P_{Pmáx 24 horas}

Siguiendo las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se aplicó un factor de amplificación de 1.13 para corregir los valores históricos de precipitación máxima diaria (P_{máx 24 h}).

c) Análisis de frecuencias

El análisis de frecuencias realizado con el software HidroEsta permitió evaluar diversos modelos probabilísticos, encontrándose que todos los modelos analizados presentaron ajuste aceptable al nivel de significancia del 5%, siendo el modelo Gamma generalizado de tres parámetros el que mostró el mejor ajuste (Δ

= 0.0529). Con base en este modelo se estimaron las precipitaciones máximas de 24 horas para distintos periodos de retorno, obteniéndose valores que van desde 47.43 mm para 2 años hasta 81.28 mm para 175 años, siendo estos resultados fundamentales para definir las cargas de infiltración a considerar en los análisis de estabilidad de los taludes bajo condiciones de precipitación extrema.

Tabla 9

Análisis de Modelos de Distribución de la Estación Chotano Lajas

Distribución teórica de probabilidades	Estimación de parámetros		
	Método de momentos lineales		
	Δ teórico	Δ tabular	¿Se ajustan los datos?
Normal	0.0883	0.2236	Sí
Log-Normal de 2 parámetros	0.0566	0.2236	Sí
Log-Normal de 3 parámetros	0.0608	0.2236	Sí
Gamma (2 parámetros)	0.0592	0.2236	Sí
Gamma generalizada (3 parámetros)	0.0529	0.2236	Sí
Gumbel	0.078	0.2236	Sí
Log-Gumbel	0.098	0.2236	Sí

Tabla 10

Análisis de Frecuencia de las Precipitaciones al Nivel de Significancia del 5% para la Estación Chotano Lajas

Periodo de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia q	Precipitación correspondiente XT (mm)
2	0.500	47.43
5	0.200	57.10
10	0.100	62.78
20	0.050	67.80
30	0.033	70.53
50	0.020	73.81
80	0.013	76.70
100	0.010	78.03
140	0.007	80.00
175	0.006	81.28

d) Transferencia de datos

Mediante la aplicación de la fórmula de Ortiz et al. (2016), se transfirieron los datos de precipitación máxima de 24 horas de la estación Chotano Lajas a la altitud media de los taludes en estudio, obteniendo un factor de corrección de 0.987. Como resultado, las precipitaciones máximas corregidas disminuyen ligeramente respecto a los valores originales. Por ejemplo, para un período de retorno de 50 años, la precipitación máxima corregida es de 72.87 mm/24 h, equivalente a 0.07 m/día, valor que se utilizó posteriormente como carga de infiltración en los análisis de estabilidad de los taludes (ver Anexo).

Tabla 11

Precipitación Máxima de 24 horas (mm) para Diferentes Tr de la Estación

Chotano Lajas

Periodo de retorno T (años)	P Máx (mm/24h)	P Máx corregida (mm/24h)
2	47.43	46.83
5	57.10	56.37
10	62.78	61.98
20	67.80	66.94
30	70.53	69.63
50	73.81	72.87
80	76.70	75.72
100	78.03	77.04
140	80.00	78.98
175	81.28	80.25

e) Elección del nivel de riesgo (R) y tiempo de retorno (Tr)

El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (MTC, 2018) indica que el riesgo de falla admisible se relaciona con el período de retorno Tr y la vida útil n de la obra mediante:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^n \quad (24)$$

y presenta la Tabla de valores de T para distintos R y n, tomada de Monsalve (1999).

Tabla 12

Valores Máximos Recomendados de Riesgo Admisible de Obras de Drenaje

Tipo de obra	Riesgo admisible (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso de quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas ribereñas	25

Nota. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC, 2018).

Además, el mismo Manual recomienda valores máximos de riesgo admisible según el tipo de obra hidráulica. Para drenaje de plataforma (a nivel longitudinal) y subdrenes establece riesgo admisible de 40 %; y propone vidas útiles de referencia: $n = 25$ años para alcantarillas de quebradas importantes y $n = 15$ años para alcantarillas menores y drenaje de plataforma/subdrenes.

En este caso, las obras de estabilización (muros de concreto armado y sistema Terramesh) están asociadas a la protección de una carretera nacional y tienen un carácter estructural y de alto costo de reposición. Es razonable assimilarlas a obras de importancia similar a las “alcantarillas de quebradas importantes”, adoptando una vida útil de diseño $n = 25$ años (en lugar de 15 años), valor que varios estudios viales utilizan para estructuras de protección y drenaje mayor.

Si se fija:

- Vida útil= 25 años
- Riesgo= 0.40

Tabla 13*Valores de Período de Retorno Tr (años)*

Riesgo admisible (R)	Vida útil de las obras (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	496	990	2486	4975	9950	19900	39800
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1900
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	75	149	298
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Nota. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC, 2018).

Con Tr de 50 años:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{50}\right)^{0.25} = 0.40 \quad (25)$$

es decir, $R = 0.40 = 40 \%$, que coincide con el riesgo admisible máximo recomendado para drenaje de plataforma y subdrenes (40%) por el MTC (2018).

Por lo tanto, se declara explícitamente:

Vida útil adoptada para las obras de estabilización: $n=25$ años.

Riesgo de falla admisible: $R=0.40$ (40 %).

Esta combinación es coherente con un periodo de retorno del orden de 50 años, compatible con los criterios del Manual MTC (2018) y la tabla de Monsalve (1999).

Así mismo, Flores Berenguer et al. (2023) analizaron la estabilidad de taludes de presas de tierra homogéneas bajo lluvia, considerando 10 suelos arcillosos no saturados y aplicando tormentas de 12 y 24 h con períodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años, evaluando el factor de seguridad y el tiempo de falla del talud aguas abajo.

f) Precipitación máxima para el análisis de estabilidad de taludes con influencia de la precipitación pluvial

Para un período de retorno de 50 años, la precipitación máxima corregida obtenida para la estación Chotano Lajas es de 72.87 mm/24 h, equivalente a 0.07 m/día. Este valor representa un evento extremo de lluvia de baja frecuencia, pero alta magnitud, coherente con el riesgo admisible adoptado para obras viales y con los criterios hidrológicos establecidos por el MTC. La magnitud de esta precipitación es relevante en el análisis de estabilidad de taludes, pues define la carga de infiltración crítica que actúa sobre los materiales del macizo, incrementando las presiones intersticiales y reduciendo la resistencia al corte. Por ello, el valor de 0.07 m/día se emplea como condición de saturación máxima esperada durante una tormenta severa, permitiendo evaluar el comportamiento del talud bajo escenarios de precipitación extrema y asegurar que las soluciones de estabilización propuestas (muros de concreto armado y sistema Terramesh) mantengan factores de seguridad adecuados durante eventos pluviales significativos.

Tabla 14

Precipitación Máxima para el Tiempo de Retorno de 50 años de la Estación

Chotano Lajas para el Análisis de Taludes de Lajas

Periodo de retorno T (años)	Precipitación máxima corregida (mm/24h)	Precipitación máxima corregida em m/día
50	72.87	0.07

3.6.1.5. Análisis de factor sísmico

En el análisis pseudoestático de estabilidad de taludes se incorpora la aceleración sísmica máxima mediante la aplicación de coeficientes horizontales y verticales. La aceleración horizontal máxima de diseño (A_{max-d}) se calculó como el producto del factor de zona sísmica y el coeficiente de suelo (S). No obstante, siguiendo las recomendaciones de AASHTO y FHWA, respaldadas por Valiente et al. (2015), el valor de A_{max-d} debe ser reducido a la mitad para obtener el coeficiente pseudoestático aplicable al análisis dinámico. Conforme a la norma E.030 (MVCS, 2018), el distrito de Chota se ubica en la zona sísmica 2, asignándosele un factor sísmico de 0.25. El factor de amplificación sísmica del suelo se definió en 1.20, al tratarse de un suelo intermedio clasificado como S2, lo que permitió calcular A_{max-d} en 0.300. Finalmente, considerando los criterios de reducción propuestos, se adoptó un coeficiente pseudoestático (Ad) de 0.150 para el desarrollo del análisis dinámico de estabilidad.

$$A_{m\acute{a}x-d} = \text{Factor sísmico de zona} \times S \quad (26)$$

$$\text{Factor sísmico de zona} = \text{Zona 2} \quad (27)$$

$$\text{Zona 2} = 0.25 \quad (28)$$

$$\text{Factor de amplificación del suelo (S)} = S2 \quad (29)$$

$$\text{Suelos intermedios S2} = 1.20 \quad (30)$$

$$A_{m\acute{a}x-d} = 0.25 \times 1.20 = 0.300 \quad (31)$$

$$Ad = \frac{A_{m\acute{a}x-d}}{2} \quad (32)$$

$$Ad = \frac{0.300}{2} \quad (33)$$

$$Ad = 0.150 \quad (34)$$

3.6.2. *Procesamiento de datos*

3.6.2.1. *Modelamiento del talud natural en SLIDE*

a) Datos preliminares

Se procesó los datos topográficos en Civil 3D 2024, a fin de obtener las secciones de cálculo de ambos taludes. En el talud El Ingenio se tuvo cinco secciones de análisis cada 6 m, del km 0+000 al km 0+024, mientras que, en el talud Tayal se tuvo ocho secciones de análisis cada 10 m, del km 0+000 al km 0+070. Estas secciones fueron exportadas al programa Slide, donde también se utilizaron los datos de las propiedades físicas (peso específico) y mecánicas (cohesión y ángulo de fricción) de los suelos de cada talud, determinados de acuerdo a los ensayos de laboratorio para los diferentes estratos de análisis.

b) Condiciones para el análisis del deslizamiento

De acuerdo a Medina y Cartaya (2018) el deslizamiento se da cuando las fuerzas actuantes son superiores a las fuerzas resistentes, lo importante es determinar el factor de seguridad.

$$F.S. = \frac{\sum \text{Resistencia al disponibles al cortante}}{\sum \text{Esfuerzos al cortante}} \quad (35)$$

c) Métodos de cálculo de taludes

Son teorías que estudian la estabilidad o posible inestabilidad del talud, siendo así los métodos que se aplicaron en el estudio son: (Medina y Cartaya, 2018)

- Método simplificado de Bishop (1955)
- Método de Janbú (1955)
- Método de Spencer
- Método de Fellenius ordinario
- Método de Morgenstern – Price

d) Tipos de análisis de estabilidad de taludes

- **Análisis estático.** Se realizó el análisis estático frente a las características del peso propio del talud y de las características del suelo que, lo compone.
- **Análisis dinámico.** Para el análisis dinámico de estabilidad de taludes se determinó la aceleración máxima por sismo. Donde, la aceleración horizontal máxima de diseño (A_{max-d}) se obtuvo multiplicando el factor de zona sísmica por un coeficiente de suelo (S), pero en AASHTO y FHWA se recomendó reducir a la mitad el valor de A_{max-d} calculado, para así obtener la aceleración horizontal y vertical pseudo estática (Valiente et al., 2015).
- **Análisis de deslizamiento activados pro lluvias.** Es común que los deslizamientos se den en la temporada de lluvias, en este caso se consideró la precipitación pluvial, para ello, se utilizó la data meteorológica de la estación más cercana al lugar de estudio (Estación Chotano Lajas).

e) Softwares usados para el cálculo de la estabilidad en taludes

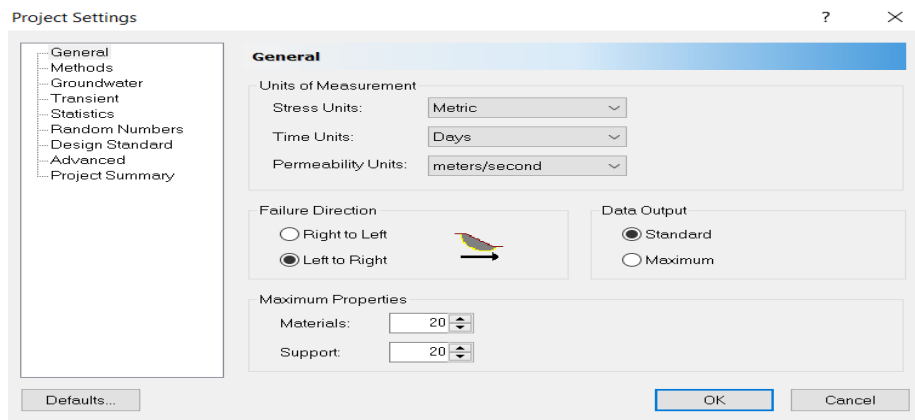
De acuerdo a Medina y Cartaya (2018) existen diferentes programas de modelamiento del deslizamiento de un talud, entre ellos los programas más usuales son: Slide, Geo5, Slope y CingCivil. De ellos, se destaca Slide que es un programa que usa métodos de equilibrio del límite 2D, de fácil manejo, para todos los tipos de terreno, así mismo, incluye la construcción del análisis finito, el análisis probabilístico, modelado multi panorama y soporte de diseño. Siendo así, se utilizó este programa para el modelamiento del talud.

f) Modelamiento en Slide

- Se inició definiendo las características del modelo: geometría, unidades.
- Se agregaron los parámetros del proyecto como por ejemplo Dirección de la Falla, Unidades, Métodos de Análisis y Método del Agua Subterránea.

Figura 26

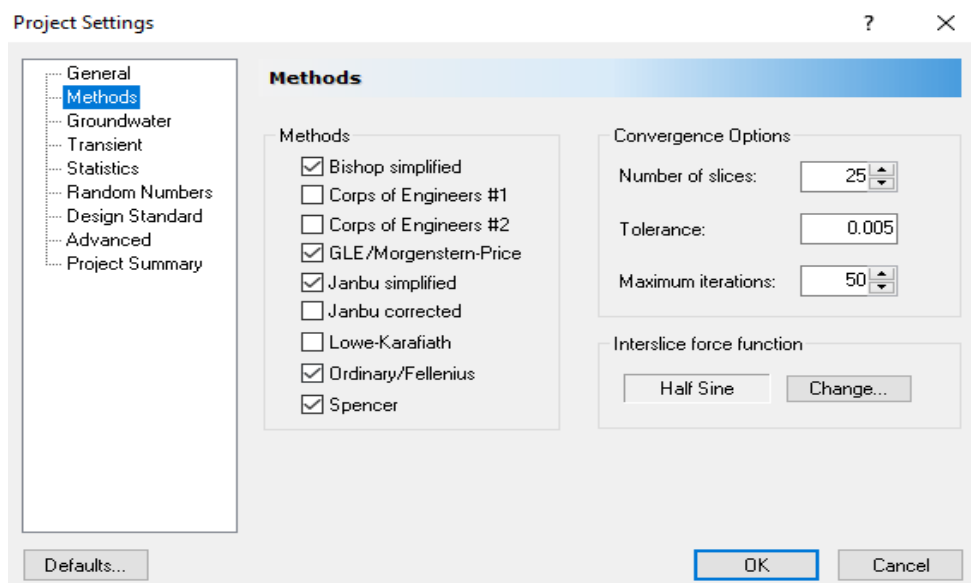
Definición de las Características del Modelo en Slide



- Se ingresaron los límites: El primer límite o frontera que debemos definir para cualquier modelo en Slide es el externo. El Límite Externo (“External Boundary”) en el Slide es una polilínea cerrada que abarca toda la región que usted desea analizar.
- Se definió el método de análisis. Los Métodos de Análisis que vienen programados por defecto en el programa son los métodos de equilibrio límite de Bishop y de Janbú, pero se puede agregar más métodos de análisis.

Figura 27

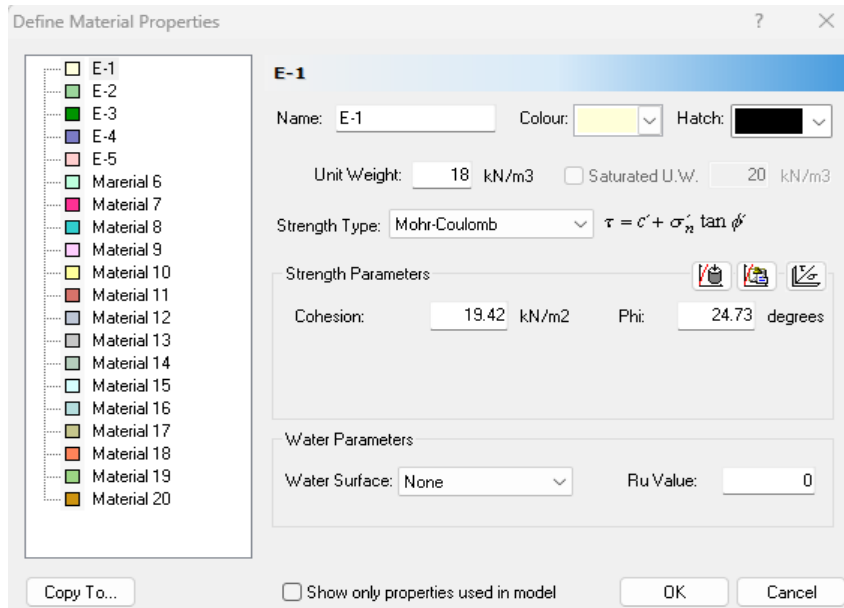
Elección de los Métodos de Análisis en Slide



- Se logró definir las propiedades del material del talud. En la ventana de diálogo (“Define Material Properties”) donde se ingresó los parámetros en el primer material seleccionado (el cual viene por defecto).

Figura 28

Definición de Propiedades de los Materiales que Componen el Talud en Slide



- Se definió la superficie de falla, cuadrícula auto generada.
- Se corrió el modelo estático, se agregó la carga sísmica para el análisis pseudo estático (añadiendo el coeficiente pseudoestático horizontal calculado $A_d = 0.150$), y se agregó la intensidad de precipitación para el análisis con lluvia, donde se discretizó el modelo para el análisis de elementos finitos, definiendo una malla de cálculo que permite una mejor aproximación de los esfuerzos y desplazamientos internos del macizo. Además, para el análisis bajo condiciones de precipitación, se activó el módulo de infiltración por elementos finitos, incorporando los valores de precipitación máxima corregida para T_r de 50 años y se agregaron los coeficientes de permeabilidad del suelo.
- Se obtuvieron los factores de seguridad, la probabilidad de falla, la forma del deslizamiento, las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes del deslizamiento.

Figura 29

Análisis Estático del Talud en Slide

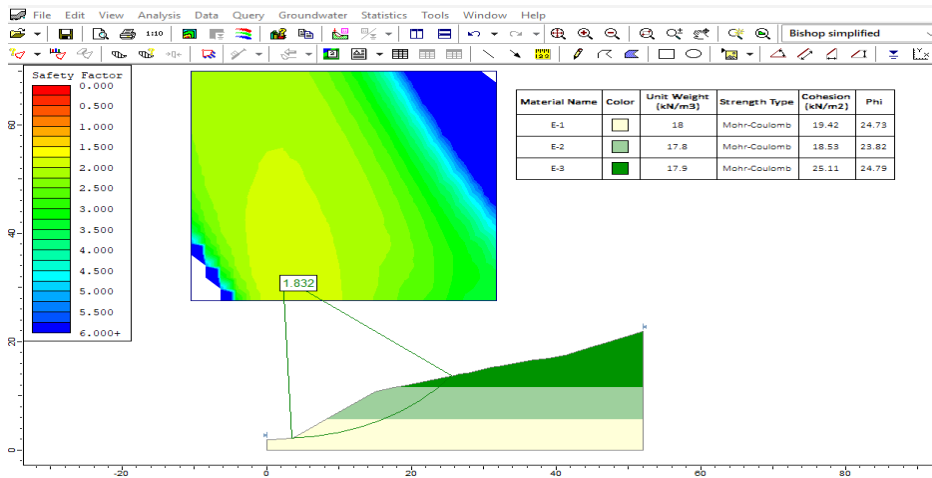


Figura 30

Incorporación del Sismo para el Análisis Dinámico del Talud en Slide

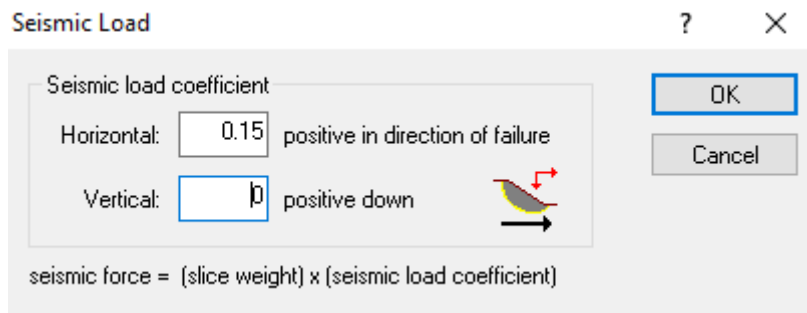


Figura 31

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para la Verificación de la Estabilidad del Talud con Lluvia en Slide

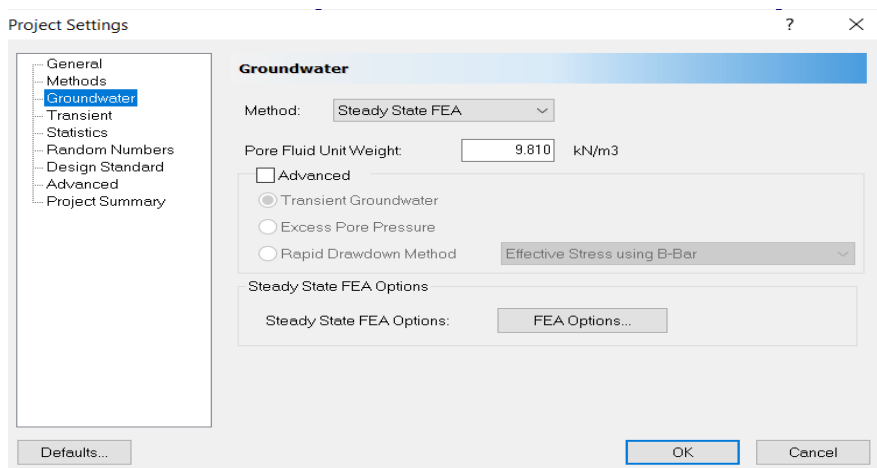


Figura 32

Discretización del Modelo para el Análisis de Elementos Finitos en Slide

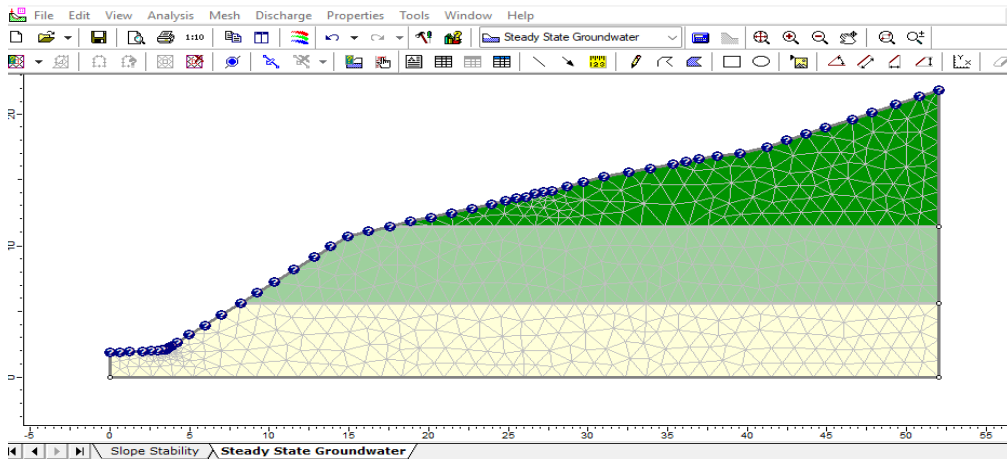
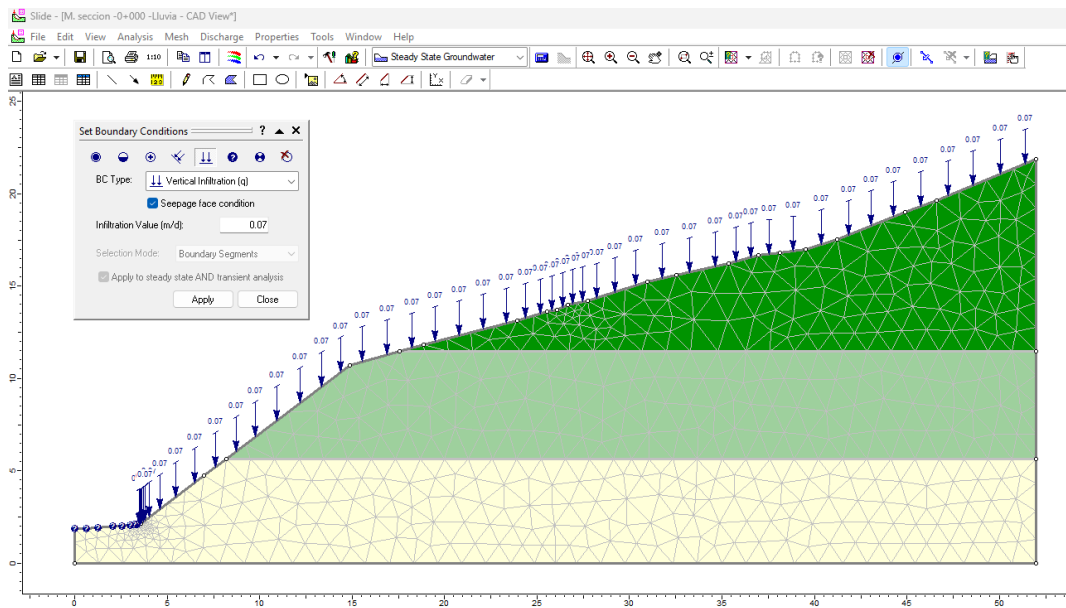


Figura 33

Ingreso de Condiciones de Lluvia al Talud en Slide



g) Análisis de estabilidad del talud

Finalmente, los factores de seguridad obtenidos son contrastados con la norma CE.020 (MVCS, 2012) para verificar que sean superiores a 1.50 en condiciones estáticas y a 1.25 en condiciones dinámica; aquellos taludes que, no cumplieron con este criterio fueron objeto de análisis de las soluciones de estabilización del deslizamiento.

3.6.2.2. Diseño y análisis de muros de contención en GEO5

El diseño del muro en GEO5 de forma general implica los siguientes pasos:

a) Recopilación de datos

Se reunió toda la información relevante sobre el sitio donde se construyó el muro en voladizo. Esto incluyó datos topográficos, características del suelo, condiciones de drenaje, carga esperada en el muro, entre otros.

Figura 34

Información del Proyecto en Geo5 para el Diseño de Muros de Concreto

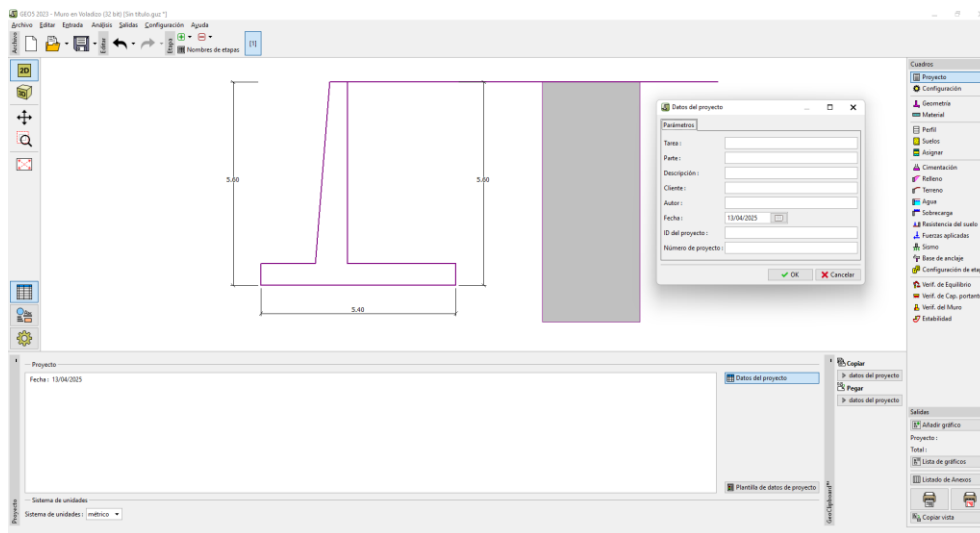
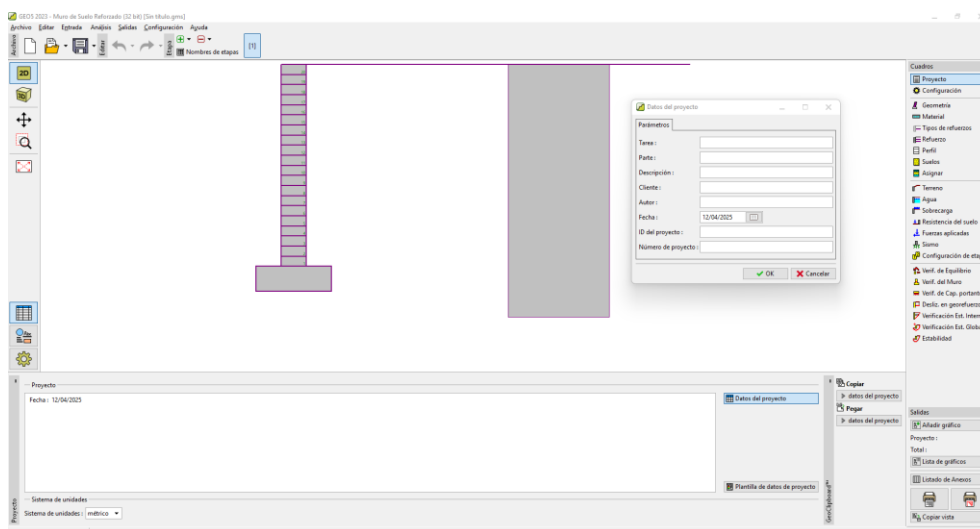


Figura 35

Información del Proyecto en Geo5 para el Diseño de Muro Terramesh



b) Selección del tipo de muro

Identificaron el tipo de muro más adecuado para las condiciones del sitio. Algunas opciones comunes incluyen muros de gravedad, muros de contrafuertes y muros de anclaje. En este caso se optó por un muro en voladizo.

Figura 36

Geometría del Muro de Concreto

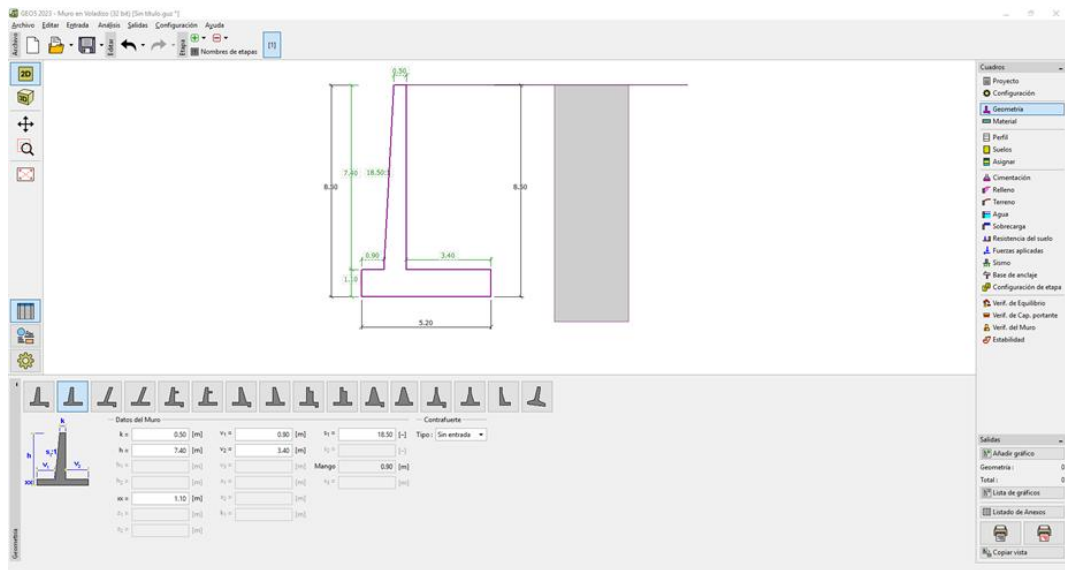
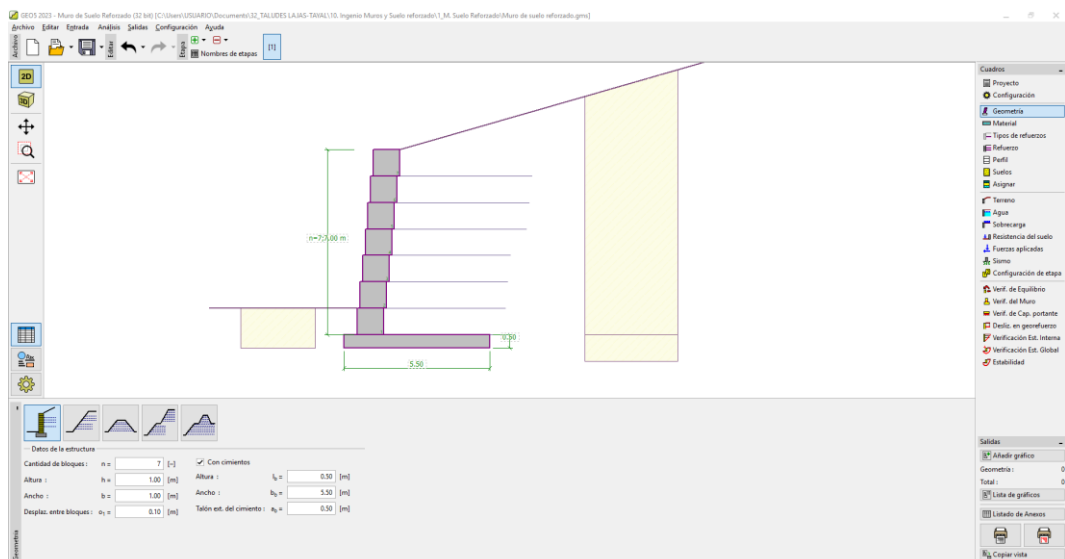


Figura 37

Geometría del Muro Terramesh



c) Diseño de los elementos estructurales

Determinaron las dimensiones y geometría del muro en voladizo, así como la ubicación y diseño del muro. Esto se realizó utilizando el equilibrio de fuerzas para garantizar la estabilidad y resistencia del muro.

Figura 38

Materiales del Muro de Concreto

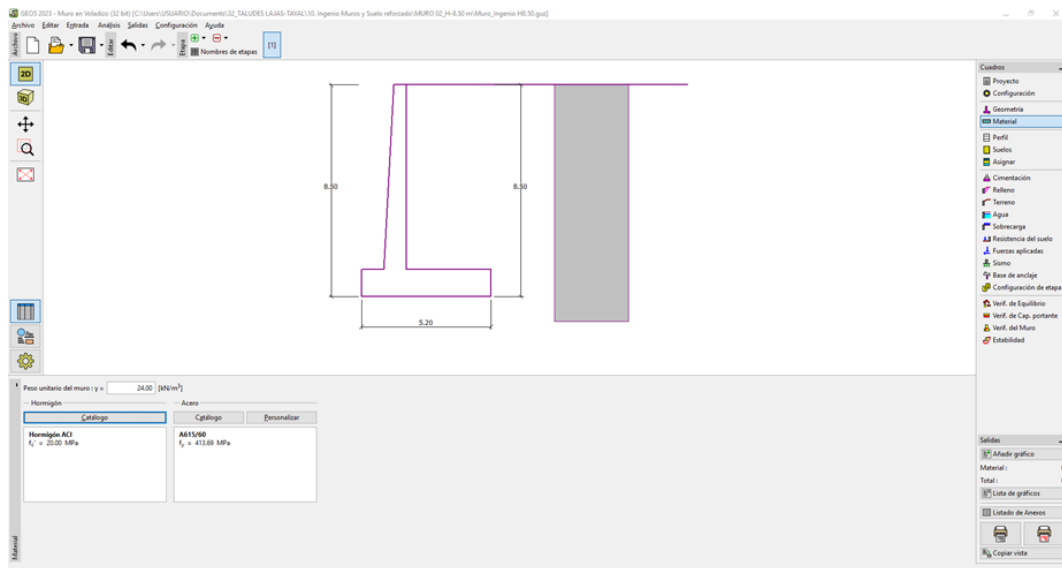


Figura 39

Materiales del Muro Terramesh : Seleccionando Geomalla y Terramesh

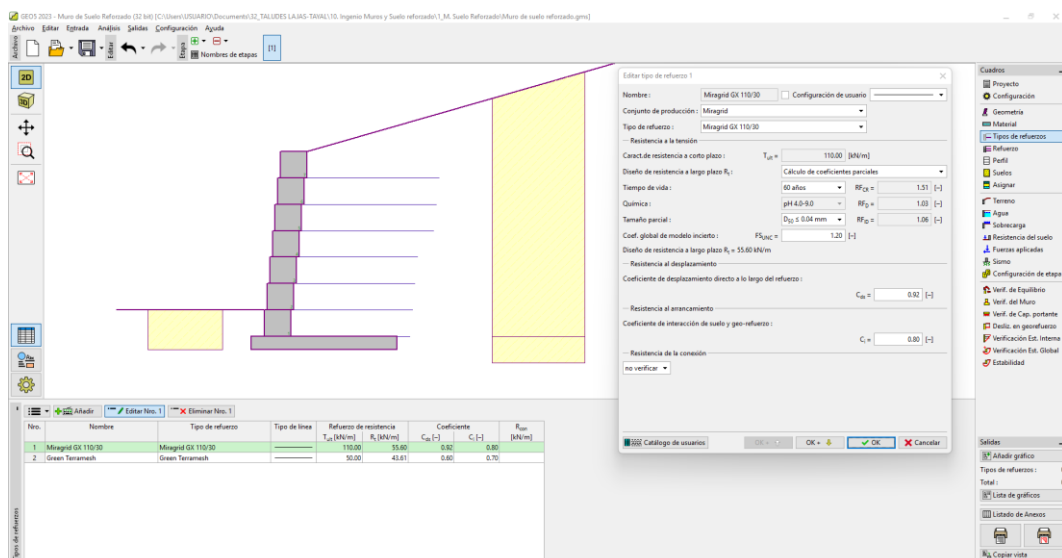
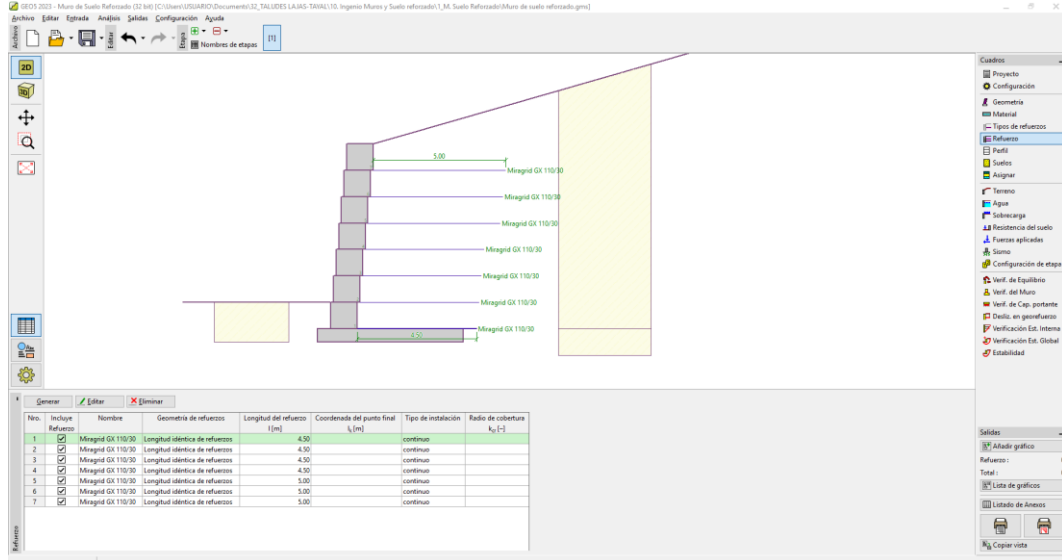


Figura 40

Materiales del Muro Terramesh: Tipo de Refuerzo de Forma Continua y con Longitudes



d) Diseño estructural del elemento de concreto armado en muro en voladizo

A partir del diseño de elementos estructurales en GEO5, el programa determina la cuantía del acero mínimo que debe tener el muro de concreto, es decir plantea el diseño estructural de acuerdo a las siguientes figuras:

Figura 41

Diseño del Tallo del Muro Refuerzo Frontal, Muro en el Talud El Ingenio

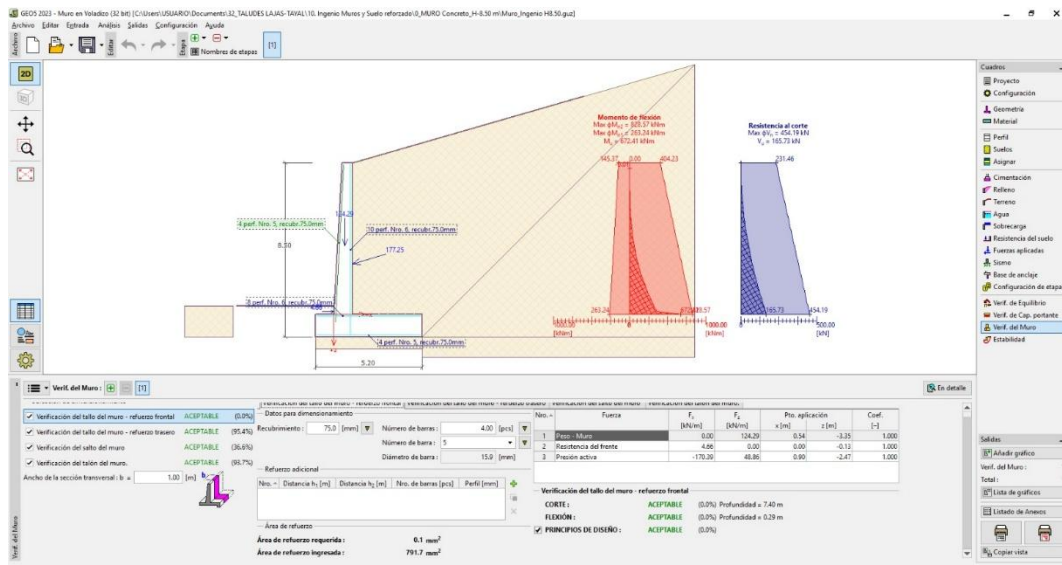


Figura 42

Diseño del Tallo del Muro Refuerzo Trasero, Muro en el Talud El Ingenio

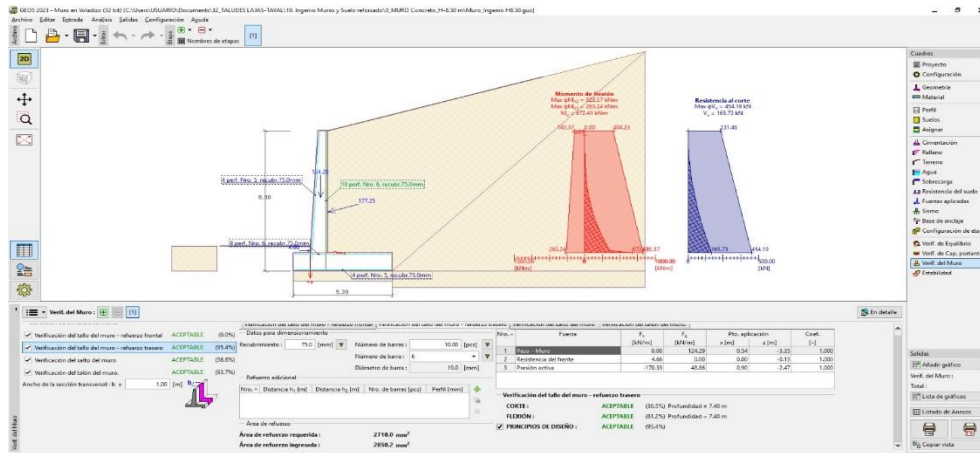


Figura 43

Diseño del Salto, Muro en el Talud El Ingenio

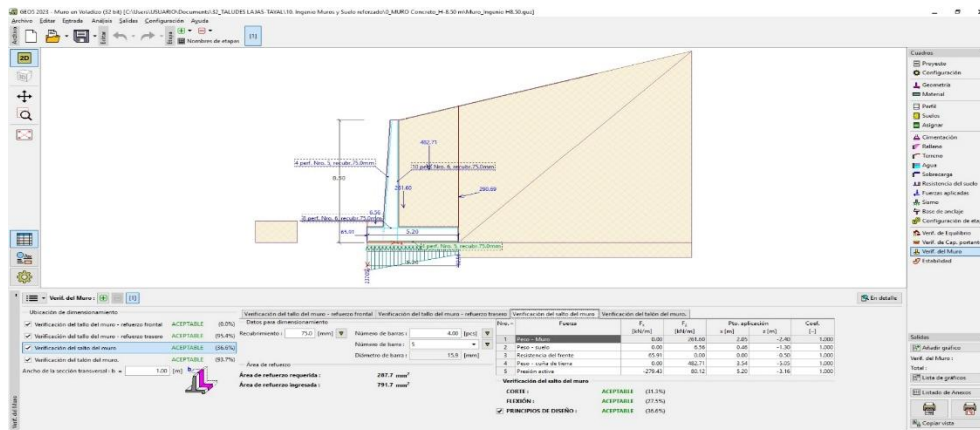


Figura 44

Diseño del Talón, Muro en el Talud El Ingenio

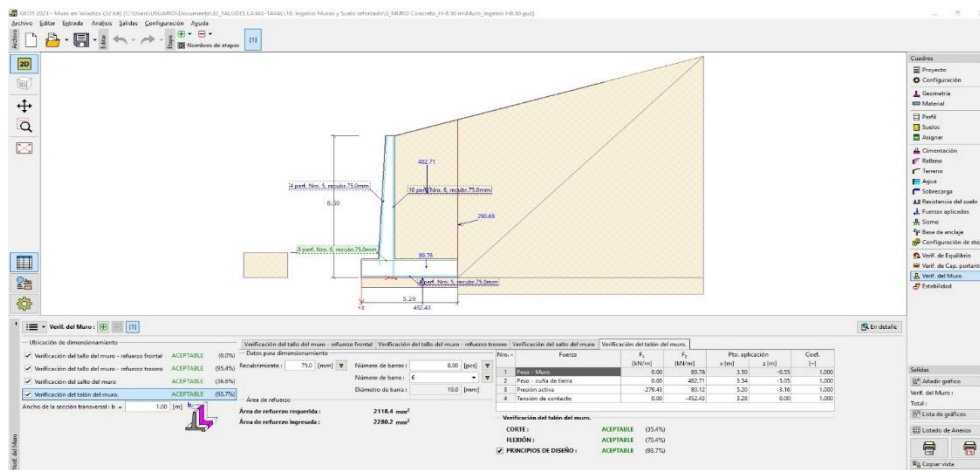


Figura 45

Diseño del Tallo del Muro Refuerzo Frontal, Muro en el Talud Tayal

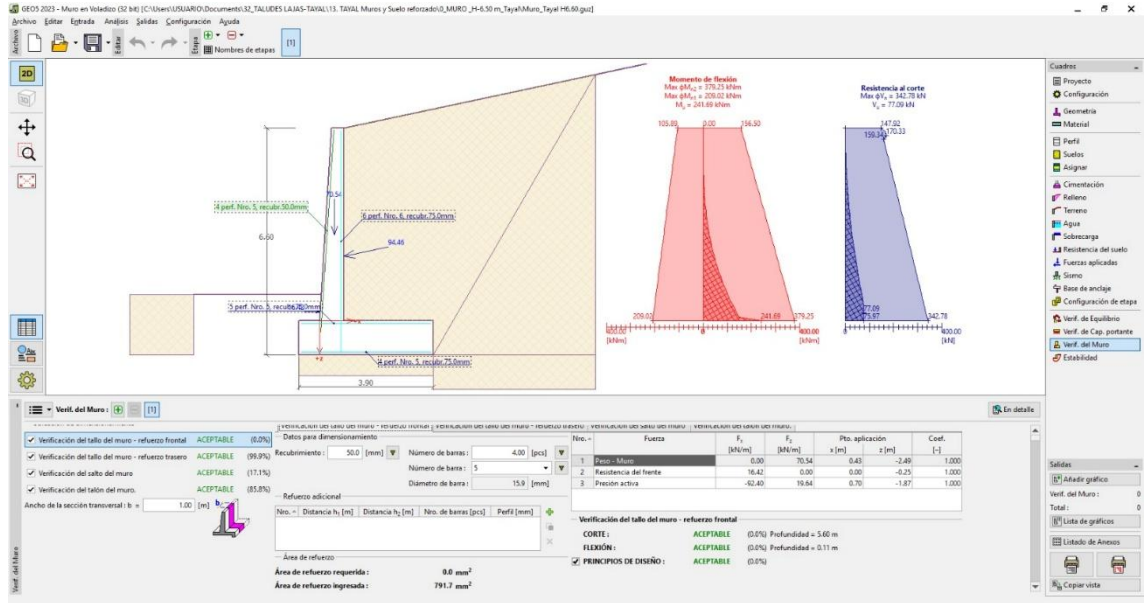


Figura 46

Diseño del Tallo del Muro Refuerzo Trasero, Muro en el Talud Tayal

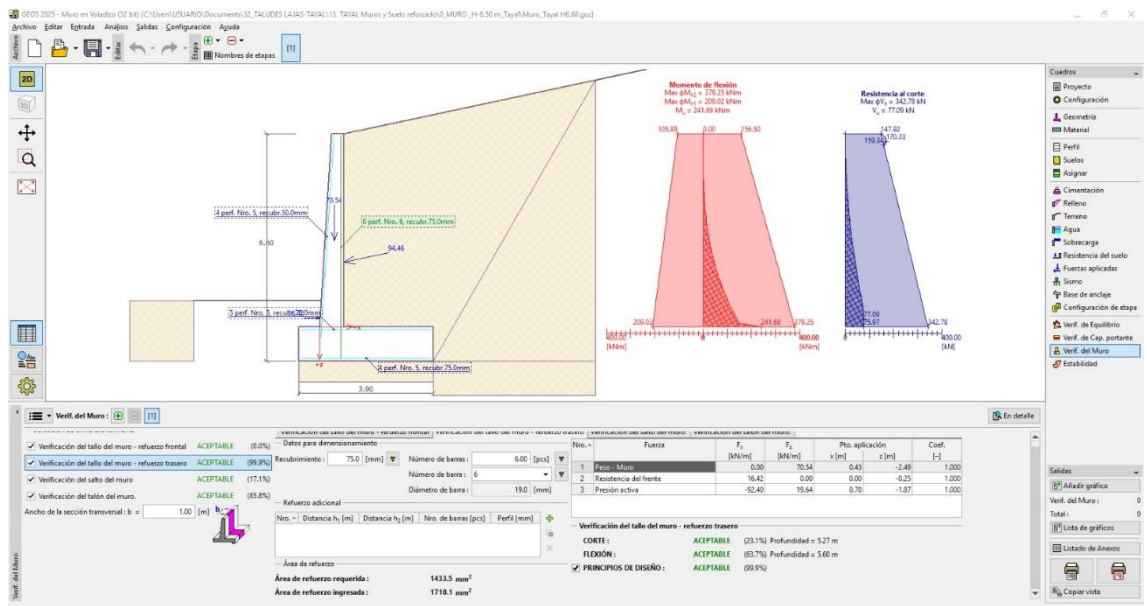


Figura 47

Diseño del Salto, Muro en el Talud Tayal

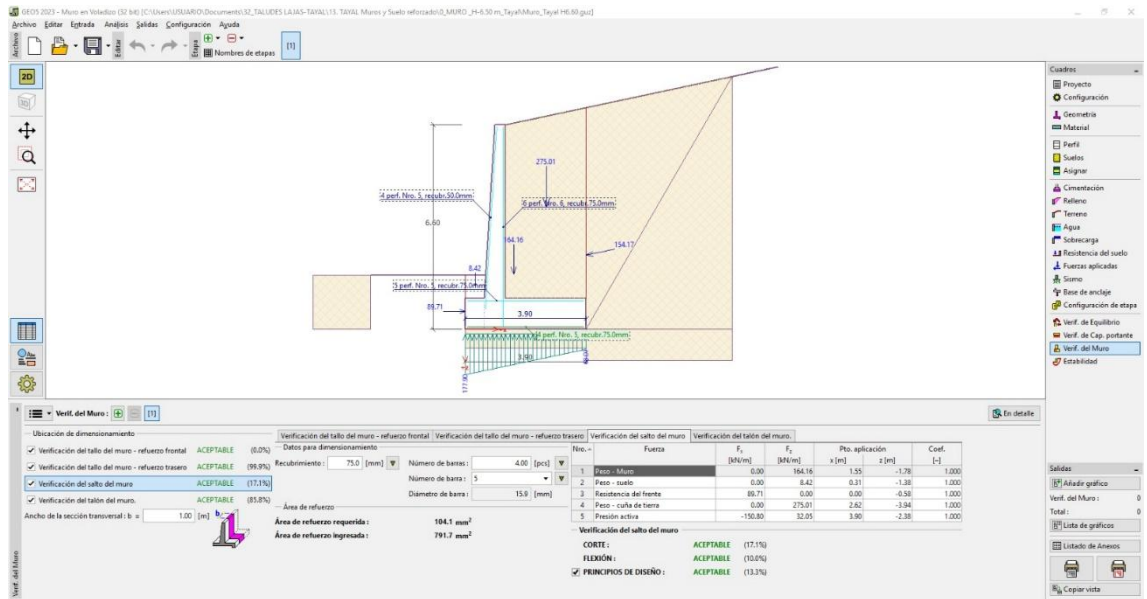
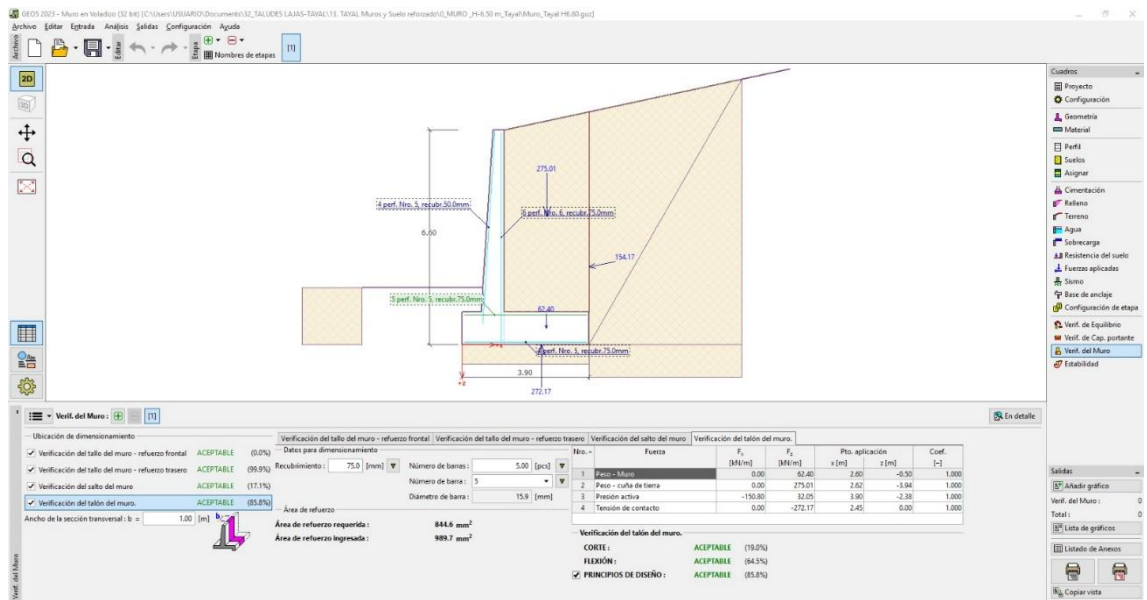


Figura 48

Diseño del Talón, Muro en el Talud Tayal



No obstante, de acuerdo a la norma E.060 (MVCS, 2009) se ha realizado la verificación del dimensionamiento estructural de los elementos de acero: (para más detalle ver anexo)

Diseño a flexión: As requerida (fuste por empuje, talón/puntera por presiones de contacto).

Fuste: sección rectangular con eje en plano del muro.

$$\phi Mn \geq Mu \text{ con } \phi = 0.90 \text{ (flexión)}, j \approx 0.90d \quad (36)$$

$$As = \frac{Mu}{\phi \times fy \times j \times d} \geq \text{mínimo } As, \text{min} \quad (37)$$

Talón y puntera: flexionan por presiones de contacto y peso del relleno: diseñar como losas en voladizo de ancho tributario 1.0 m:

$$Mu = q \times \frac{l^2}{2} \text{ (puntera)} \text{ y } Mu = q \times \frac{l^2}{2} + \text{efecto del peso de relleno} \quad (38)$$

Diseño a corte: capacidad Vs (contribución del concreto y del estribado).

$$\text{Verificar } \phi Vn \geq Vu \text{ con } \phi = 0.75 \text{ (corte)} \quad (39)$$

$$Vc = 0.17\lambda\sqrt{f'c}bd \text{ (conforme E. 060)} \quad (40)$$

$$\text{Estribos donde } Vu > 0.5\phi Vn \quad (41)$$

Fisuración: verificación $w \leq \text{adm}$.

Desarrollo y traslapes: ld, lapped splices y anclajes en base y coronación.

Recubrimientos y separaciones máximas.

e) Verificación de estabilidad

Se llevo a cabo análisis de estabilidad para garantizar que el muro en voladizo sea capaz de resistir las cargas y presiones esperadas. Esto implicó comprobar el deslizamiento, volcamiento y puntualización del muro.

- **Presión de tierra activa:** La presión de tierra activa se calculó utilizando la fórmula de Rankine, que se puede expresar de la siguiente manera: (Nuñez, 2020)

$$Ea = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times Ka \quad (42)$$

$$Ep = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times Kp \quad (43)$$

Donde: Ea presión de tierra activa, Ka coeficiente de presión lateral de la tierra, γ peso unitario del suelo, H altura del muro sobre el suelo, Ep empuje pasivo, Kp coeficiente de presión pasiva.

- **Estabilidad global:** Para evaluar la estabilidad global del muro y evitar su volcamiento, se utilizó la fórmula de equilibrio de momentos. (Nuñez, 2020)

$$M_{resistente} \geq M_{carga} \quad (44)$$

$$Fsv = \frac{Mr + M_{rp \text{ estabilizante}}}{M_v \text{ desestabilizante}} \geq 2.0 \quad (45)$$

$$FDS = \frac{P \times \mu + E_{ph} \text{ fuerzas resistentes}}{E_i \text{ fuerzas actuantes}} \geq 1.5 \quad (46)$$

Donde: Fsv factor de seguridad a volcamiento, FDS factor de seguridad a deslizamiento, Mr momento resistente, Mrp momento resistente pasivo, Mv momento de volteo, P momento resistente, μ coeficiente de fricción, .Eph momento resistente pasivo, Ei momento de deslizamiento

- **Capacidad de carga del suelo:** La capacidad de carga del suelo se determinó mediante la fórmula de Terzaghi.

$$Q_{ult} = c \times A + q \times A \quad (47)$$

Donde: Qult capacidad de carga última del suelo, c: cohesión del suelo, A área de la base del muro, q carga distribuida sobre la base del muro.

Figura 49

Verificación de la Estabilidad Estática del Muro de Concreto

Editar la configuración actual : Muro de suelo reforzado

Materiales y estándares | **Análisis de muro** | Análisis de estabilidad

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD) ▼
Cálculo de la presión activa de la tierra : Mazindrani (Rankine) ▼
Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Mazindrani (Rankine) ▼
Análisis sísmico : Mononobe-Okabe ▼
Forma de la cuña de la tierra : Considerar siempre vertical ▼
Excentricidad permitida : 0.333 [-] ▼
Estabilidad interna : Estándar- superficie de deslizamiento recta ▼
 Parámetros de reducción de contacto base-suelo

Situación de diseño permanente | Situación de diseño transitoria | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

— Factores de seguridad

Frente al vuelco :	$SF_o =$	2.00	[-]
Para resistencia al deslizamiento :	$SF_d =$	1.50	[-]
Para capacidad portante :	$SF_b =$	1.00	[-]
Para deslizamiento a lo largo del geo-refuerzo :	$SF_{dl} =$	1.50	[-]
Para fuerza de geo-refuerzo :	$SF_{fl} =$	1.50	[-]
Para la resistencia a la extracción del geo-refuerzo :	$SF_{fo} =$	1.50	[-]
Factor de seguridad para resistencia de conexiones :	$SF_{con} =$	1.50	[-]

Cambiar la configuración de análisis para el programa :

Estabilidad de taludes
Zapata
Pilote
Pilote por CPT
Grupo de pilote

OK
Cancelar

f) Análisis de estabilidad con el muro

Se realizó el análisis de estabilidad del talud, esto para determinar si el muro es el adecuado y logra contener el deslizamiento en Slide.

3.6.2.3. Modelamiento del talud con muros de contención

Se siguió los pasos descritos en el ítem 3.6.1.4. del presente informe de investigación, con la única diferencia que en este caso se deben agregar los muros de contención de forma geométrica para verificar como estos pueden llegar a causar un efecto en los factores de seguridad del talud.

3.6.2.4. Procesamiento de datos

Una vez que se recopilaron los datos (información geotécnica del sitio, características del terreno, variables climáticas, etc.), se procedió a su organización y análisis. En esta etapa, se utilizaron herramientas de estadística descriptiva y softwares especializados para procesar la información recabada y

obtener resultados cuantitativos. En el programa Civil 3D y AutoCAD 2024 se planteó la topografía del talud, luego este fue modelado en el programa Slide con y sin las soluciones de estabilización (muros de contención), previamente diseñados en el programa GEO5, para finalmente procesar todos los resultados en el programa Microsoft Excel 2024, para obtener tablas y gráficos de los resultados por cada objetivo propuesto en el estudio.

Posteriormente, se compararon los resultados obtenidos de los tipos de soluciones de estabilización de taludes: muros de concreto armado y Sistema Terramesh (sin y con inclinación). Se analizó su eficacia en la estabilización de taludes en el sitio de estudio. Y finalmente, se llegó a conclusiones y recomendaciones para su implementación y posibles áreas de investigación futura relacionadas con el tema.

3.6.3. *Análisis de datos*

El análisis inferencial se llevó a cabo utilizando el software Minitab 22, con el propósito de determinar, mediante pruebas estadísticas, si la hipótesis de investigación debe ser aceptada o rechazada con base en la evidencia obtenida.

3.7. Aspectos éticos

En cuanto a los aspectos éticos considerados en esta investigación, fue fundamental garantizar la confidencialidad de la información proporcionada por los participantes, así como obtener el consentimiento informado de las personas involucradas en las pruebas o mediciones, específicamente los propietarios de los terrenos en los taludes El Ingenio y Tayal. Asimismo, se respetó la integridad de los datos recopilados y se evitó cualquier tipo de manipulación o sesgo que pudiera afectar los resultados, conforme a lo planteado por Noreña et al. (2012).

Por otro lado, en lo que respecta a los criterios de rigor científico, se procuró asegurar la validez y fiabilidad de los datos obtenidos mediante el uso de métodos y técnicas de investigación apropiados. Además, se realizó un análisis crítico de la literatura existente sobre el tema, lo cual permitió fundamentar de manera sólida las hipótesis y conclusiones del estudio. Finalmente, se siguió un protocolo de investigación claro y estructurado, que permitió la replicabilidad del estudio y garantizó la transparencia de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. *Estabilidad del talud natural del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas*

La evaluación de los taludes El Ingenio y Tayal, ubicados entre el Km 133+000 y el Km 137+000 de la carretera PE-3N, fue realizada mediante cinco métodos de equilibrio límite (Bishop Simplified, GLE/Morgenstern-Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spencer) y bajo tres condiciones de análisis: estática, dinámica (sísmica) y con infiltración por lluvias. En condiciones estáticas ambos taludes presentan factores de seguridad promedio superiores a 2.00, lo que indica que en estado natural y sin intervención externa, ambos son estables frente a la carga gravitacional; sin embargo, el talud El Ingenio muestra ligera ventaja, con valores promedio de 2.15 frente a 2.03 en Tayal. Además, El Ingenio presenta menor variabilidad entre secciones (mínimo de 1.832), mientras que en Tayal el valor más bajo es 1.616 (sección 0+060), lo que indica mayor homogeneidad en la estabilidad del primero.

En condición sísmica, los dos taludes mantienen factores de seguridad promedio por encima del límite normativo de 1.25. Ambos alcanzan promedio general de 1.53 para El Ingenio y entre 1.37 a 1.51 para Tayal dependiendo del método. No obstante, el talud Tayal evidencia mayor dispersión de resultados y sectores cercanos al umbral mínimo de seguridad, como en la sección 0+060 (mínimo de 1.124 con el método Janbu). Por tanto, El Ingenio demuestra mayor confiabilidad sísmica global.

En cambio, al considerar la infiltración por lluvias, la condición es crítica para ambos taludes. El factor de seguridad promedio en El Ingenio es 1.47, mientras que en Tayal es levemente inferior, entre 1.34 y 1.47. Aunque ambos se mantienen técnicamente dentro del rango aceptable, Tayal presenta valores mínimos preocupantes, como 1.007 (Janbu) y 1.009 (Spencer) en la sección 0+060, que indican estabilidad marginal frente a infiltración prolongada, lo cual representa un riesgo de deslizamiento si no se aplican medidas de drenaje o reforzamiento, siendo esta última la propuesta de la investigación.

Tabla 15

Comparación General de los Factores de Seguridad Promedio en los Taludes de Lajas, por el Método de Bishop

Condición	Talud El Ingenio	Talud Tayal	Diferencia
Estática	2.15	2.03	+0.12
Sismo	1.53	1.50	+0.03
Lluvia	1.47	1.44	+0.03

Figura 50

Cumplimiento del Factor de Seguridad en los Taludes de Lajas frente a Infiltración por Lluvias

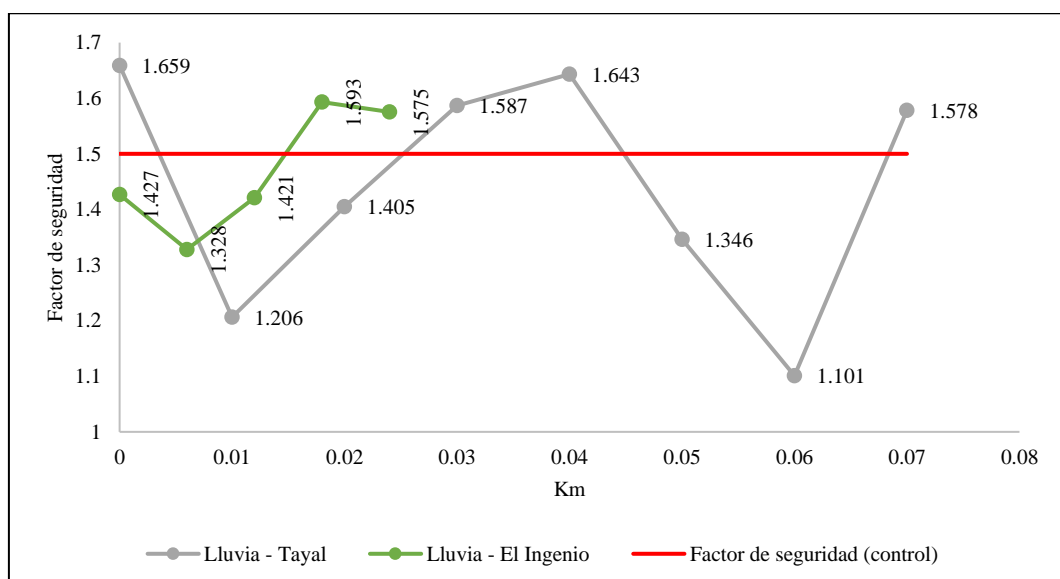


Figura 51

Factores de Seguridad por el Método de Bishop en el Talud El Ingenio

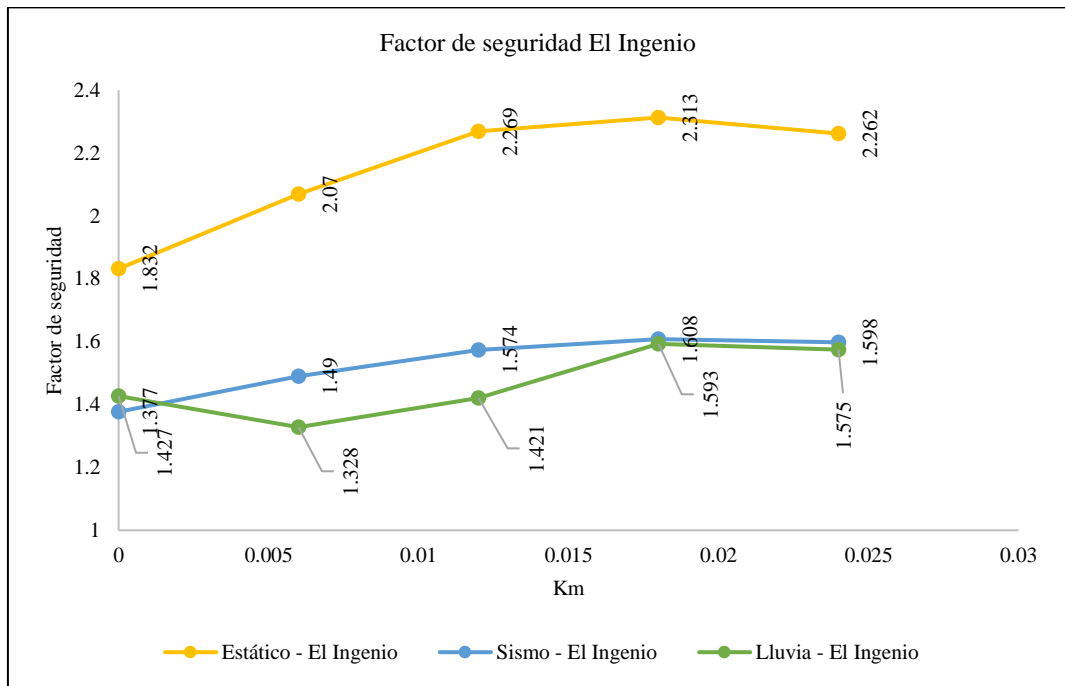
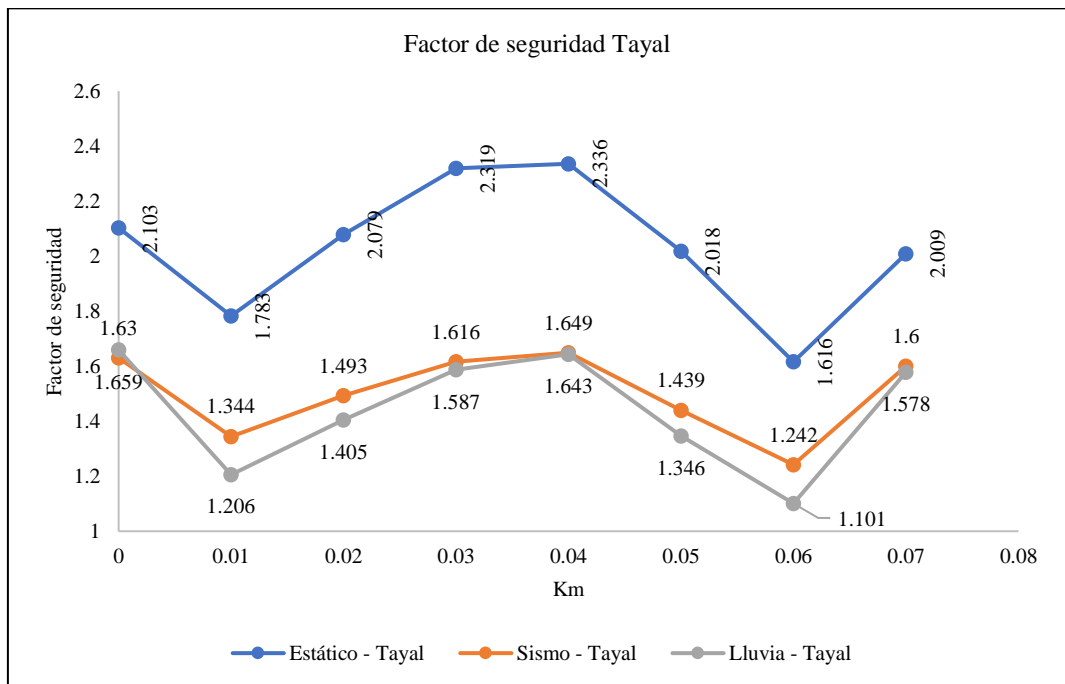


Figura 52

Factores de Seguridad por el Método de Bishop en el Talud Tayal



4.1.1.1. Estabilidad del talud El Ingenio

Los resultados del análisis de estabilidad del talud natural El Ingenio, ubicado entre el Km 133+000 y el Km 137+000 de la carretera PE-3N, muestran que en condición estática todos los métodos de equilibrio límite aplicados reportan factores de seguridad superiores a 1.50 en todas las secciones evaluadas. El valor promedio en condición estática fue de 2.15, con un mínimo de 1.832 y máximo de 2.313, lo que indica que el talud se encuentra estable frente a cargas gravitacionales en su estado natural. Bajo condición dinámica (sísmica), los resultados también cumplen con lo establecido por la norma CE.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones, que exige factor de seguridad mayor a 1.25. En todos los métodos y secciones, los factores de seguridad superan este umbral, con promedio general de 1.53. El mínimo registrado fue 1.287 (Janbu en 0+000), y el máximo 1.611 (GLE en 0+018), por lo que se concluye que el talud mantiene estabilidad en condiciones sísmicas moderadas, aunque con menor margen de seguridad que en estado estático. Pero, en condiciones de infiltración por lluvias, se evidencia disminución considerable de la estabilidad. Si bien el promedio del factor de seguridad sigue siendo 1.47, los valores mínimos alcanzan hasta 1.224 (Janbu en 0+006), lo que representa estado cercano al umbral de inestabilidad, la pérdida de resistencia por saturación del suelo sugiere que el talud podría volverse inestable en eventos de lluvia intensa o prolongada, y, por tanto, requiere medidas de refuerzo complementario en determinadas secciones.

Tabla 16

Factores de Seguridad del Talud El Ingenio

Secciones	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/ Fellenius			Spencer		
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia
0+000	1.832	1.377	1.427	1.829	1.379	1.425	1.773	1.287	1.377	1.79	1.329	1.42	1.829	1.375	1.427
0+006	2.07	1.49	1.328	2.069	1.492	1.331	1.957	1.383	1.224	1.99	1.427	1.36	2.07	1.497	1.334
0+012	2.269	1.574	1.421	2.264	1.575	1.427	2.106	1.455	1.304	2.154	1.502	1.441	2.265	1.576	1.424
0+018	2.313	1.608	1.593	2.306	1.611	1.593	2.141	1.48	1.488	2.19	1.528	1.57	2.307	1.61	1.594
0+024	2.262	1.598	1.575	2.258	1.599	1.576	2.121	1.476	1.48	2.172	1.531	1.57	2.259	1.598	1.579
Máximo	2.313	1.608	1.593	2.306	1.611	1.593	2.141	1.48	1.488	2.19	1.531	1.57	2.307	1.61	1.594
Mínimo	1.832	1.377	1.328	1.829	1.379	1.331	1.773	1.287	1.224	1.79	1.329	1.36	1.829	1.375	1.334
Media	2.15	1.53	1.47	2.15	1.53	1.47	2.02	1.42	1.37	2.06	1.46	1.47	2.15	1.53	1.47

Figura 53

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000

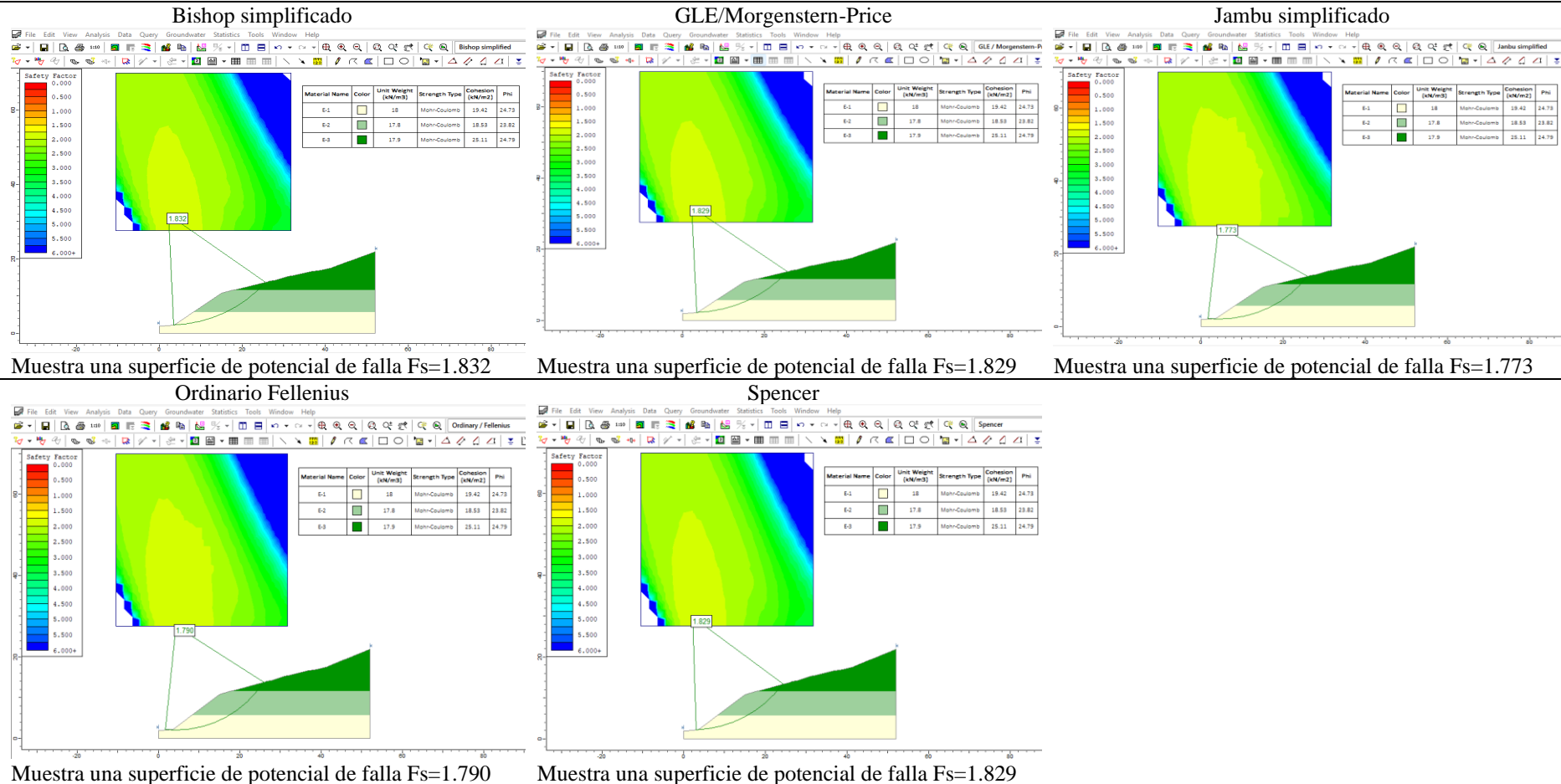


Figura 54

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000

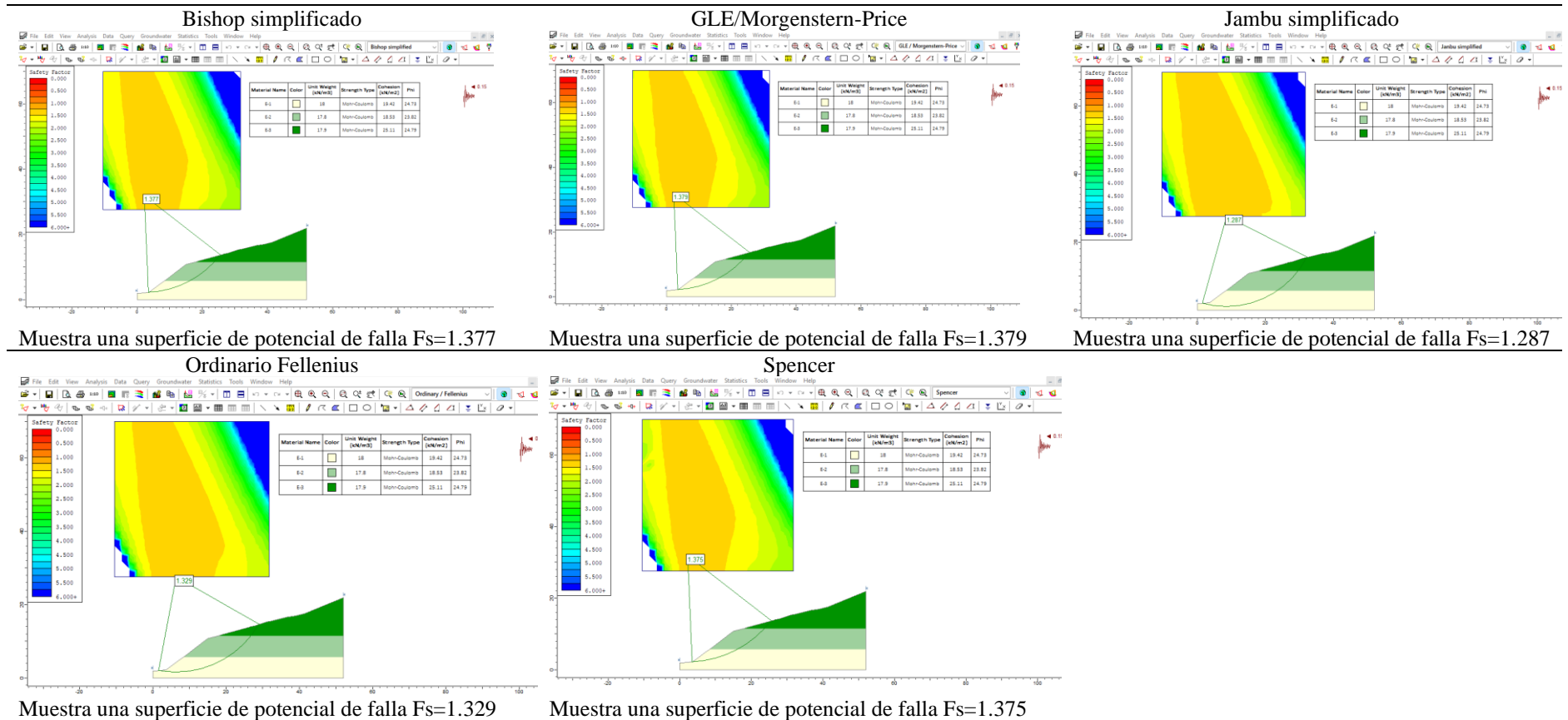


Figura 55

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000

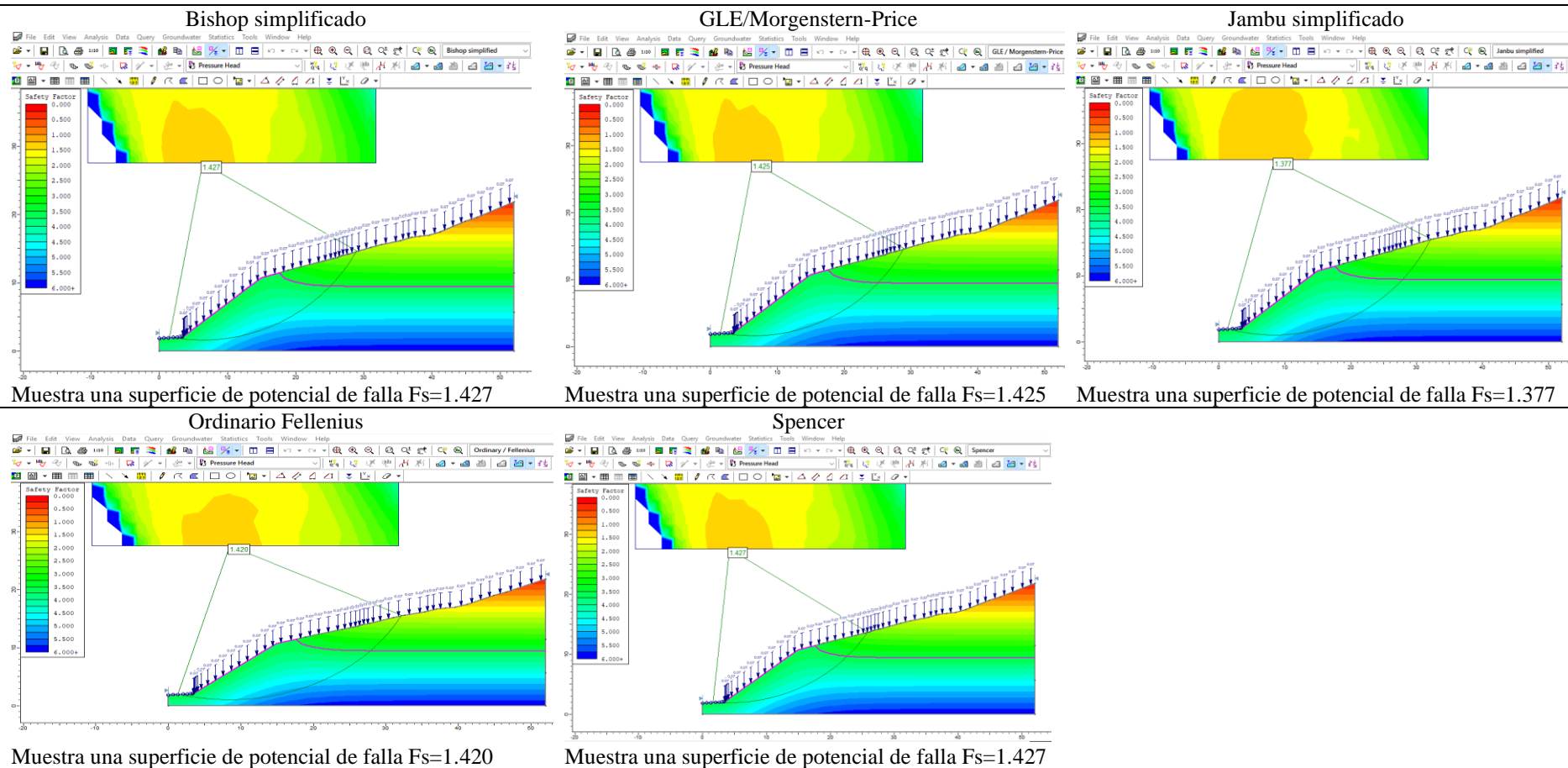


Figura 56

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006

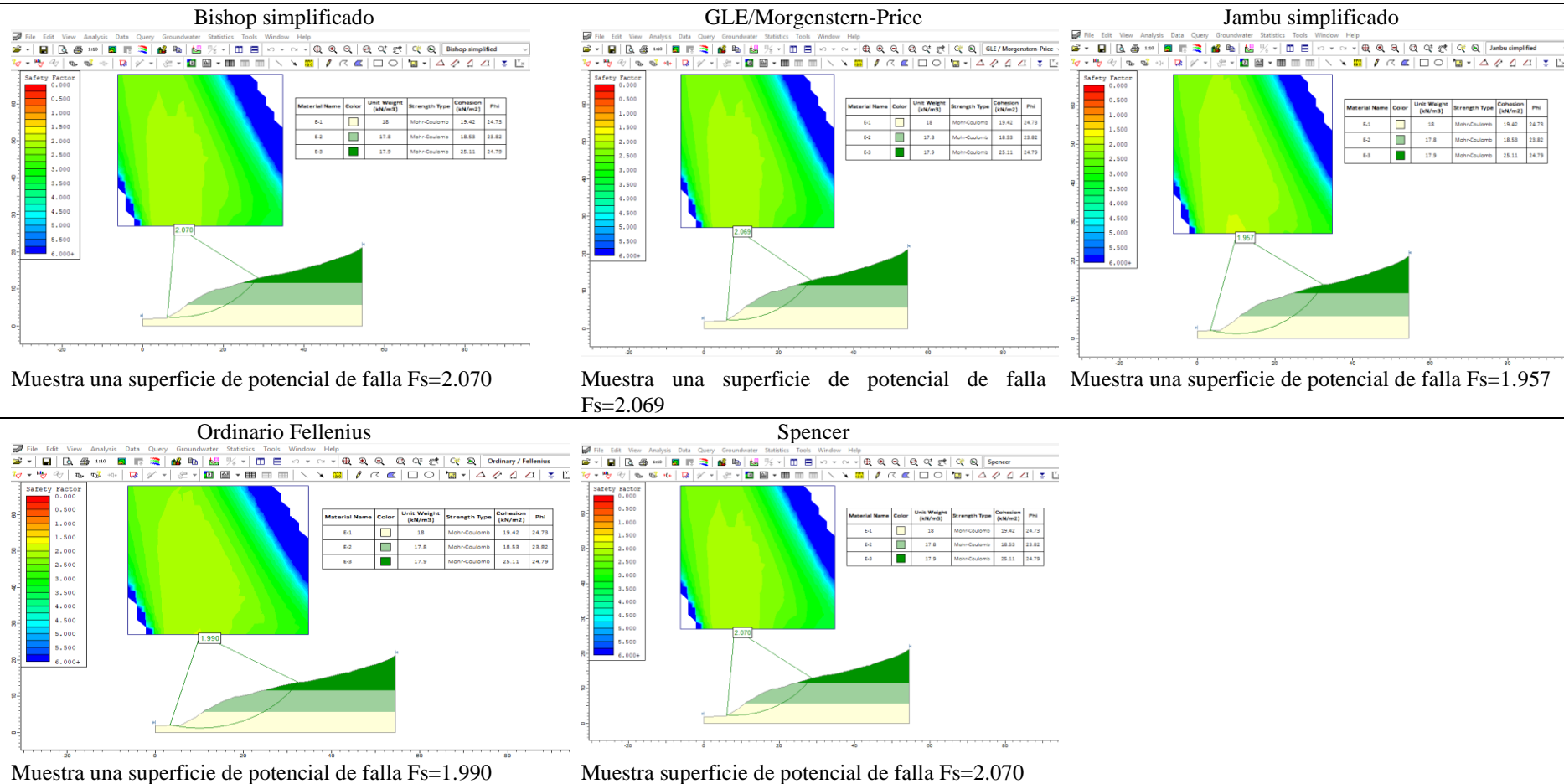


Figura 57

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006

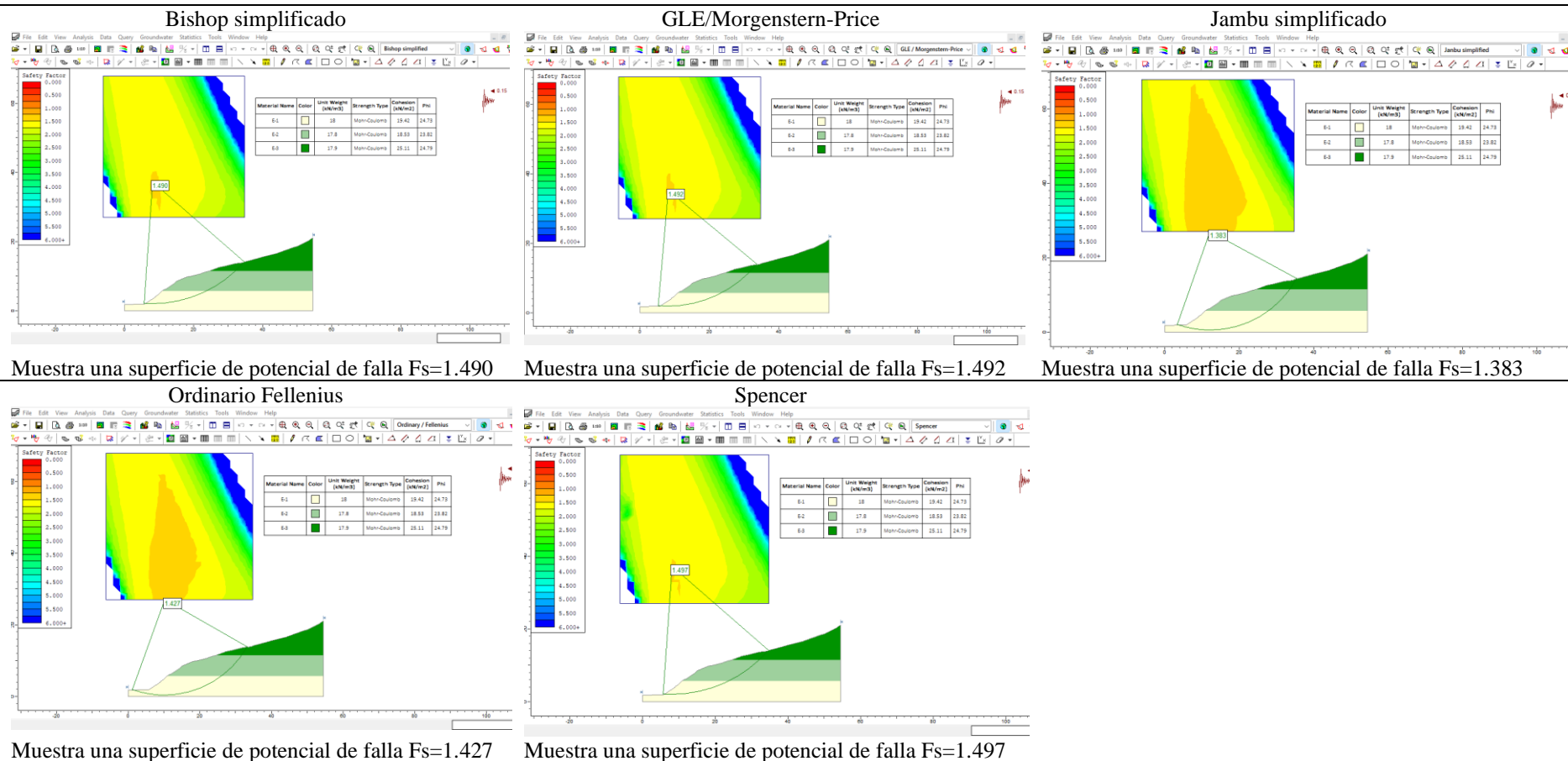


Figura 58

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006

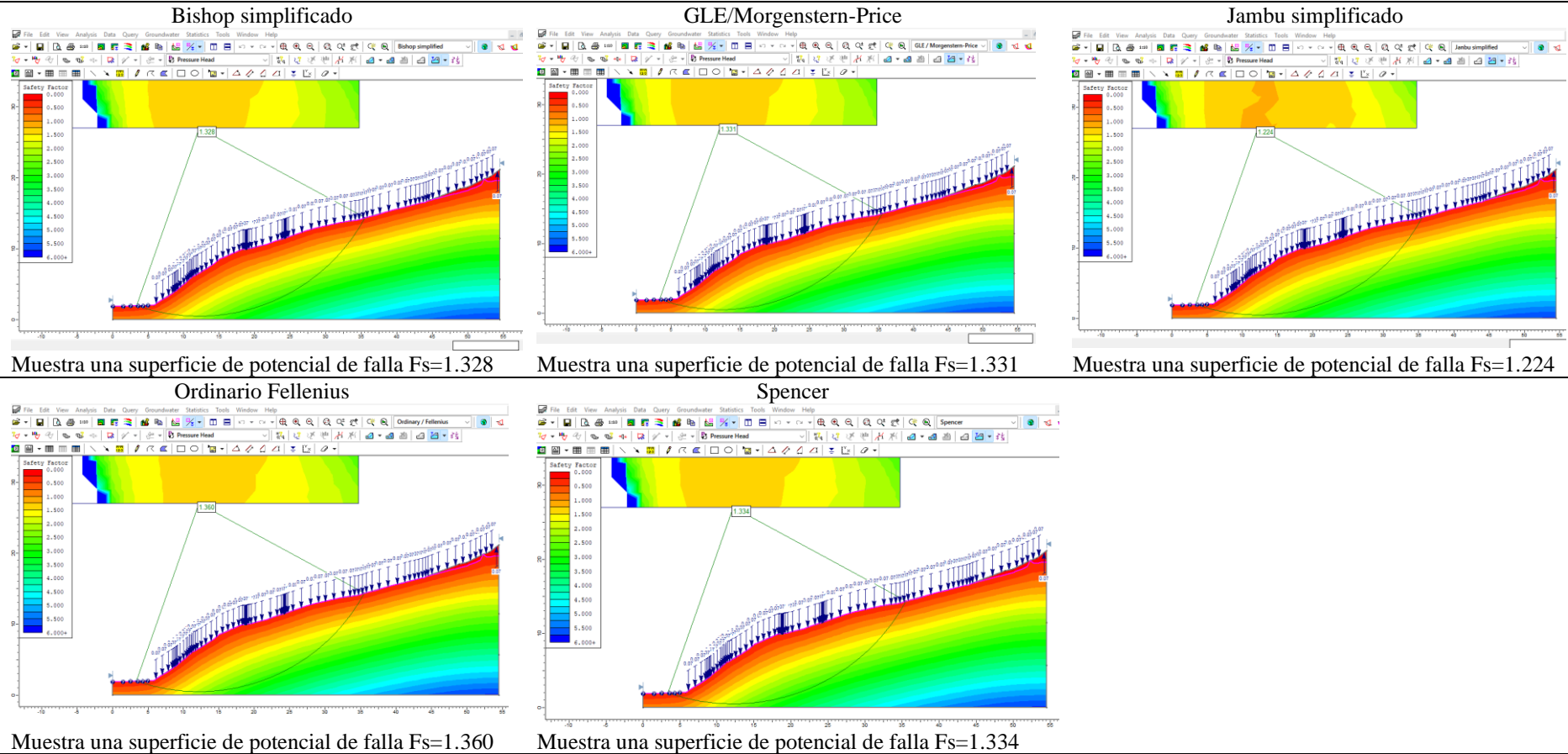


Figura 59

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012

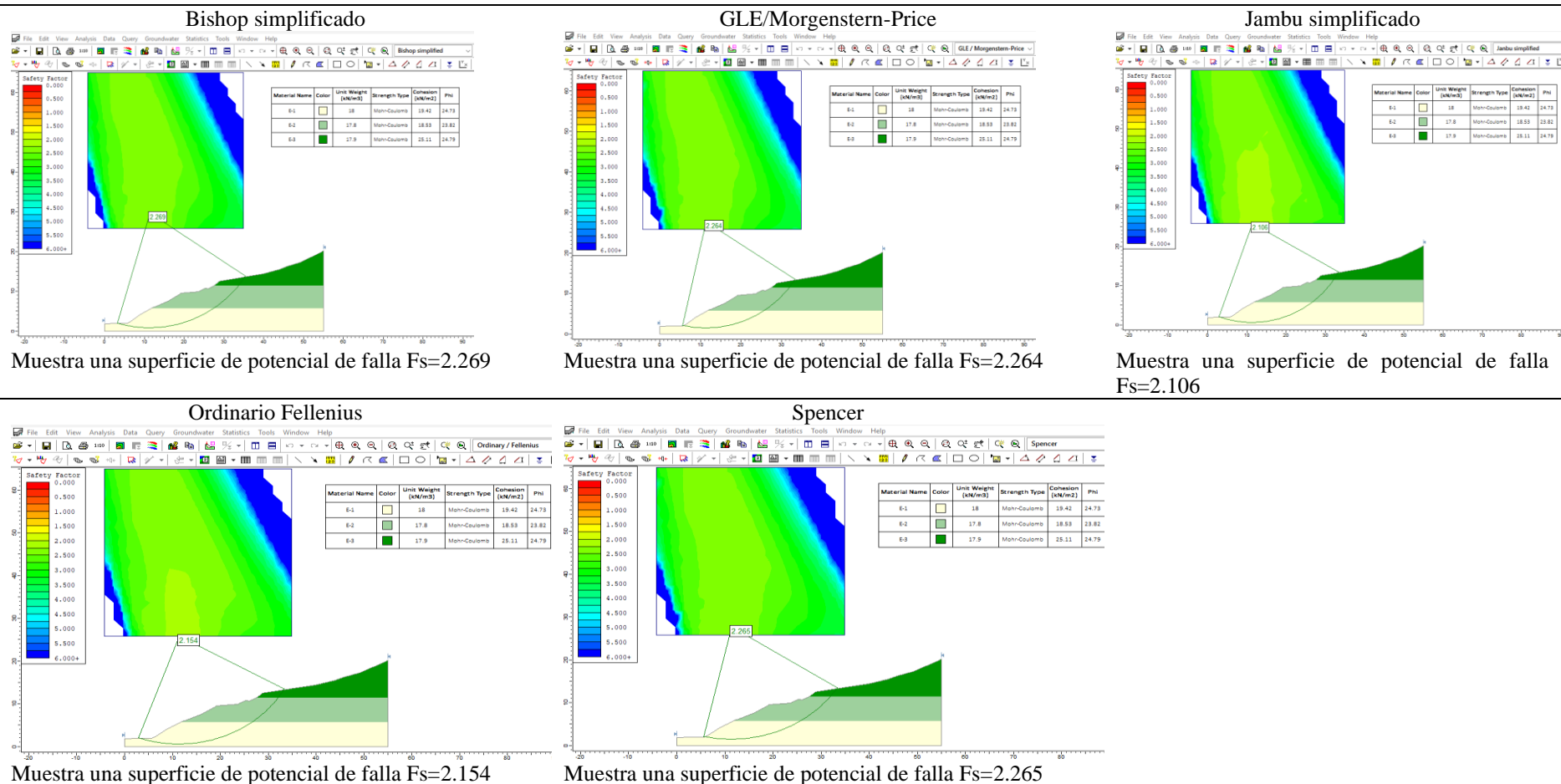


Figura 60

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012

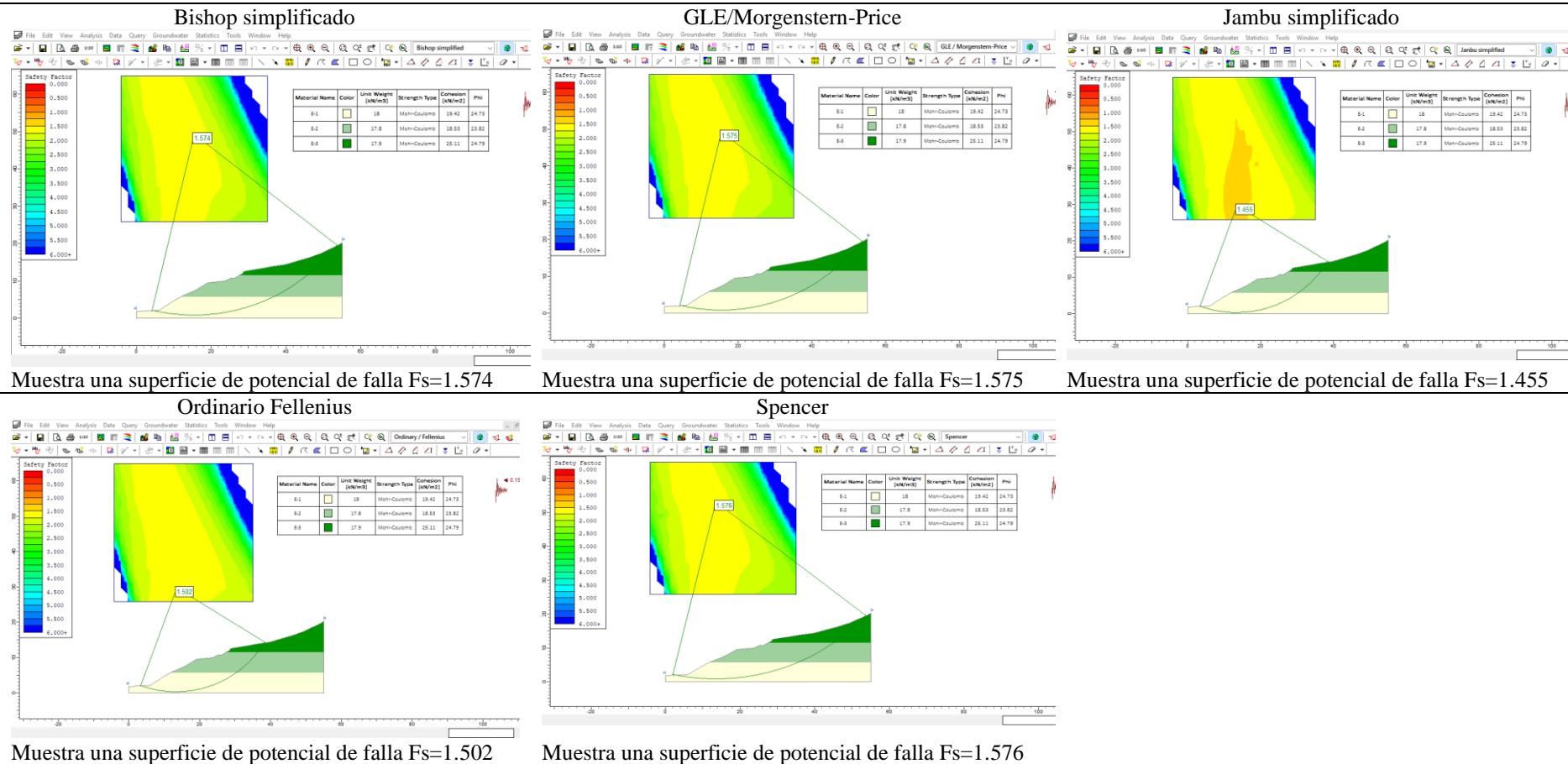


Figura 61

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012

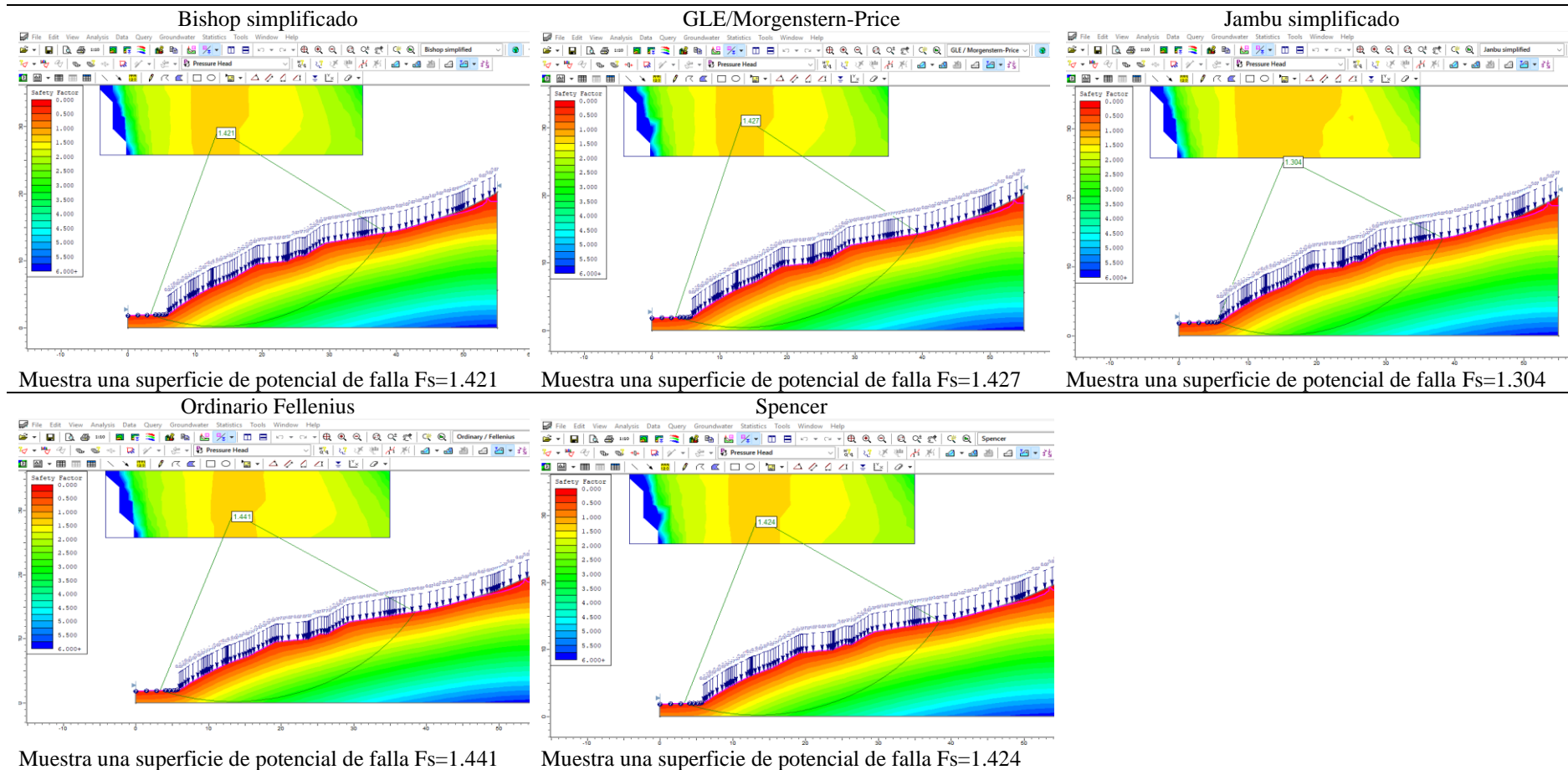


Figura 62

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018

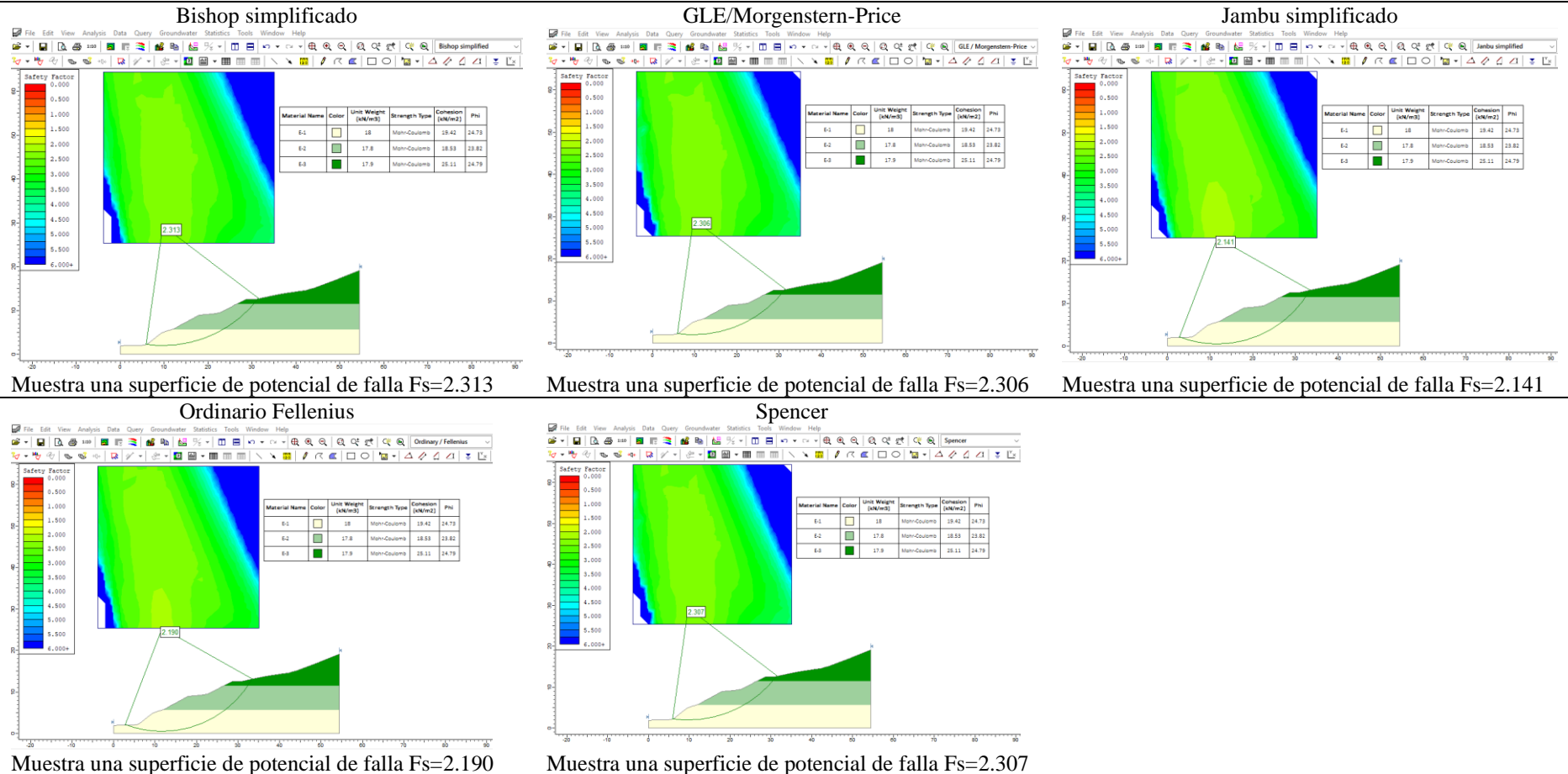


Figura 63

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018

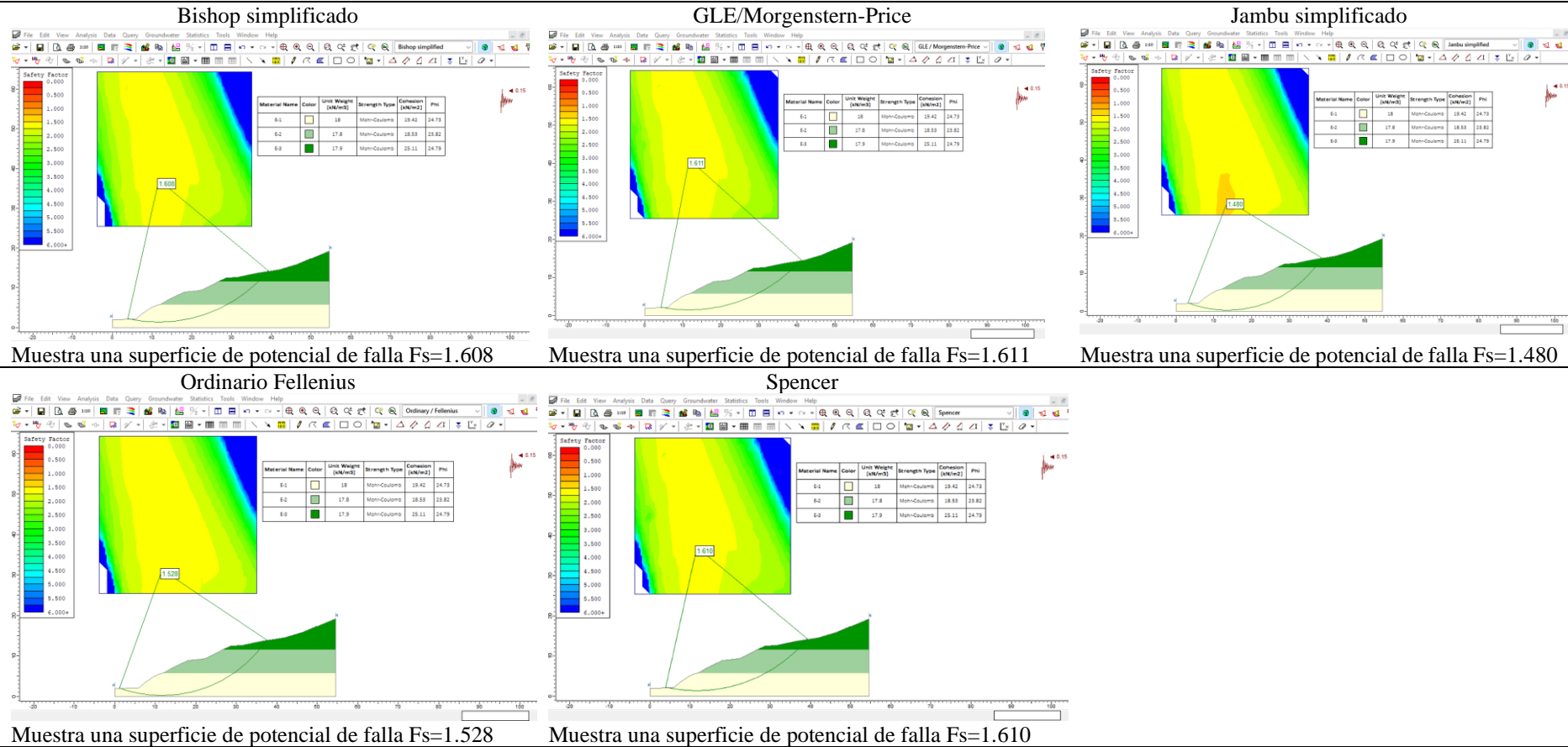
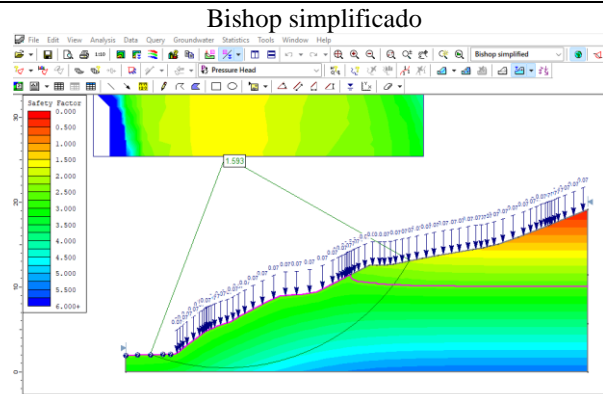
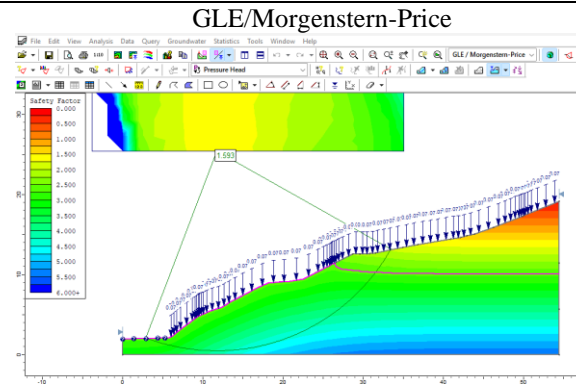


Figura 64

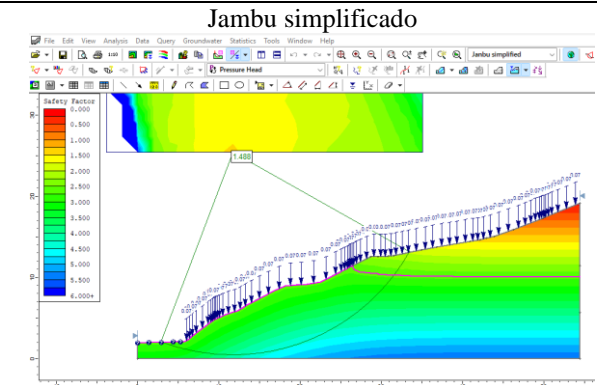
Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018



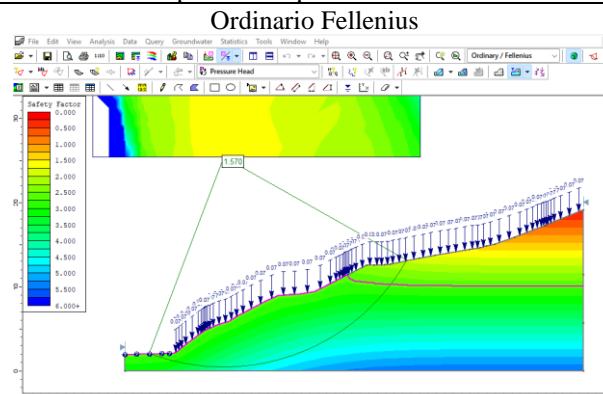
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.593$



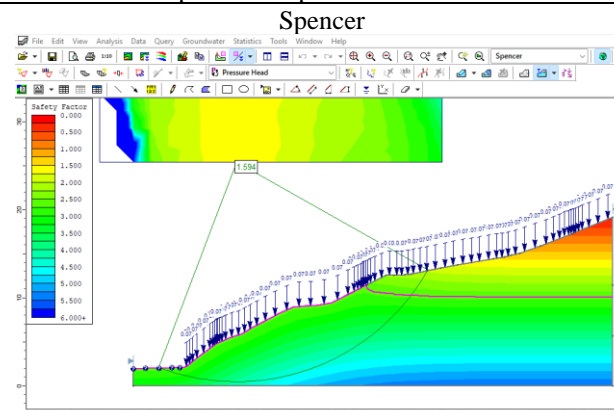
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.593$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.488$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.570$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.594$

Figura 65

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024

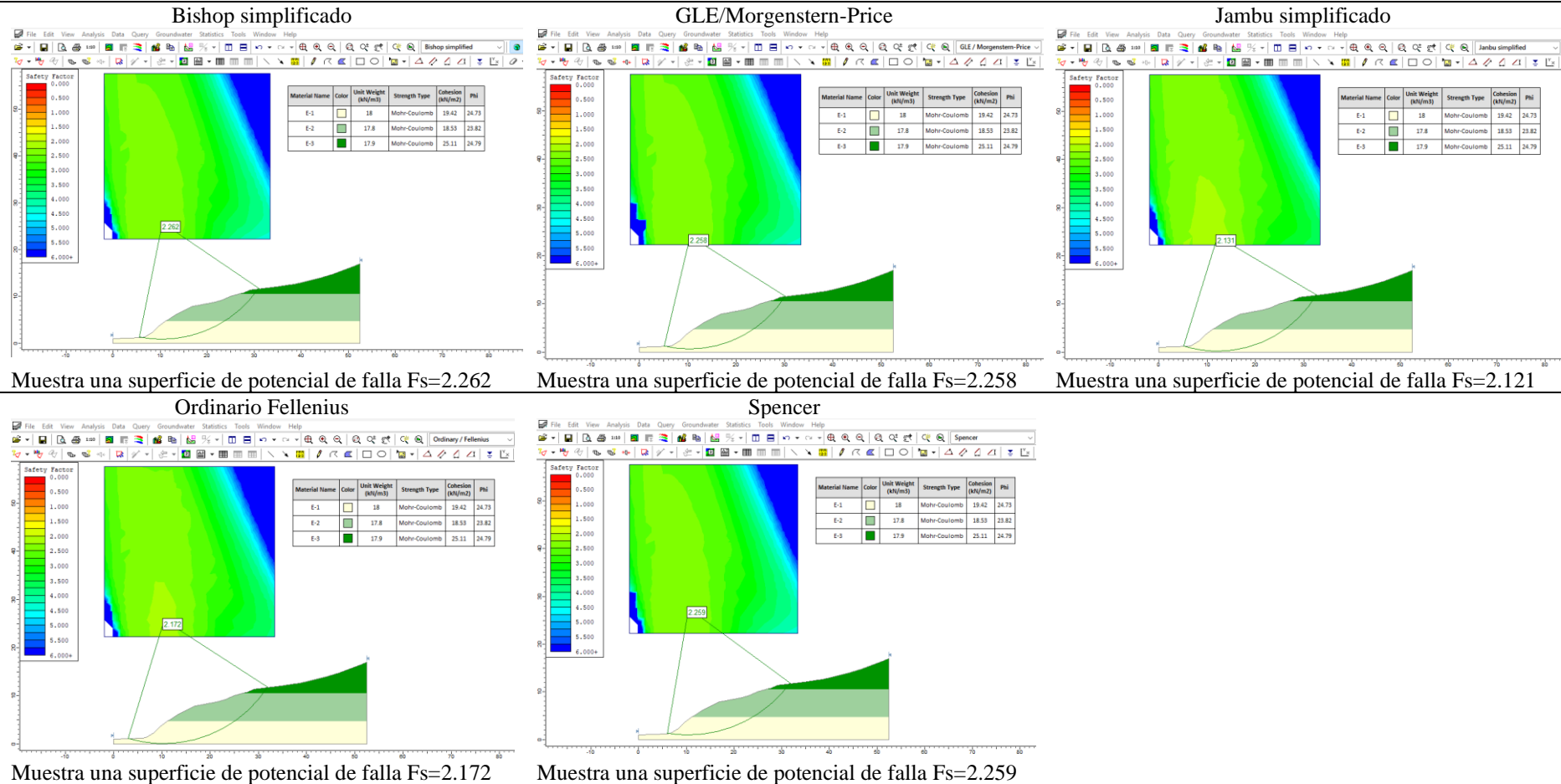


Figura 66

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024

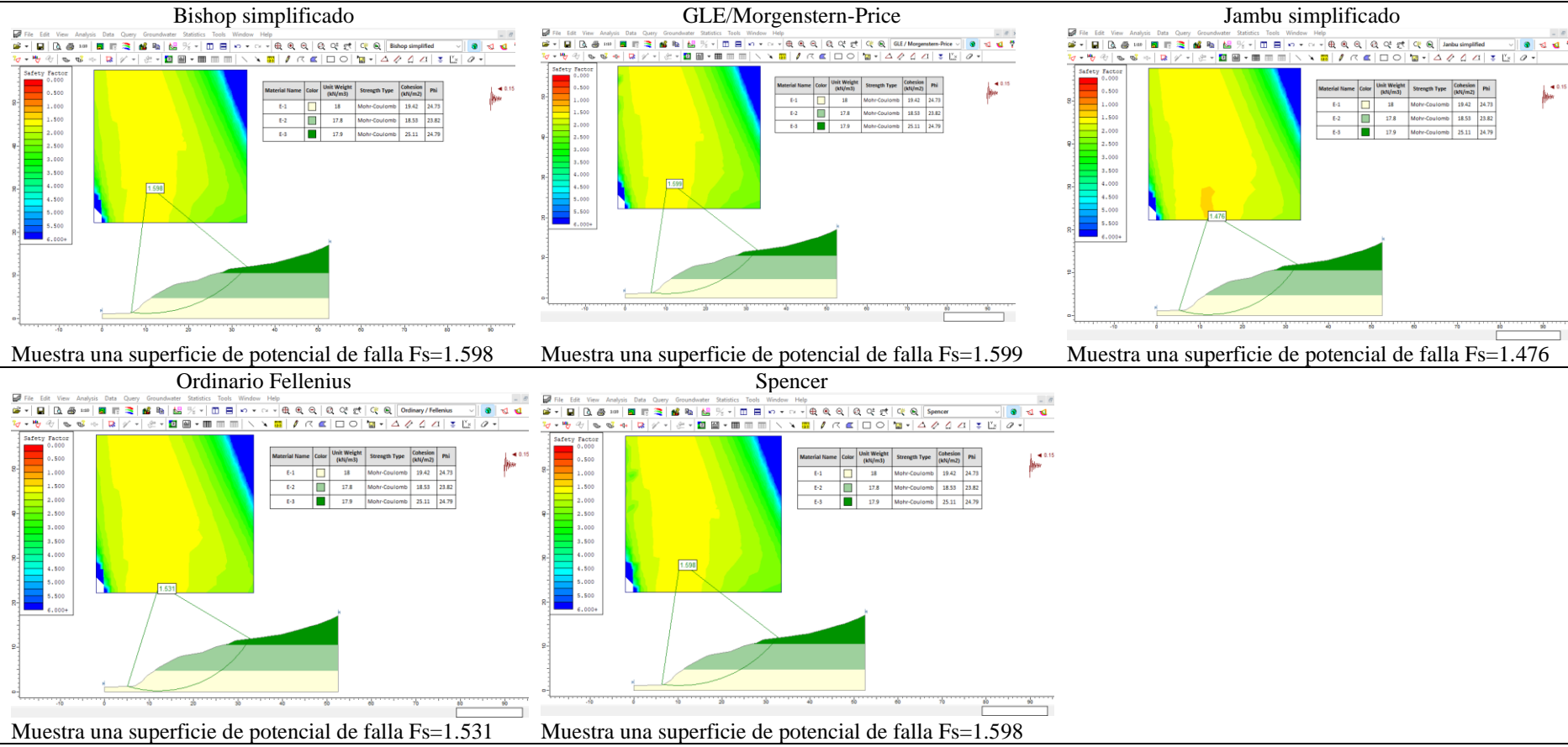
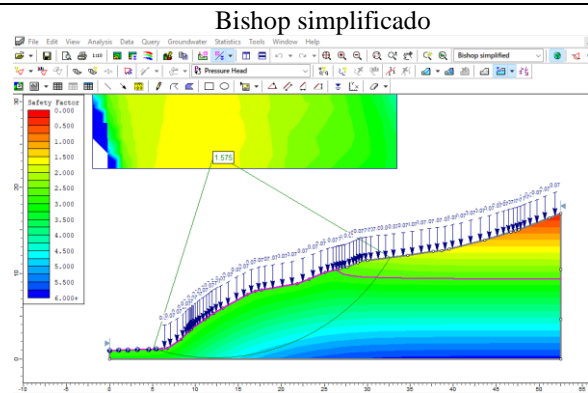
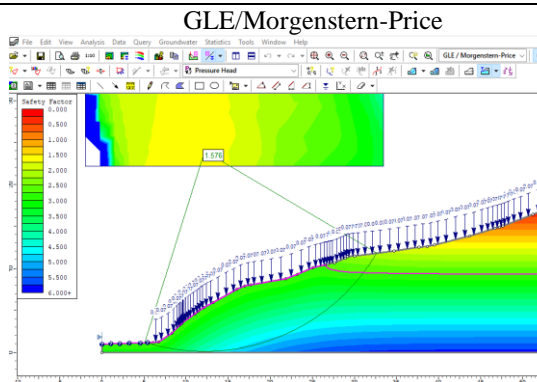


Figura 67

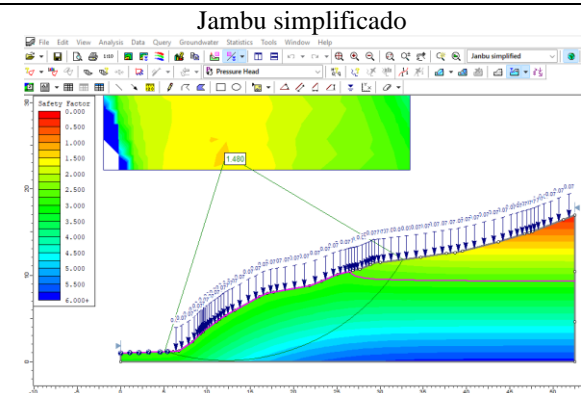
Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024



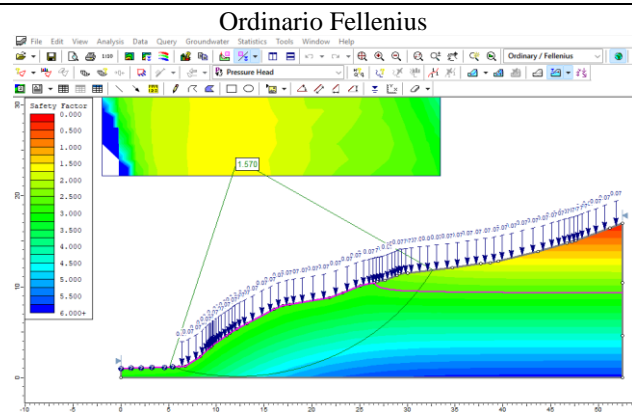
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.575$



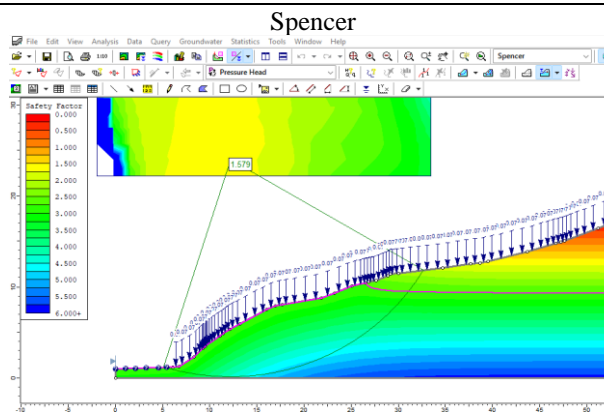
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.576$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.480$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.570$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.579$

4.1.1.2. Estabilidad del talud Tayal

La evaluación del Talud Tayal bajo condiciones estáticas, dinámicas (sísmicas) y con infiltración por lluvias fue realizada mediante cinco métodos de equilibrio límite (Bishop Simplified, GLE/Morgenstern-Price, Janbu Simplified, Ordinary/Fellenius y Spencer). En condición estática, todas las secciones presentan factores de seguridad superiores a 1.50, lo cual indica que el talud Tayal se encuentra estable frente a las fuerzas gravitacionales. El valor promedio para esta condición se encuentra entre 1.895 y 2.033, según el método aplicado. El valor mínimo, registrado en la sección 0+060, es de 1.616 (Bishop), lo que sigue estando dentro del rango aceptable establecido por la norma CE.020.

En condición sísmica, los factores de seguridad muestran leve disminución; sin embargo, los promedios por método oscilan entre 1.370 (Janbu) y 1.512 (Spencer), manteniéndose todos por encima del mínimo normativo de 1.25, lo que indica que el talud también es estable ante eventos sísmicos moderados; no obstante, las secciones con valores mínimos (como 0+060 con 1.124 en Janbu y 1.241 en GLE) se encuentran cercanas al umbral.

La condición más crítica se presenta bajo infiltración por lluvias, donde los factores de seguridad disminuyen significativamente. Si bien los promedios siguen por encima de 1.40, se identifican valores mínimos alarmantes, como 1.007 (Janbu), 1.009 (Spencer), y 1.101 (Bishop y GLE) en la sección 0+060. Estas cifras indican que el talud se encuentra en estado de inestabilidad parcial bajo saturación del suelo, y requeriría medidas de estabilización, especialmente en los tramos más vulnerables (0+010 y 0+060).

Tabla 17

Factores de Seguridad del Talud Tayal

Secciones	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/Fellenius			Spencer			
	Factor de seguridad Condición															
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	
0+000	2.103	1.63	1.659	2.097	1.626	1.66	1.981	1.502	1.605	2.021	1.567	1.684	2.01	1.658	1.665	
0+010	1.783	1.344	1.206	1.779	1.343	1.206	1.615	1.197	1.093	1.66	1.247	1.225	1.782	1.343	1.207	
0+020	2.079	1.493	1.405	2.074	1.492	1.405	1.902	1.361	1.284	1.962	1.409	1.437	2.069	1.494	1.402	
0+030	2.319	1.616	1.587	2.315	1.615	1.587	2.139	1.486	1.451	2.205	1.539	1.616	2.315	1.617	1.587	
0+040	2.336	1.649	1.643	2.333	1.649	1.64	2.183	1.5	1.498	2.237	1.569	1.65	2.331	1.651	1.641	
0+050	2.018	1.439	1.346	2.015	1.436	1.343	1.877	1.32	1.254	1.952	1.369	1.382	2.013	1.439	1.342	
0+060	1.616	1.242	1.101	1.61	1.241	1.101	1.521	1.124	1.007	1.552	1.179	1.158	1.613	1.242	1.009	
0+070	2.009	1.6	1.578	2.008	1.597	1.578	1.942	1.473	1.528	1.942	1.539	1.631	2.007	1.65	1.581	
Máximo	2.336	1.649	1.659	2.333	1.649	1.66	2.183	1.502	1.605	2.237	1.569	1.684	2.331	1.658	1.665	
Mínimo	1.616	1.242	1.101	1.61	1.241	1.101	1.521	1.124	1.007	1.552	1.179	1.158	1.613	1.242	1.009	
Promedio	2.033	1.502	1.441	2.029	1.500	1.440	1.895	1.370	1.340	1.941	1.427	1.473	2.018	1.512	1.429	

Figura 68

Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+000

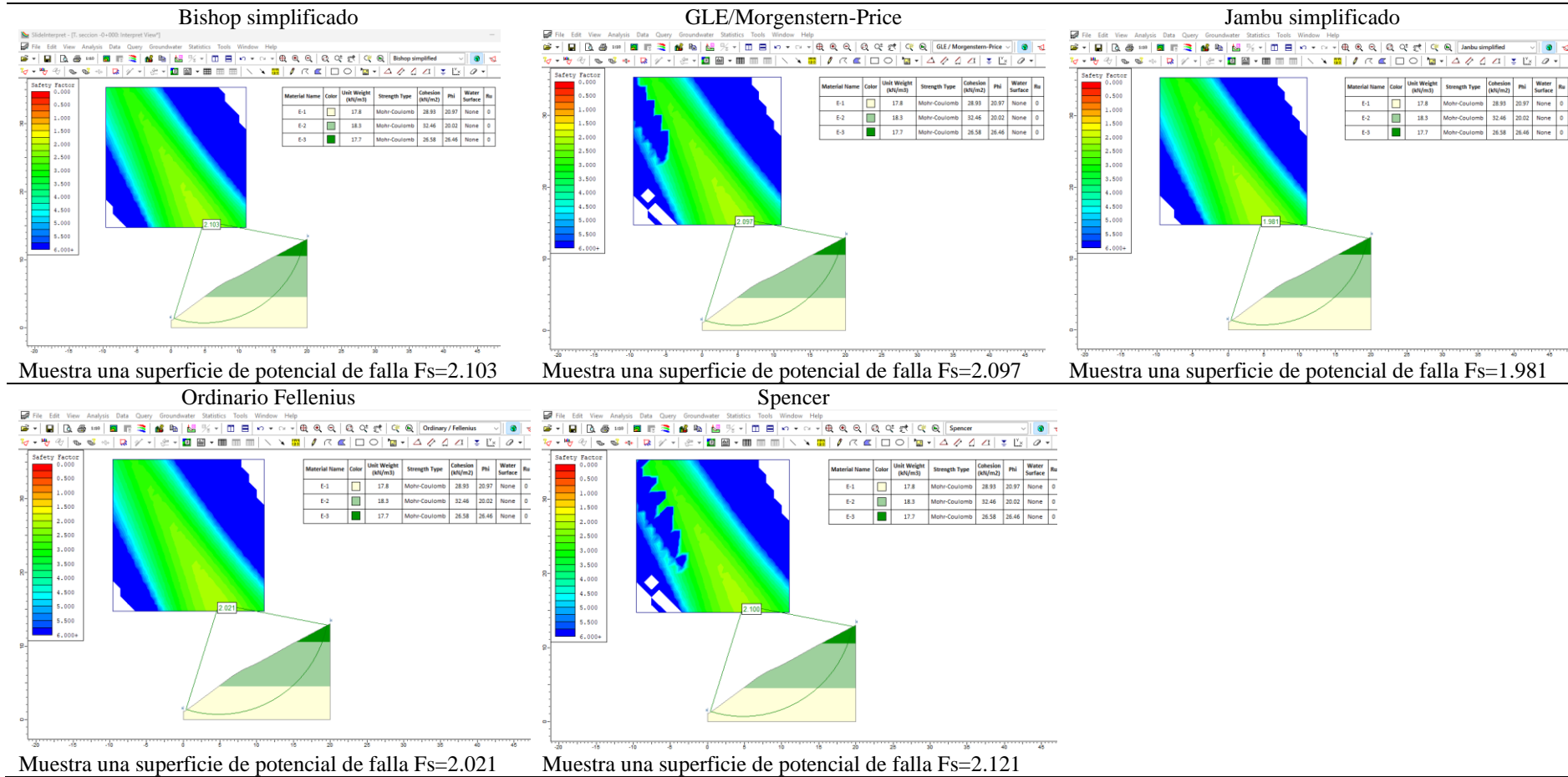


Figura 69

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+000

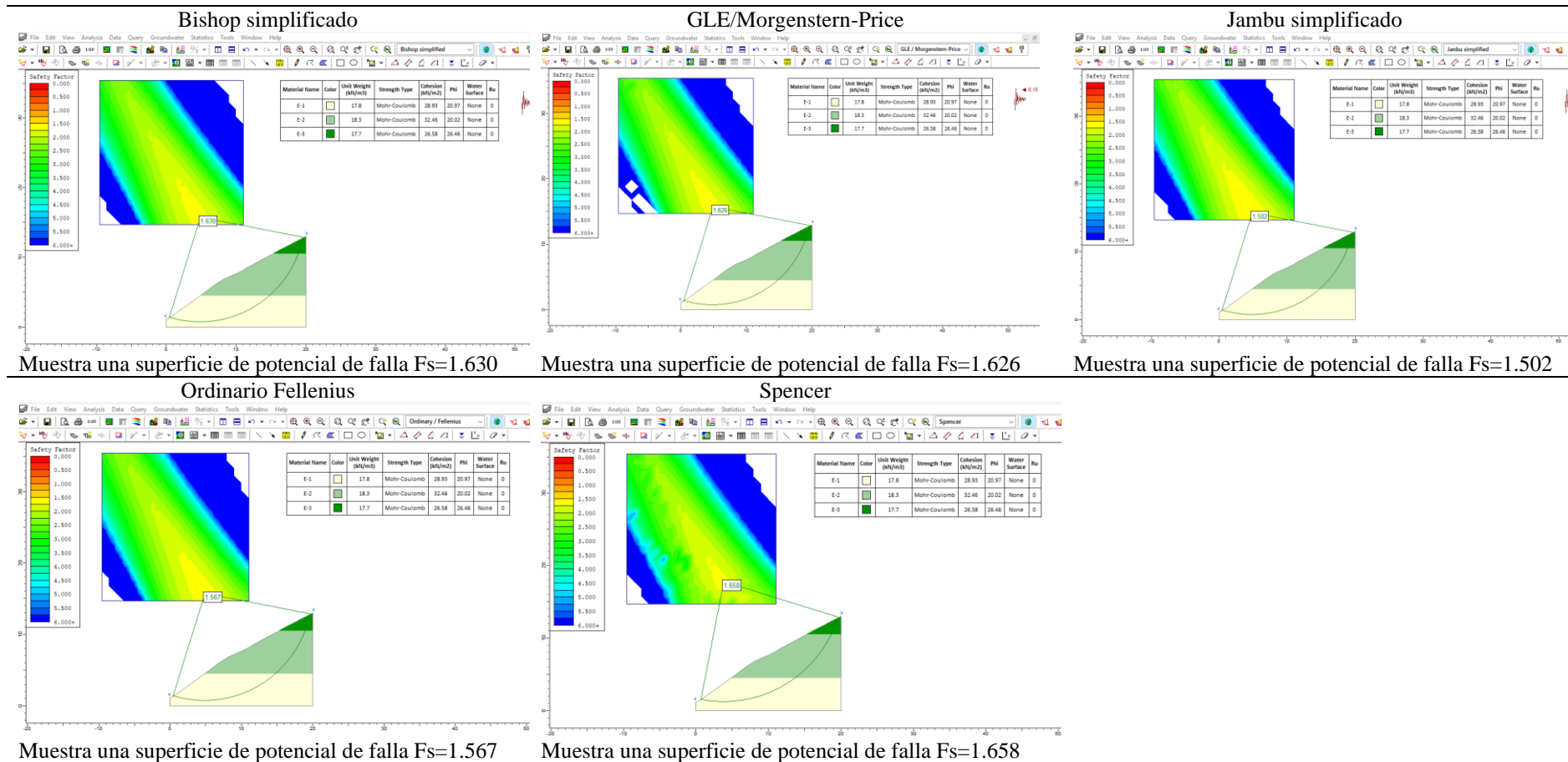


Figura 70

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+000

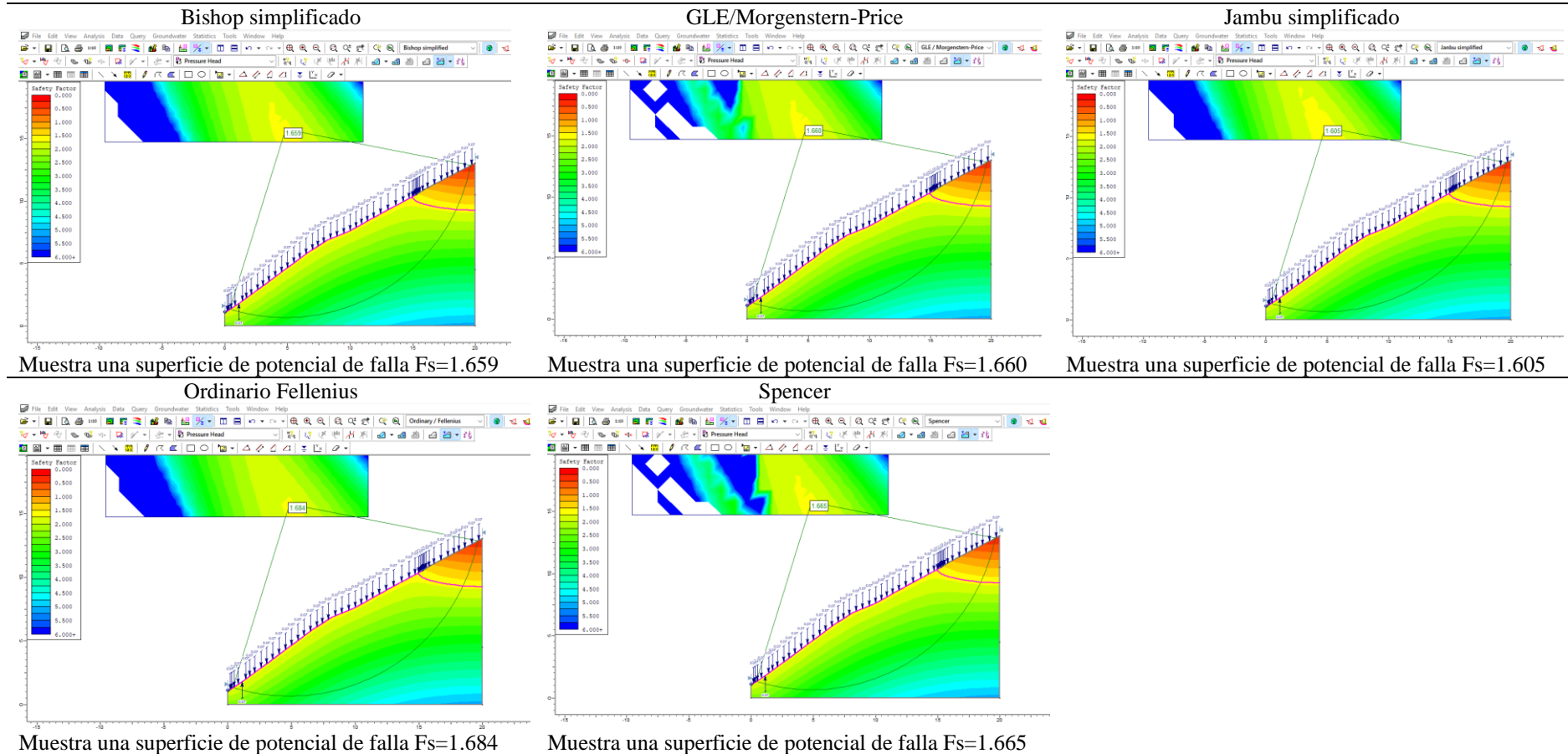


Figura 71

Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+010

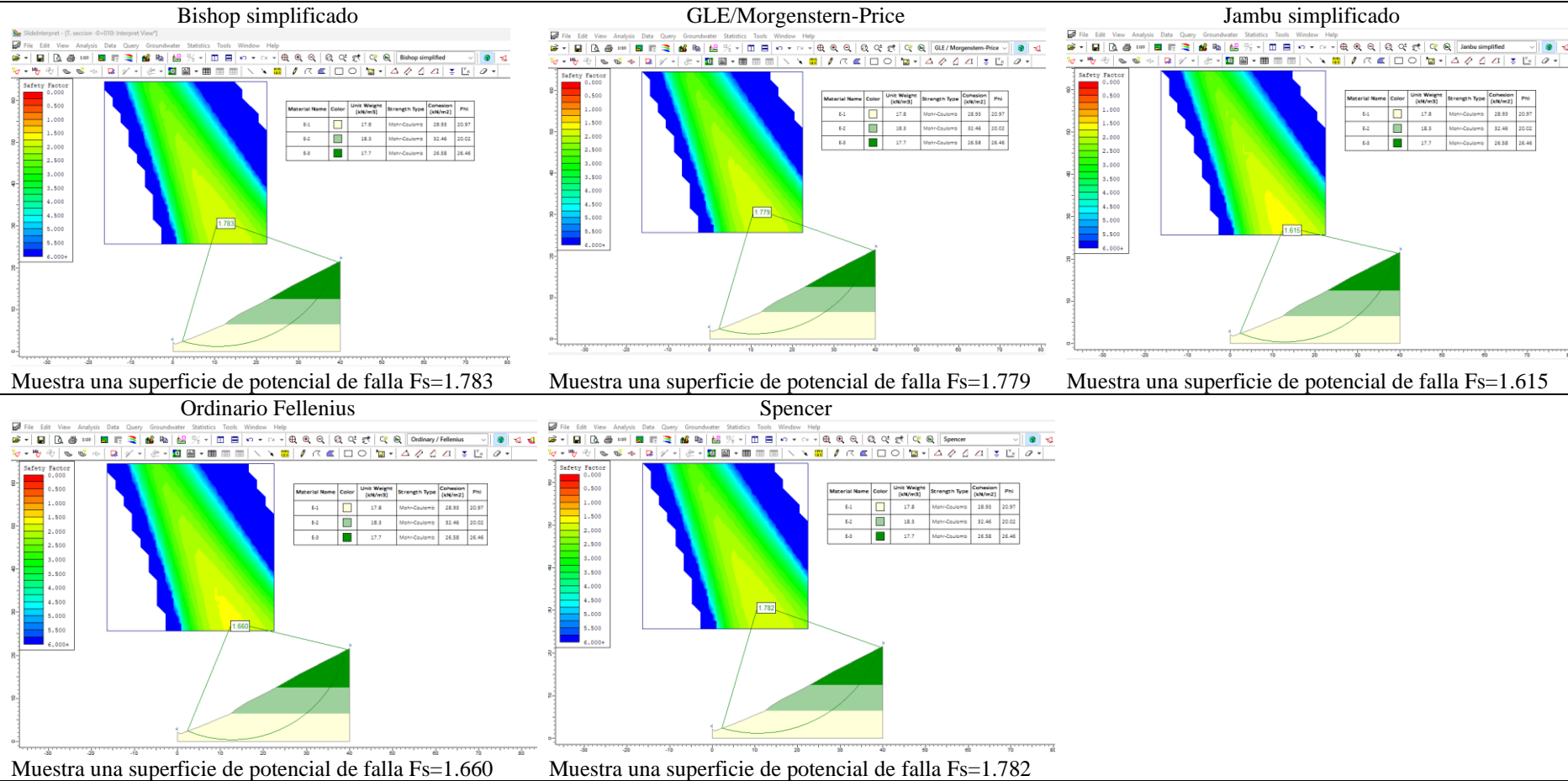
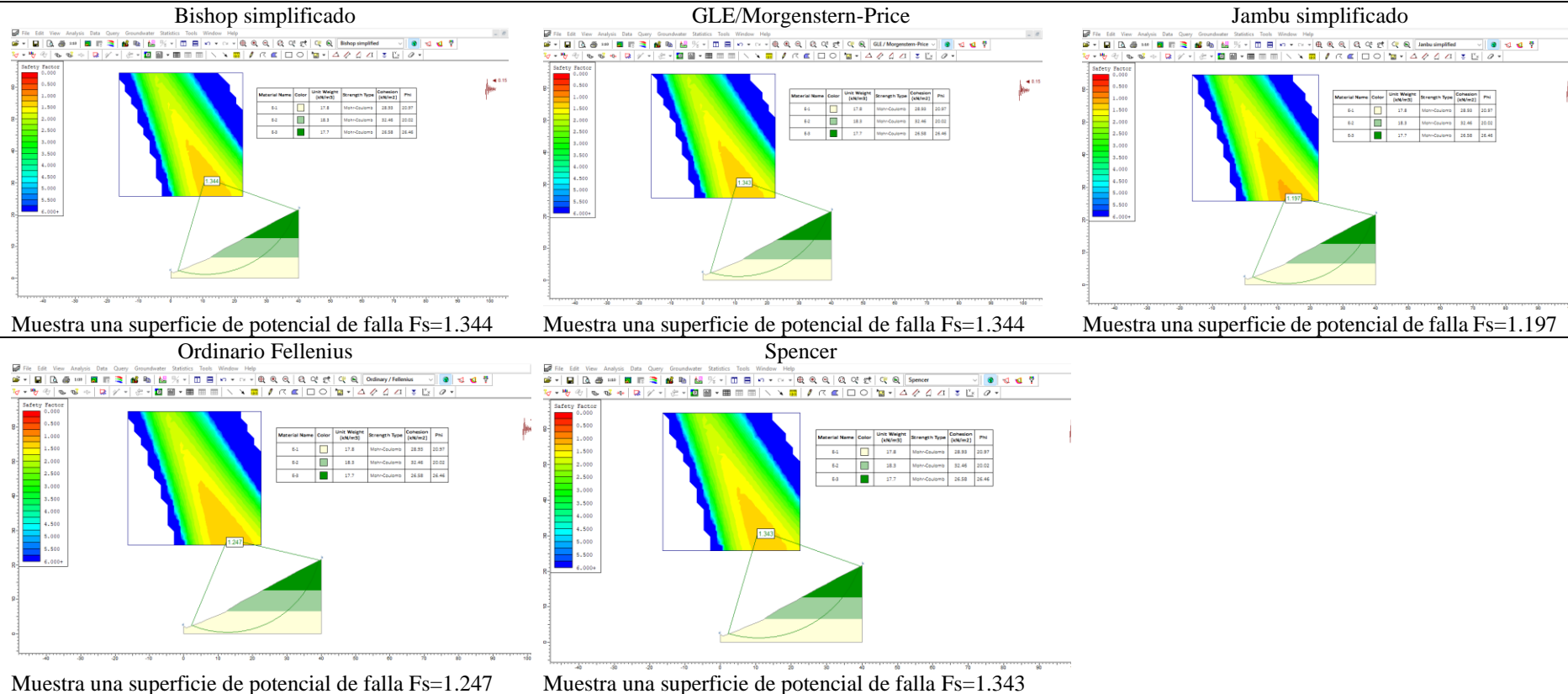


Figura 72

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Taya, Sección K 0+010



Muestra una superficie de potencial de falla Fs=1.344

Muestra una superficie de potencial de falla Fs=1.344

Muestra una superficie de potencial de falla Fs=1.197

Muestra una superficie de potencial de falla Fs=1.247

Muestra una superficie de potencial de falla Fs=1.343

Figura 73

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Taya, Sección K 0+010

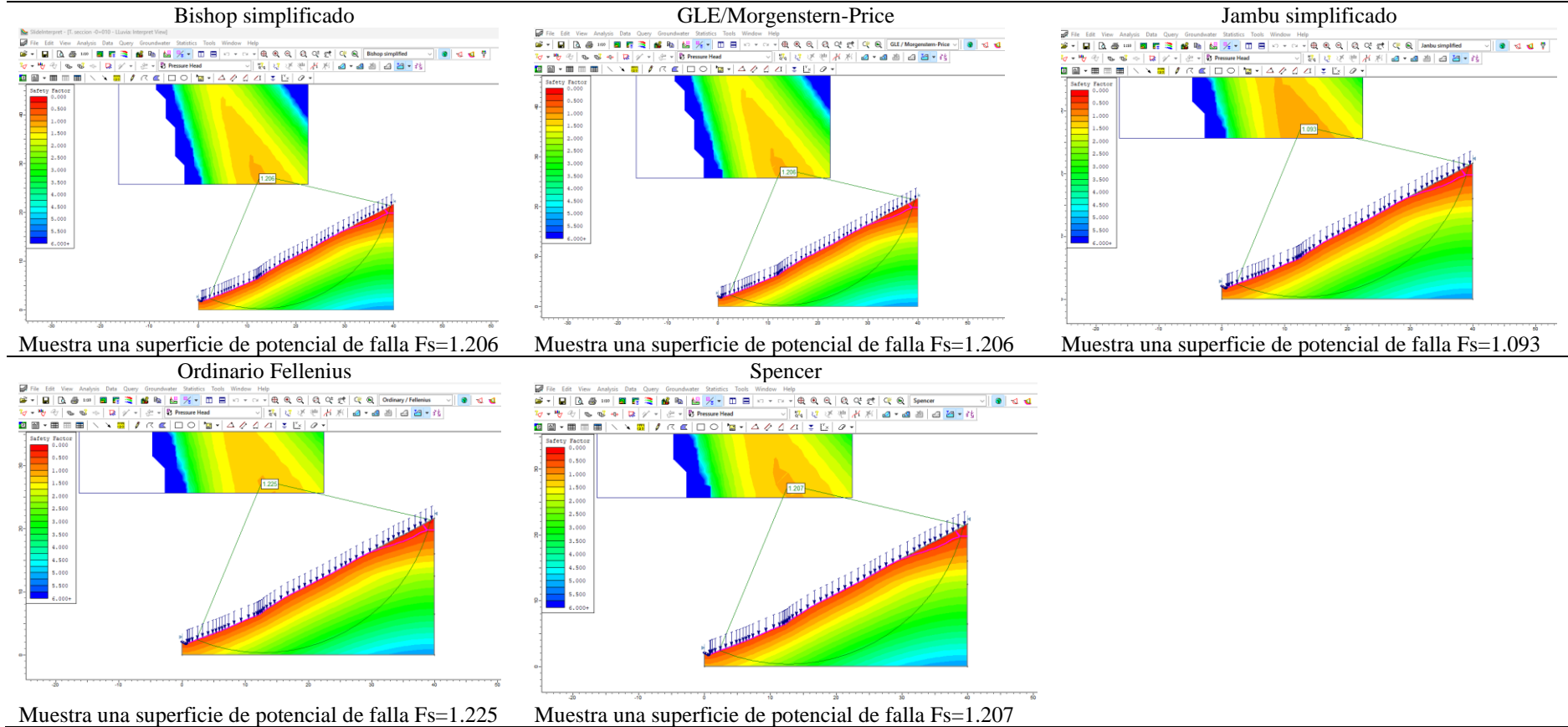


Figura 74

Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+020

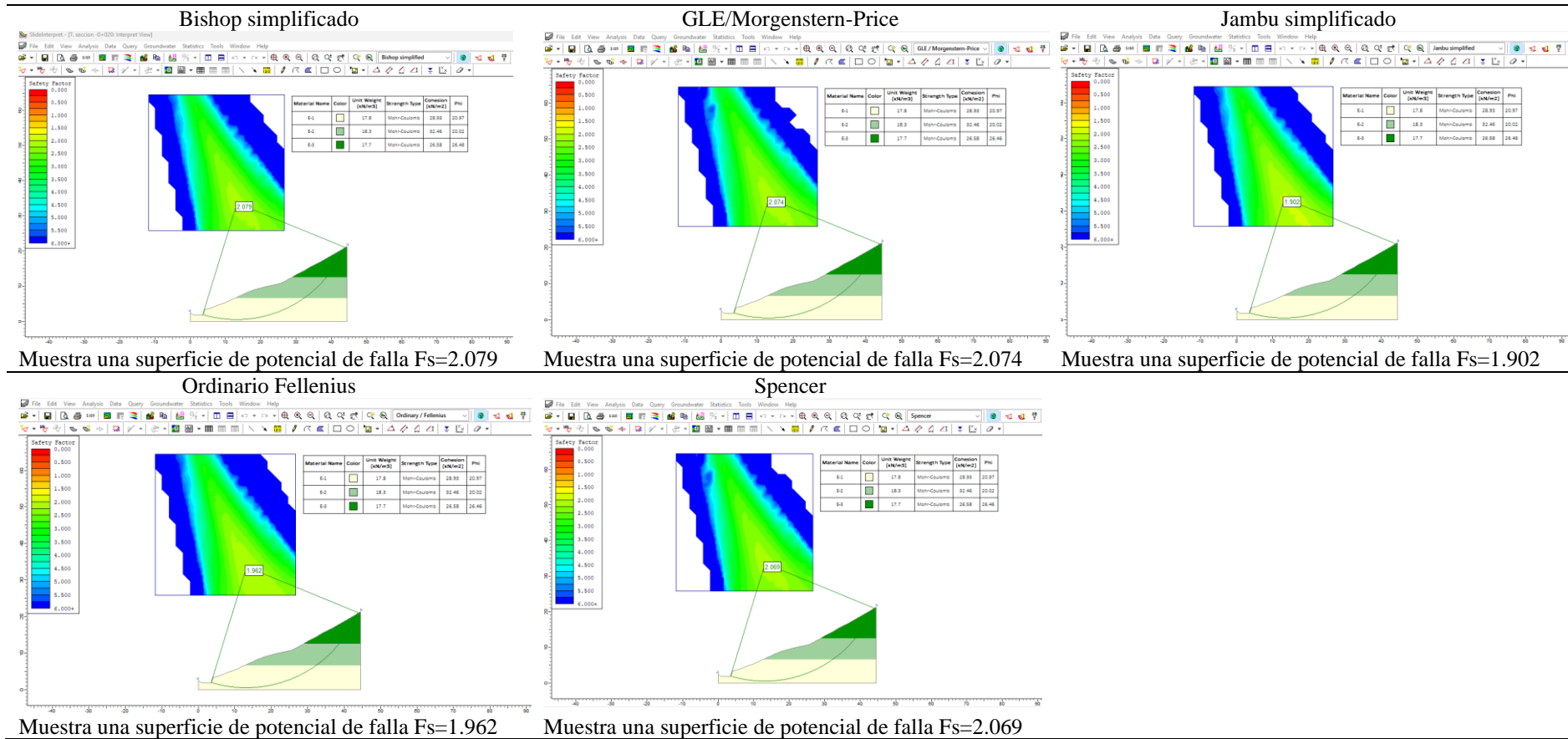


Figura 75 A

nálisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+020

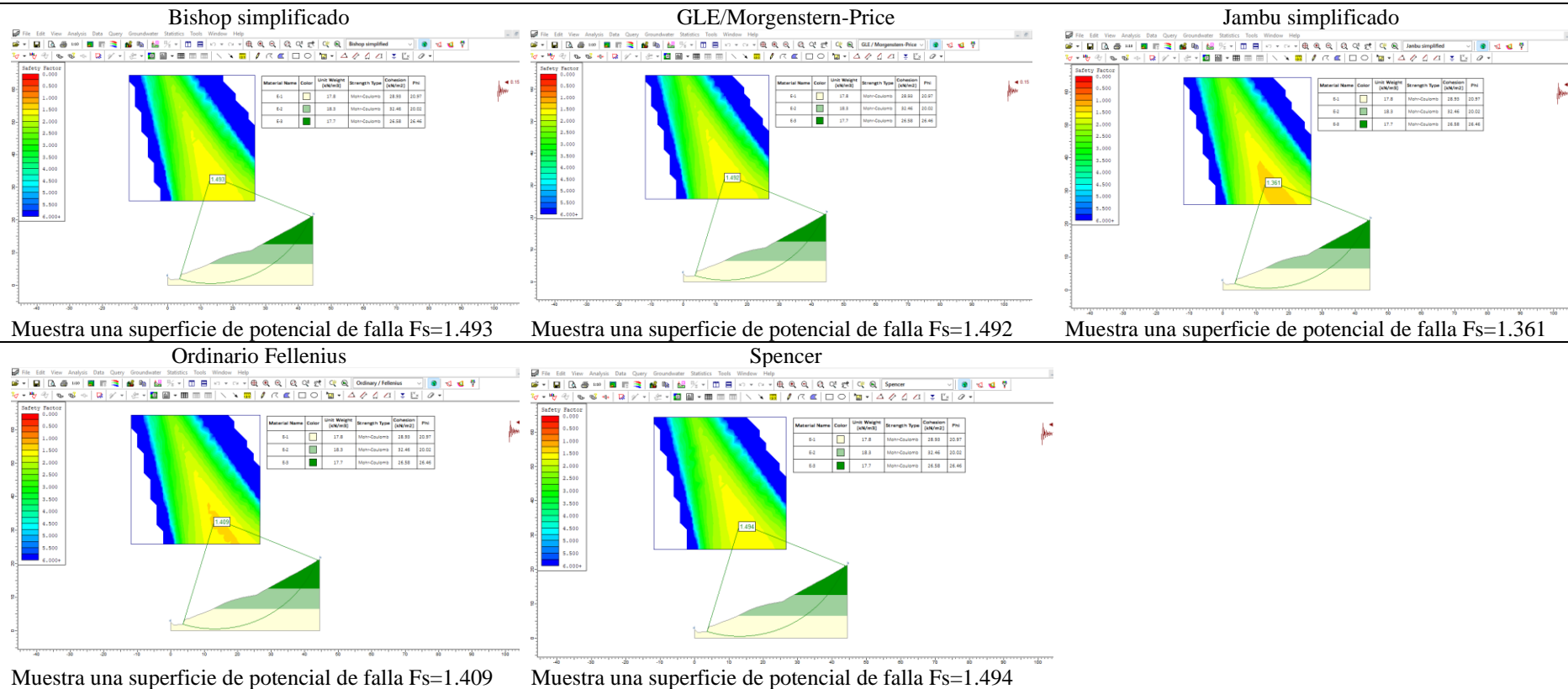
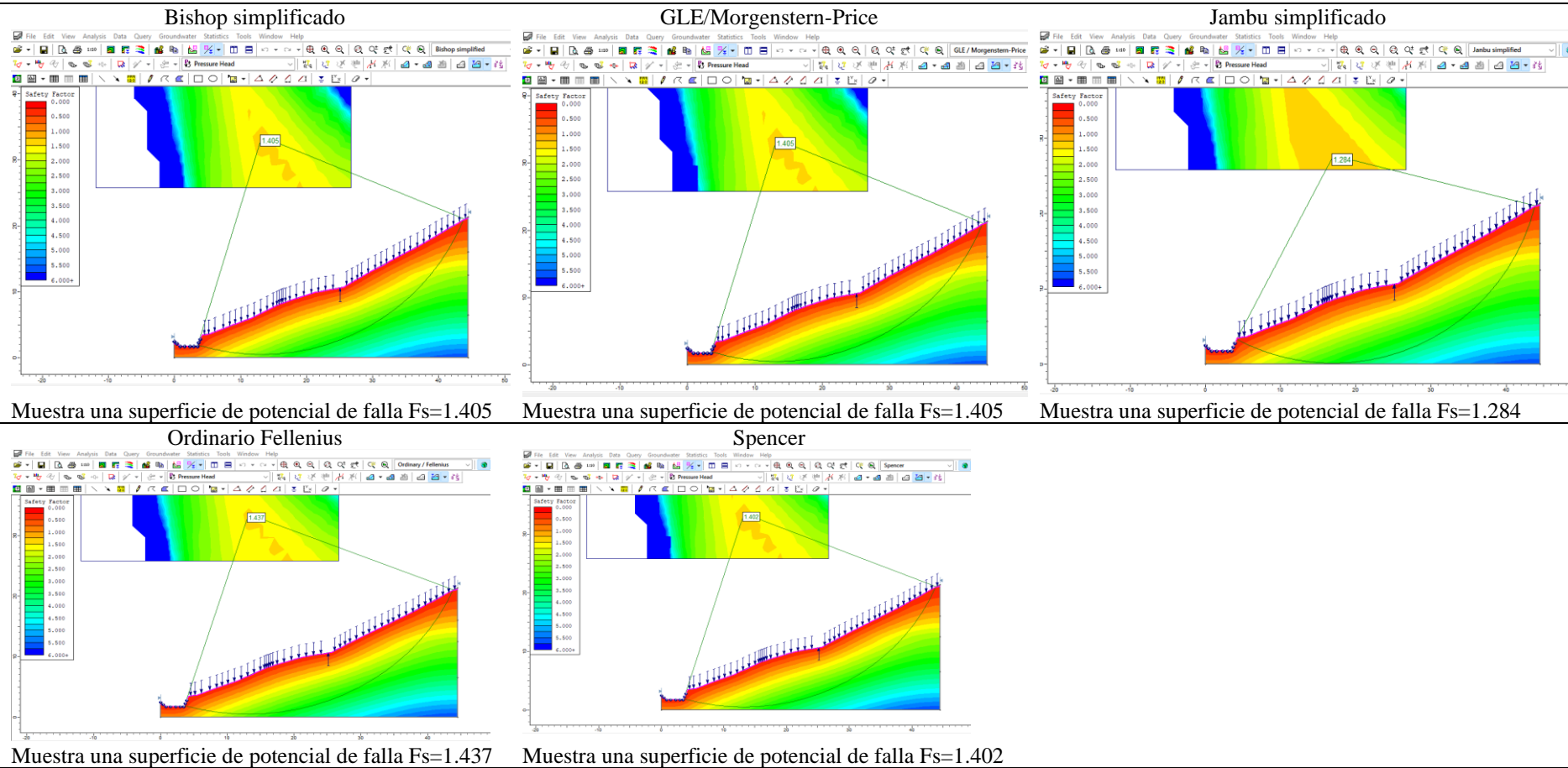


Figura 76

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+020



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s = 1.405$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s = 1.405$

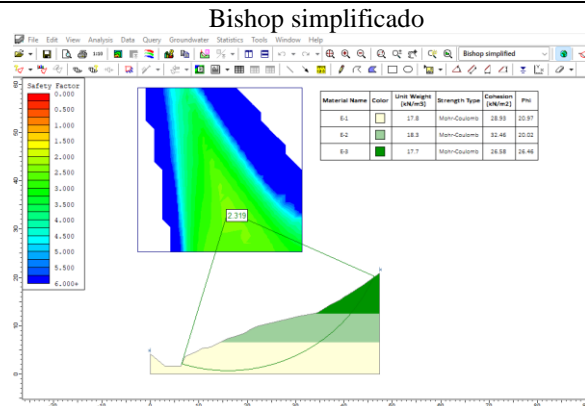
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s = 1.284$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s = 1.437$

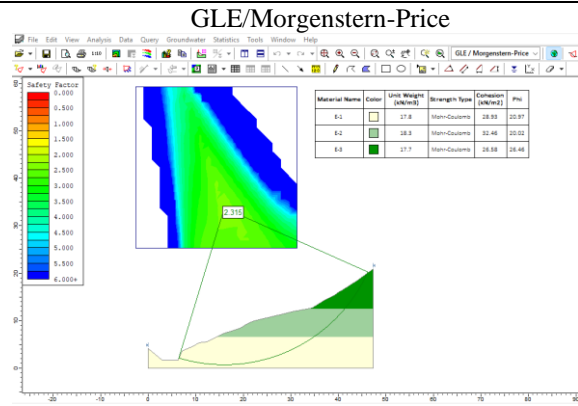
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s = 1.402$

Figura 77

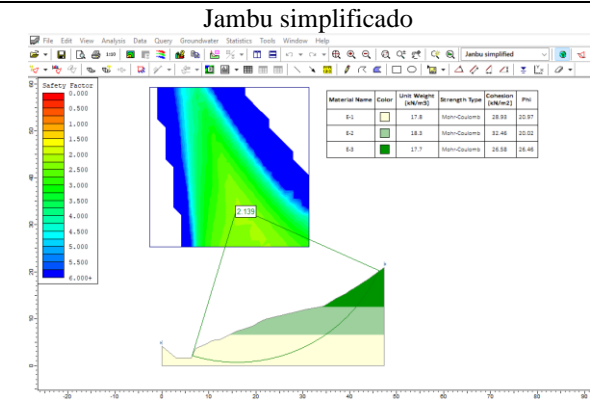
Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+030



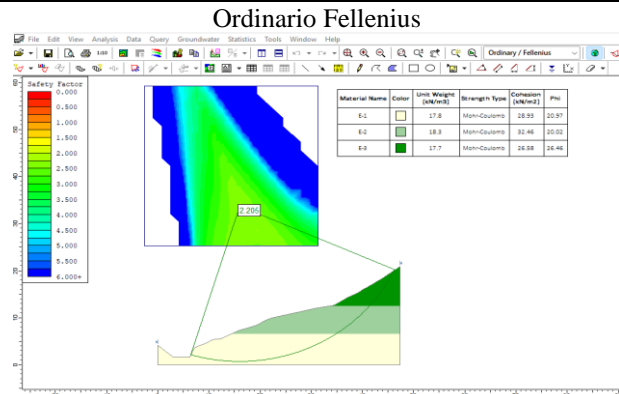
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.319$



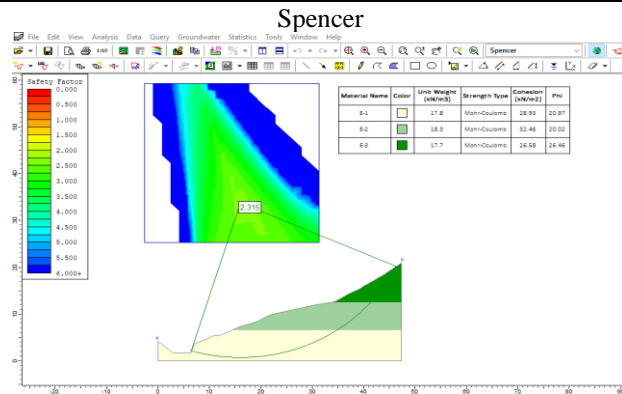
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.310$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.139$



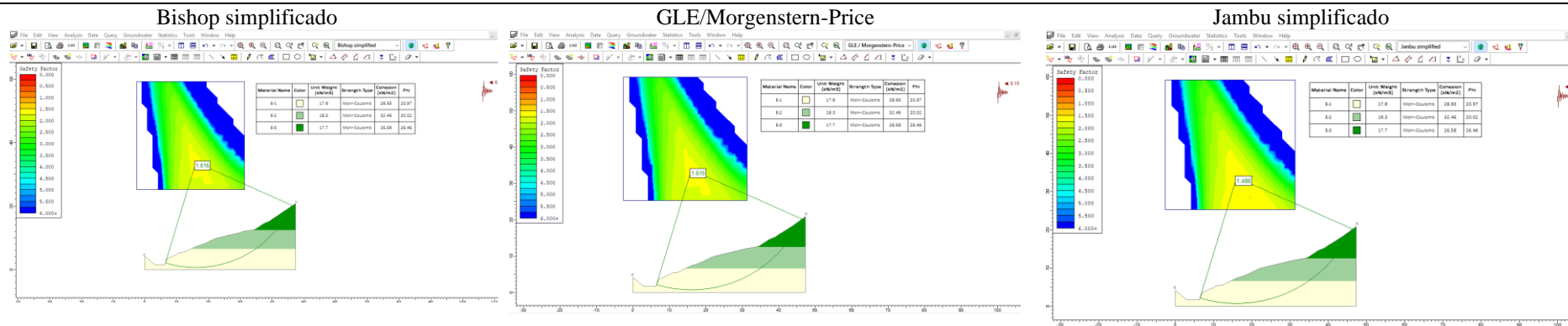
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.205$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.315$

Figura 78

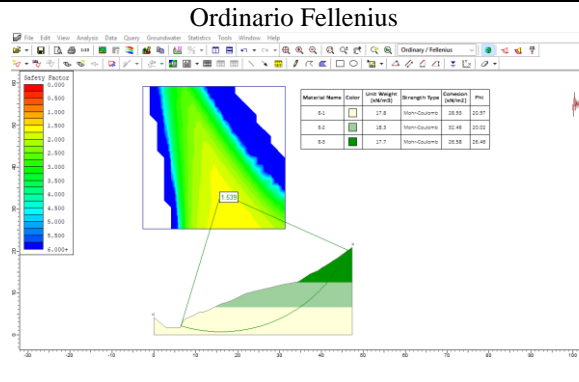
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+030



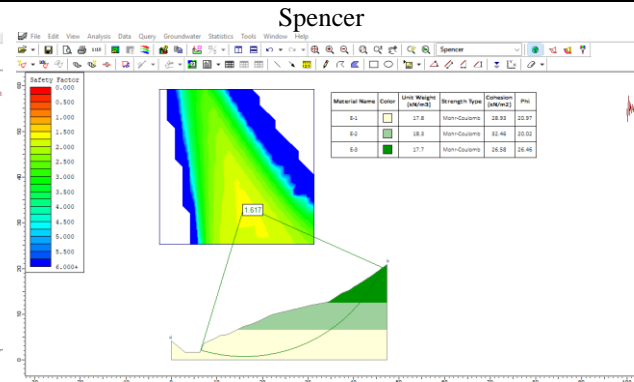
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.616$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.615$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.486$



Ordinario Fellenius



Spencer

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.539$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.617$

Figura 79

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Taya, Sección K 0+030

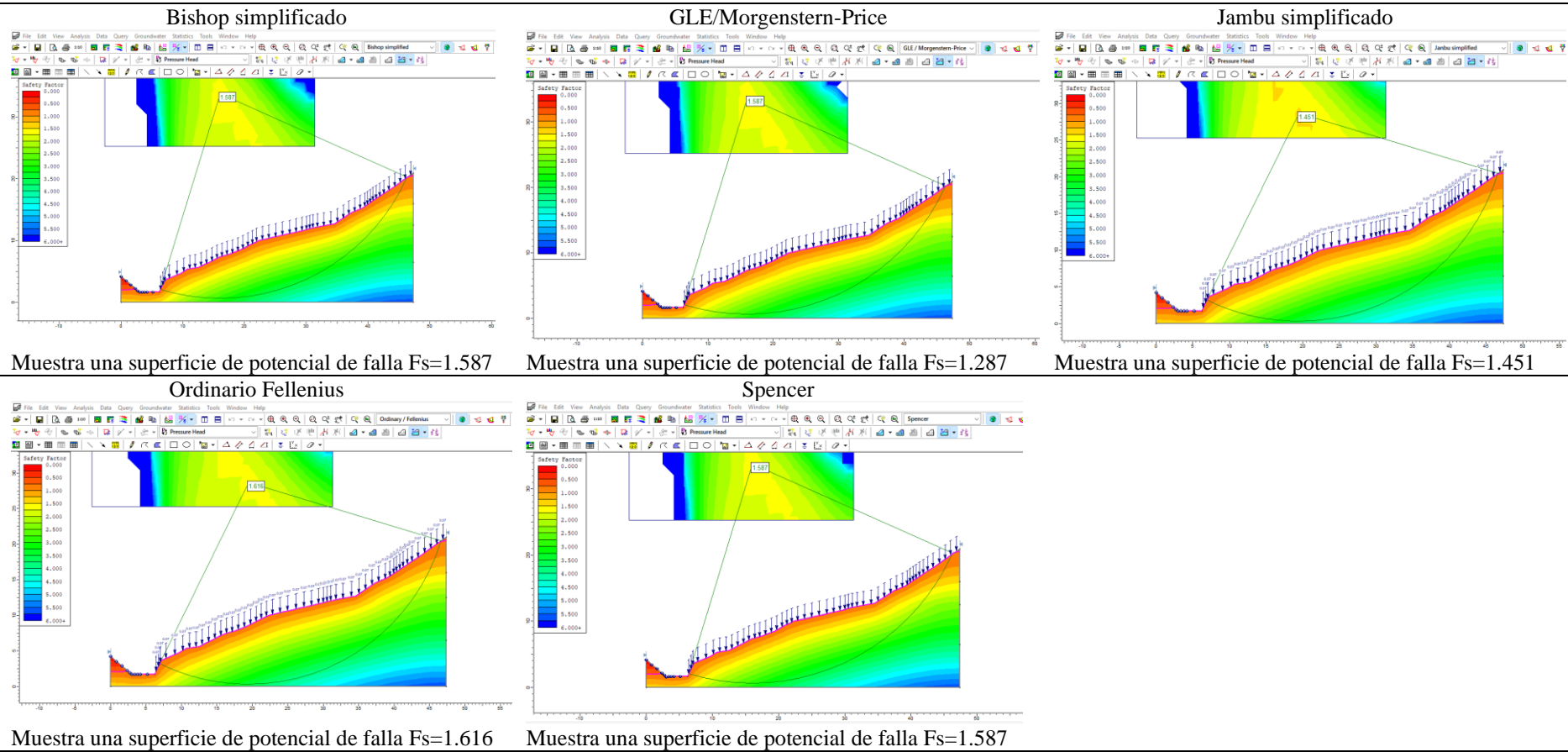
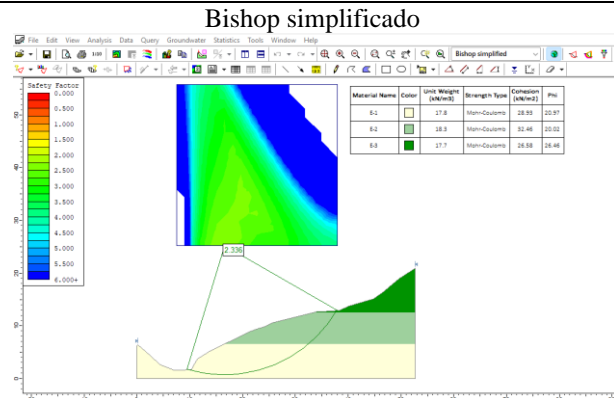
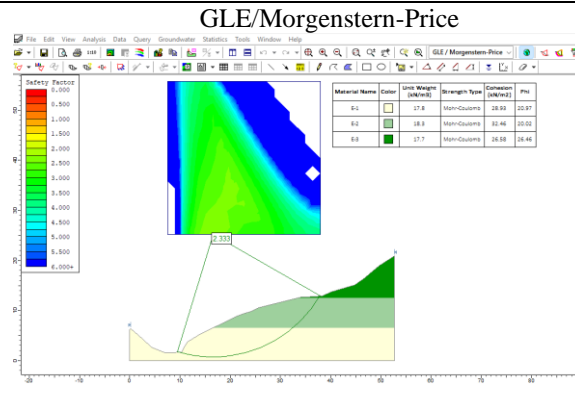


Figura 80

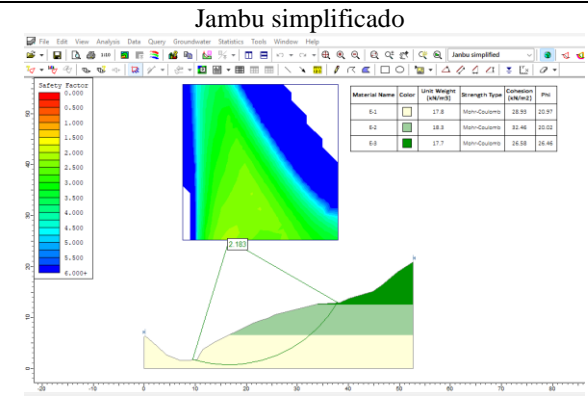
Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+040



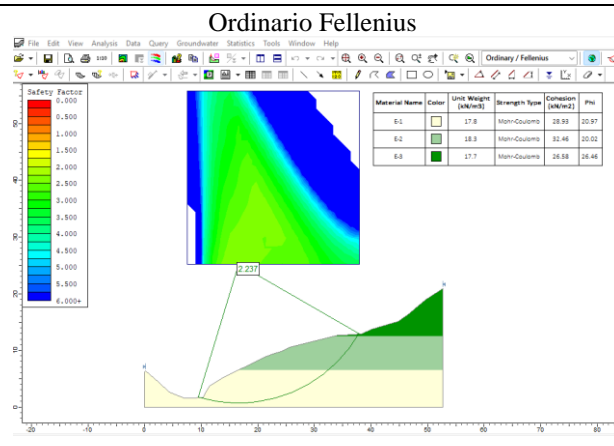
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.336$



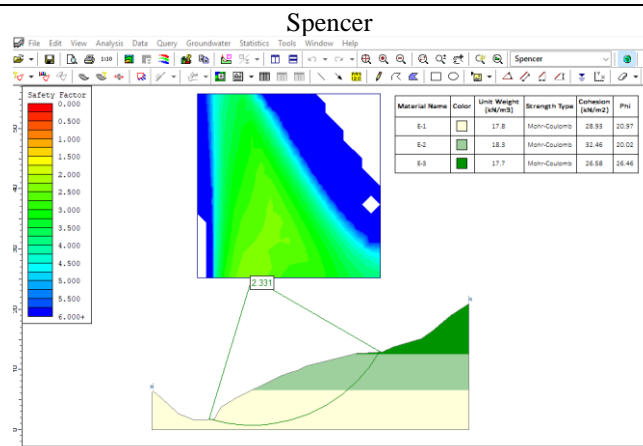
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.333$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.183$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.237$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.331$

Figura 81

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+040

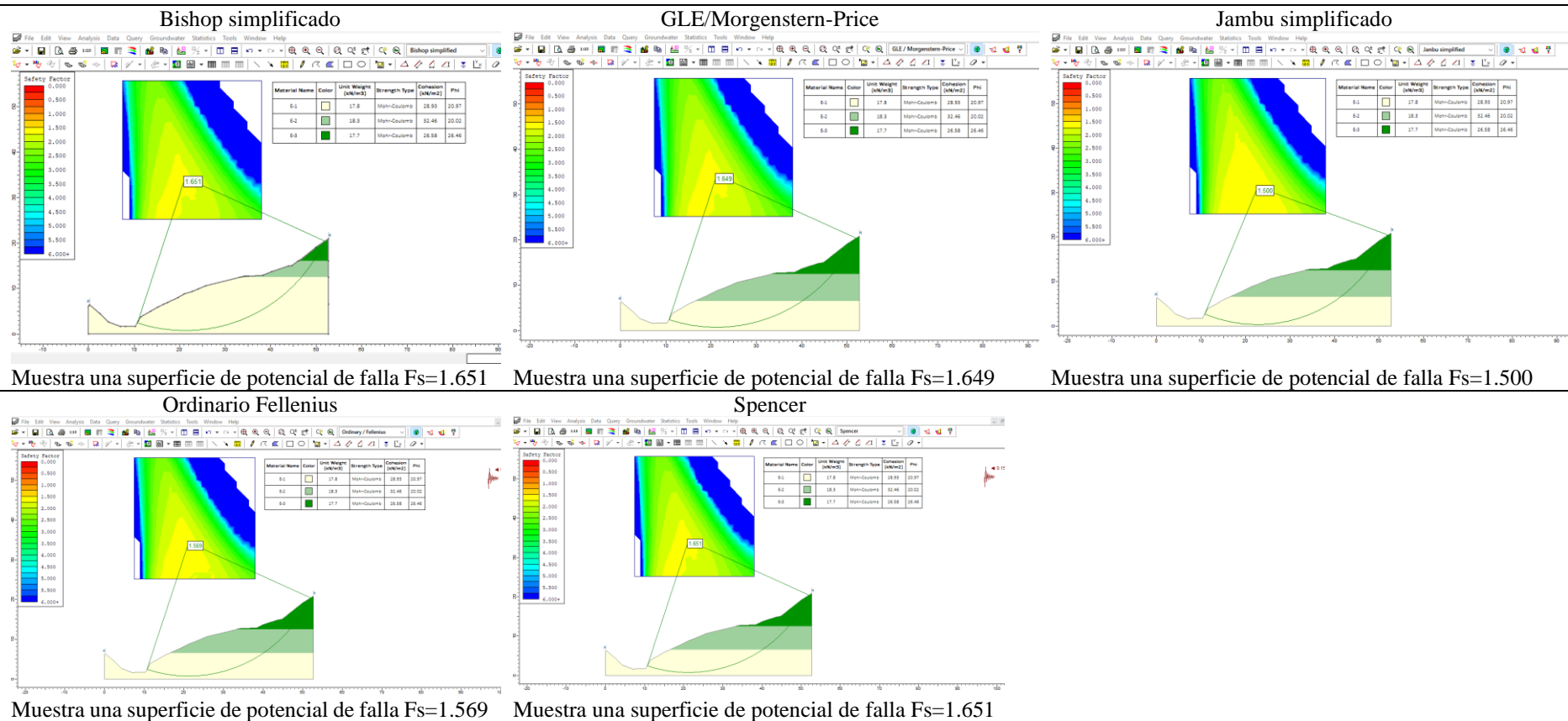


Figura 82

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+040

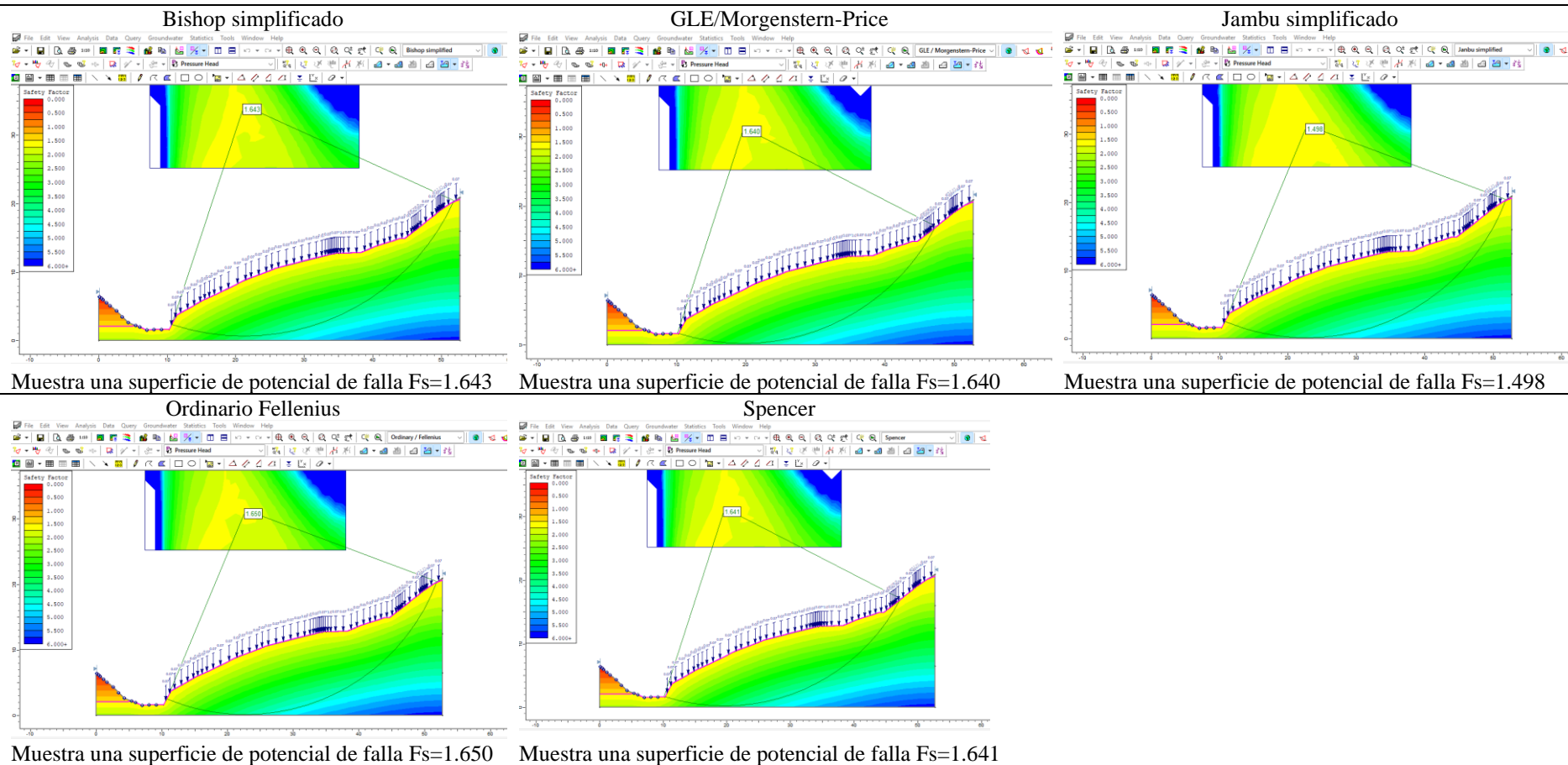


Figura 83

Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+050

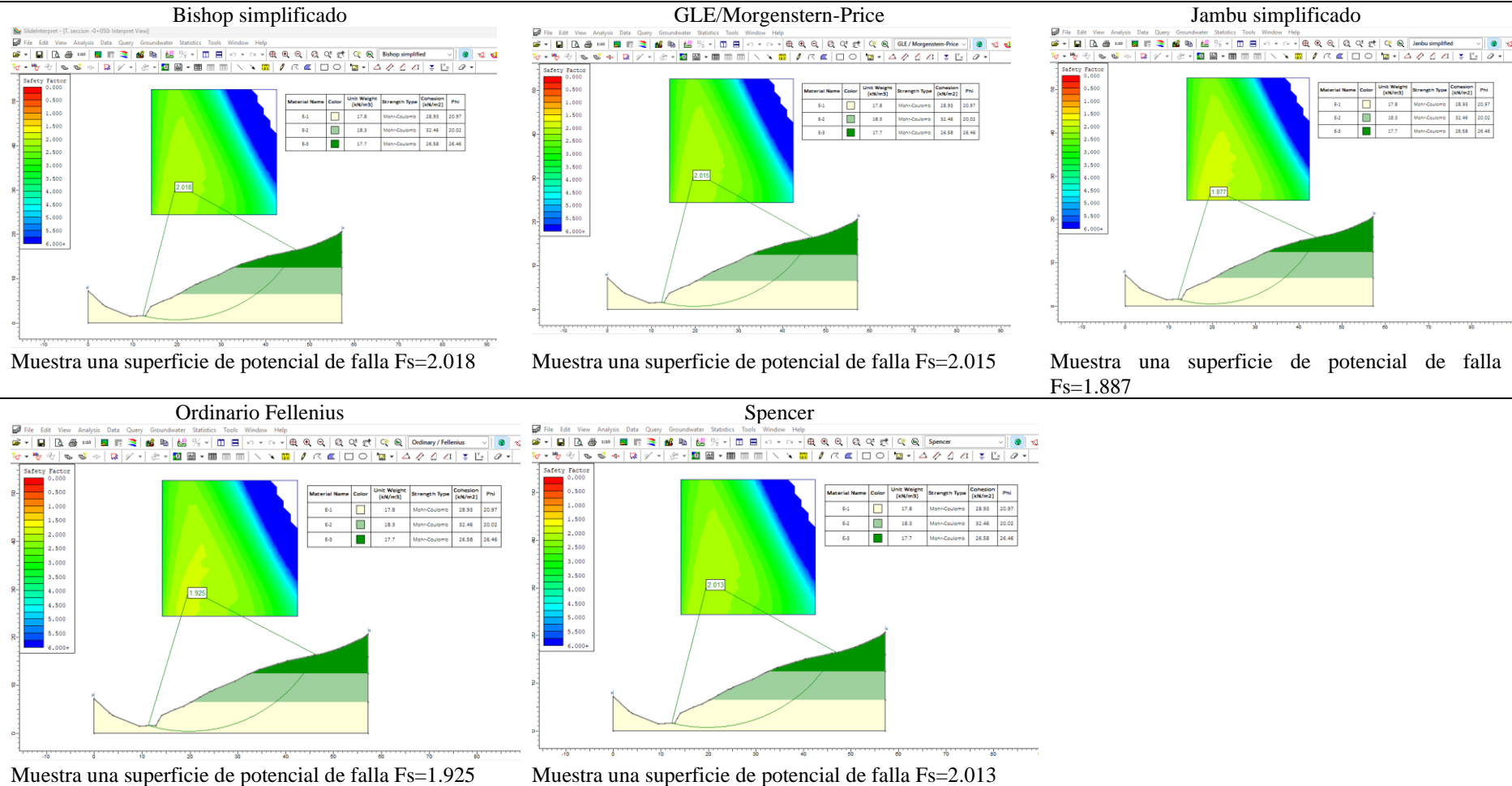


Figura 84

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+050

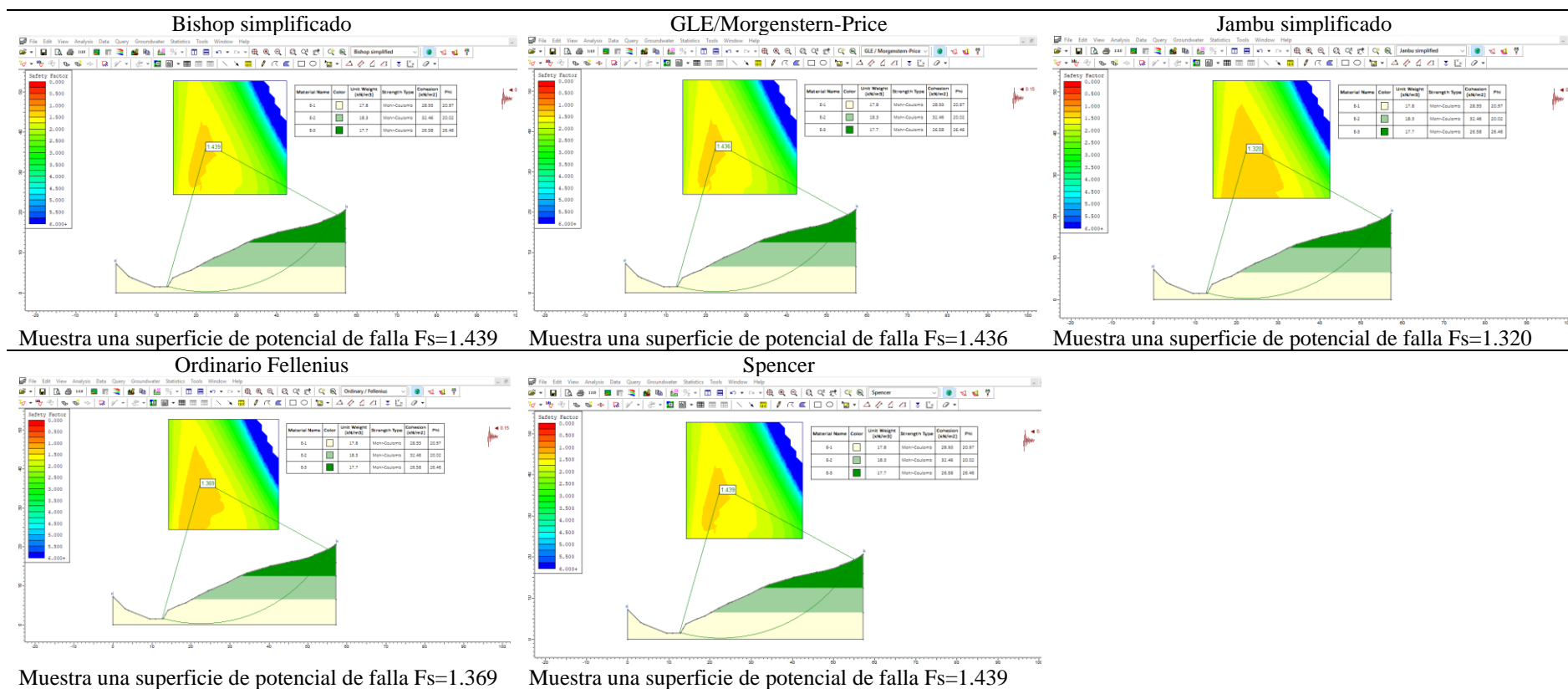


Figura 85

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Taya, Sección K 0+050

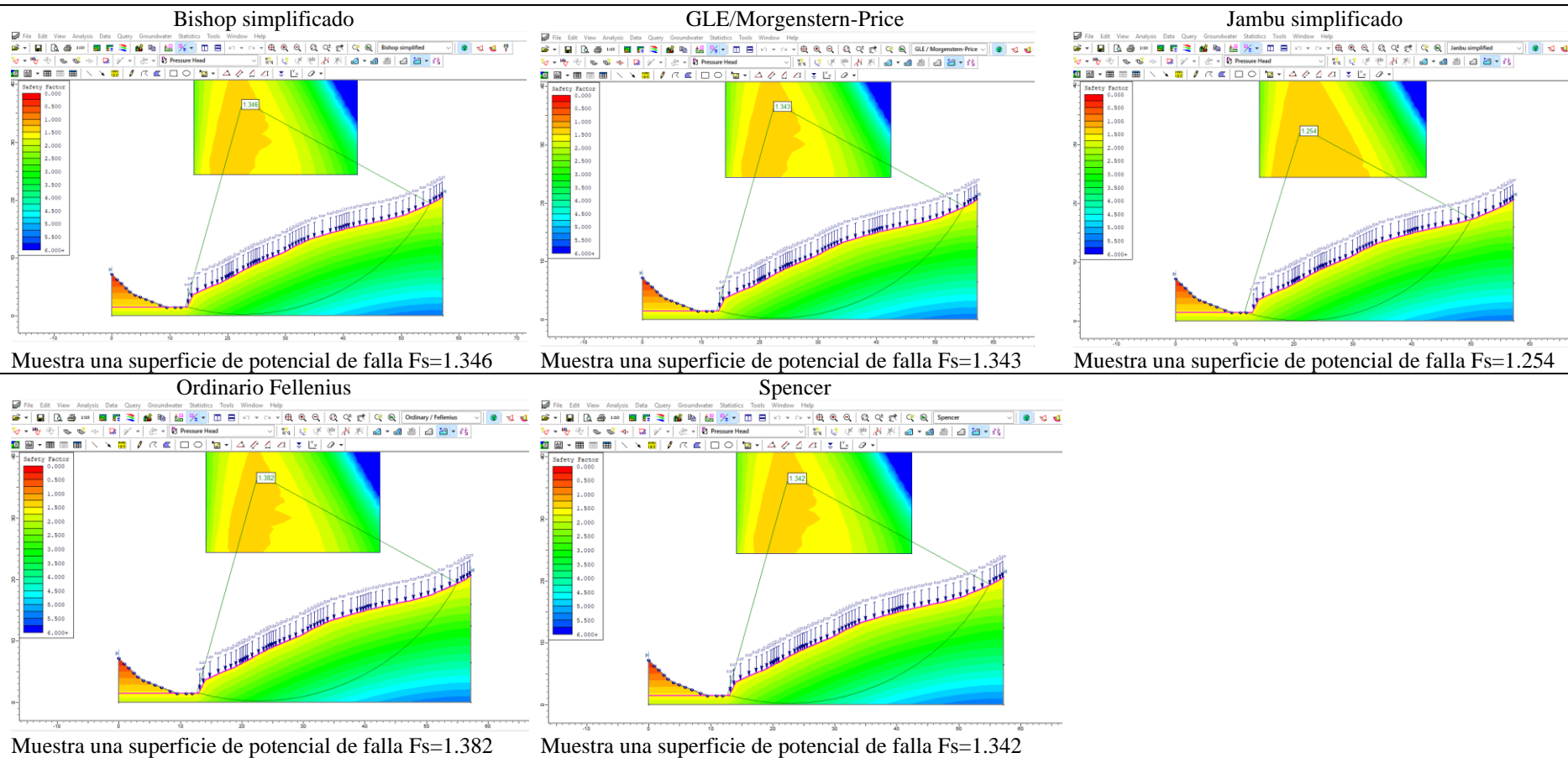


Figura 86

Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+060

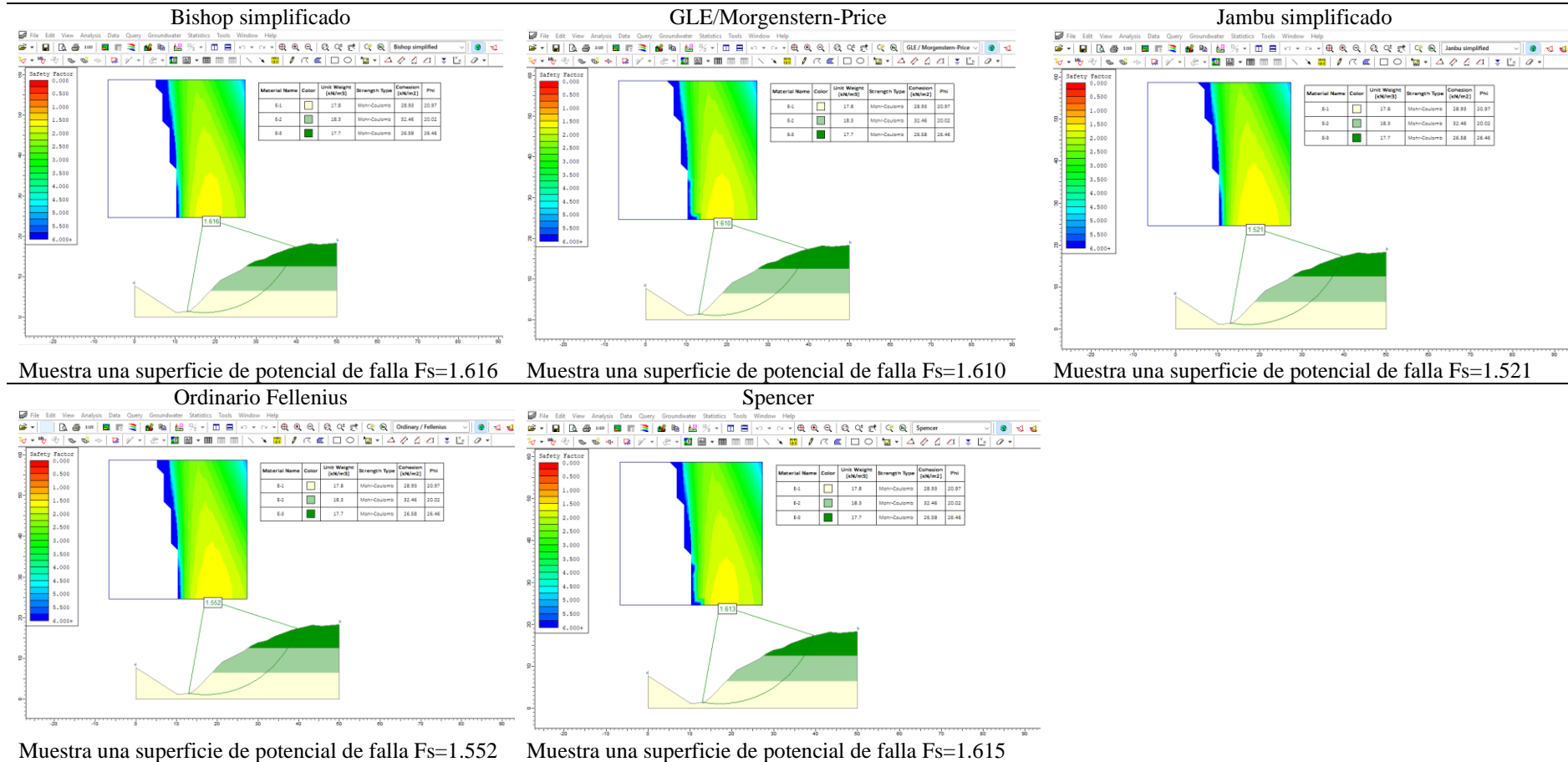


Figura 87

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+060

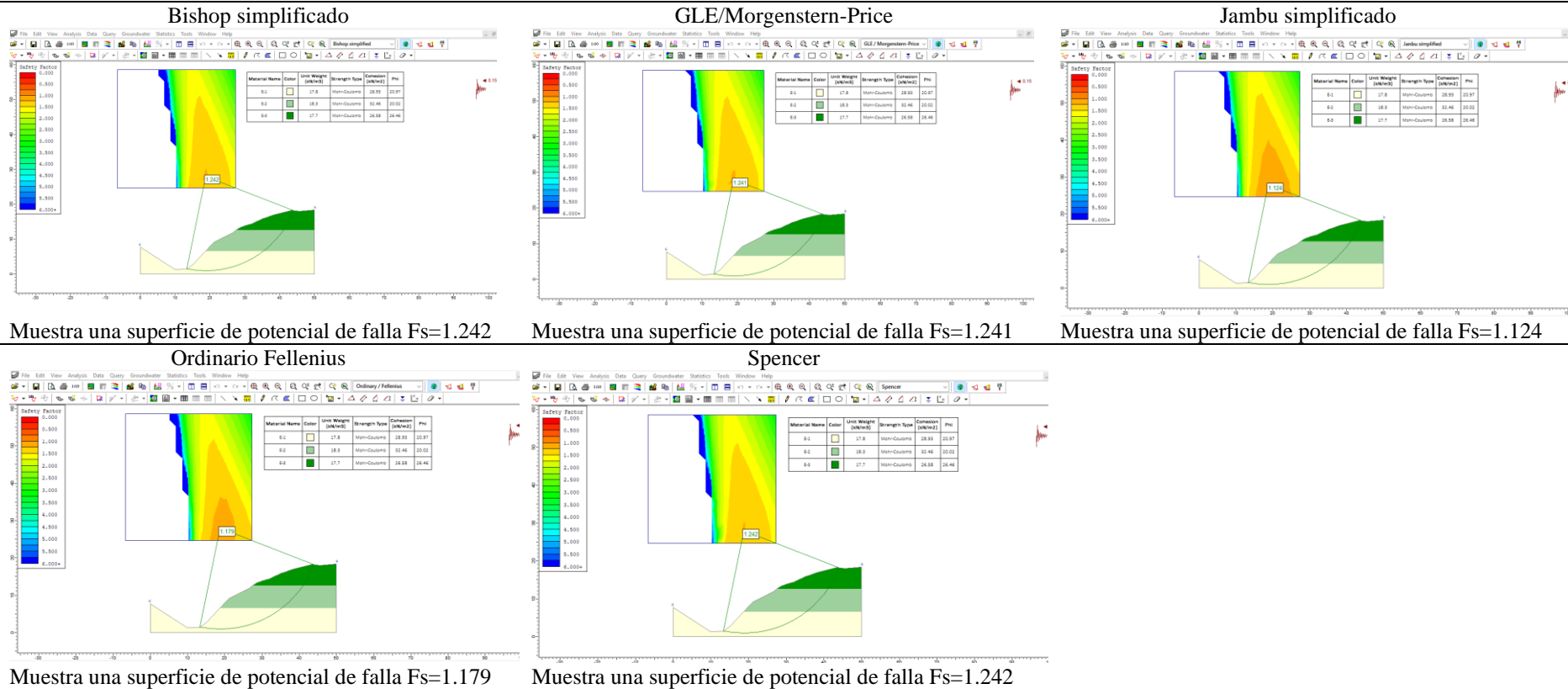
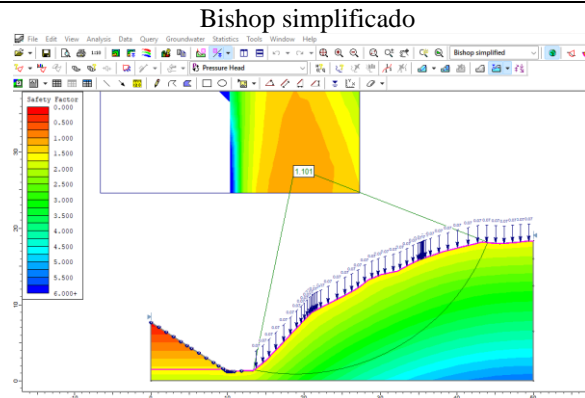
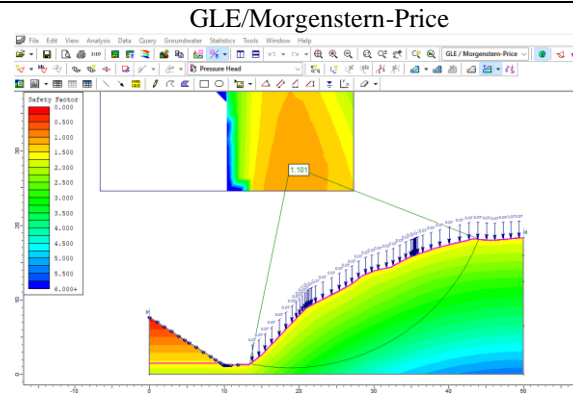


Figura 88

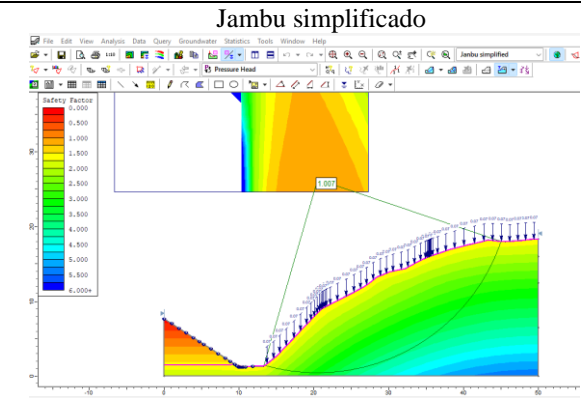
Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Taya, Sección K 0+060



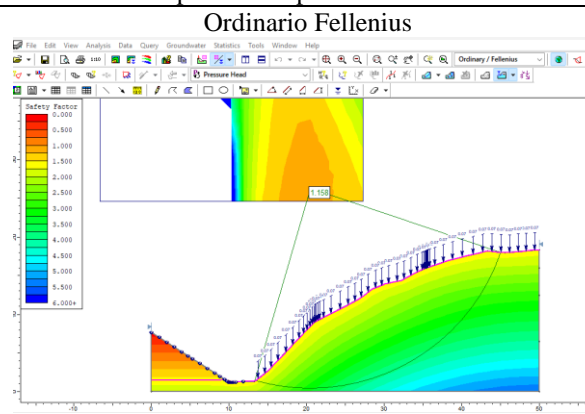
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.101$



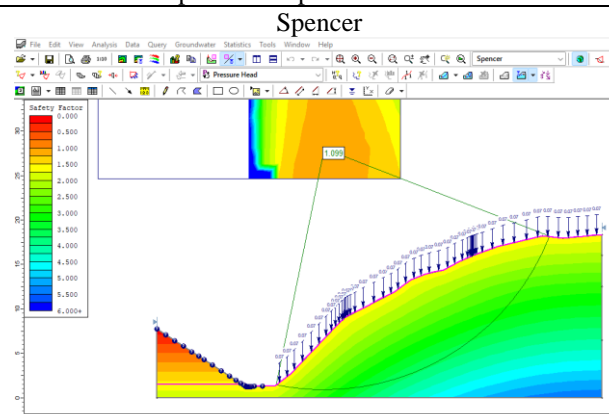
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.101$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.007$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.158$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.099$

Figura 89

Análisis Estático de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+070

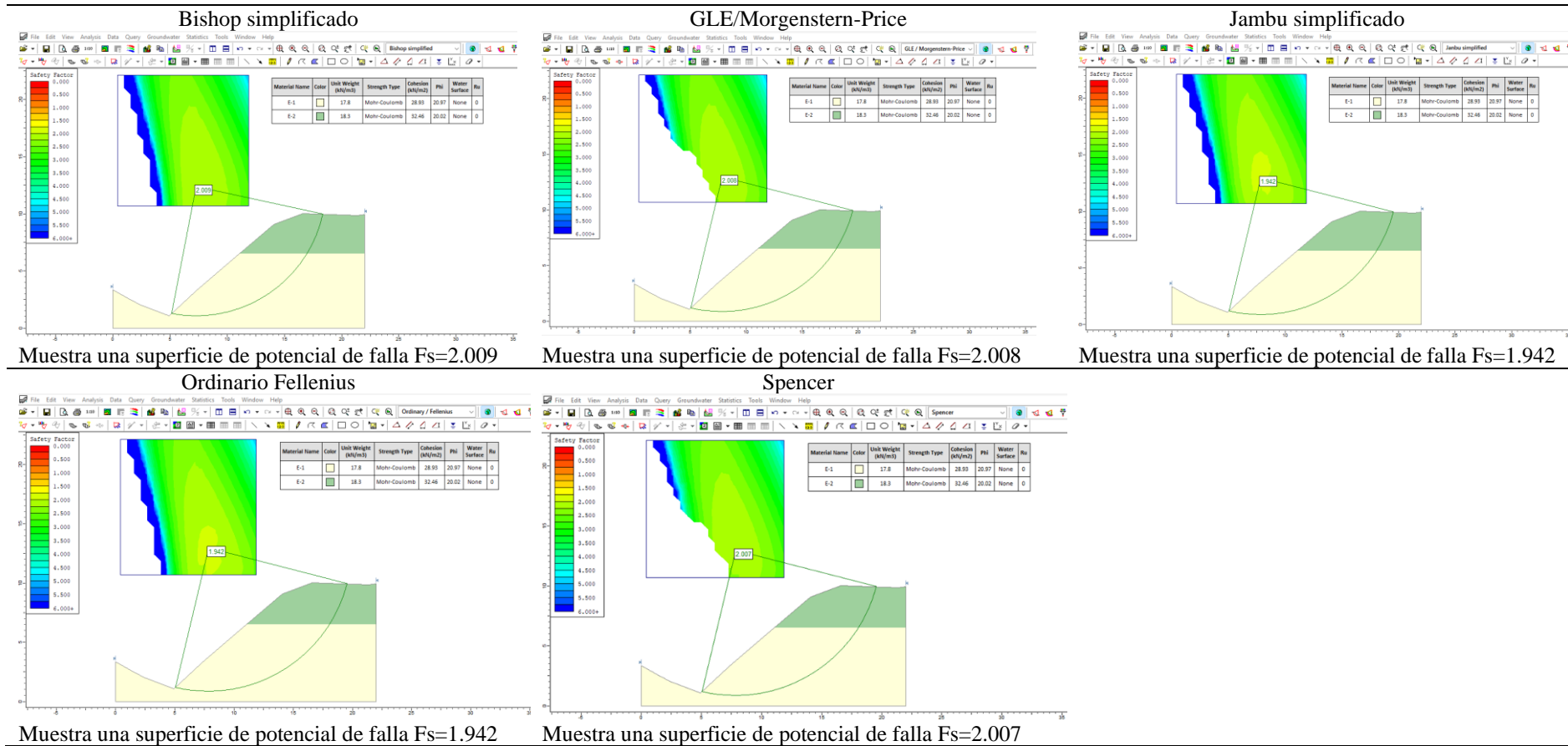


Figura 90

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud Tayal, Sección K 0+070

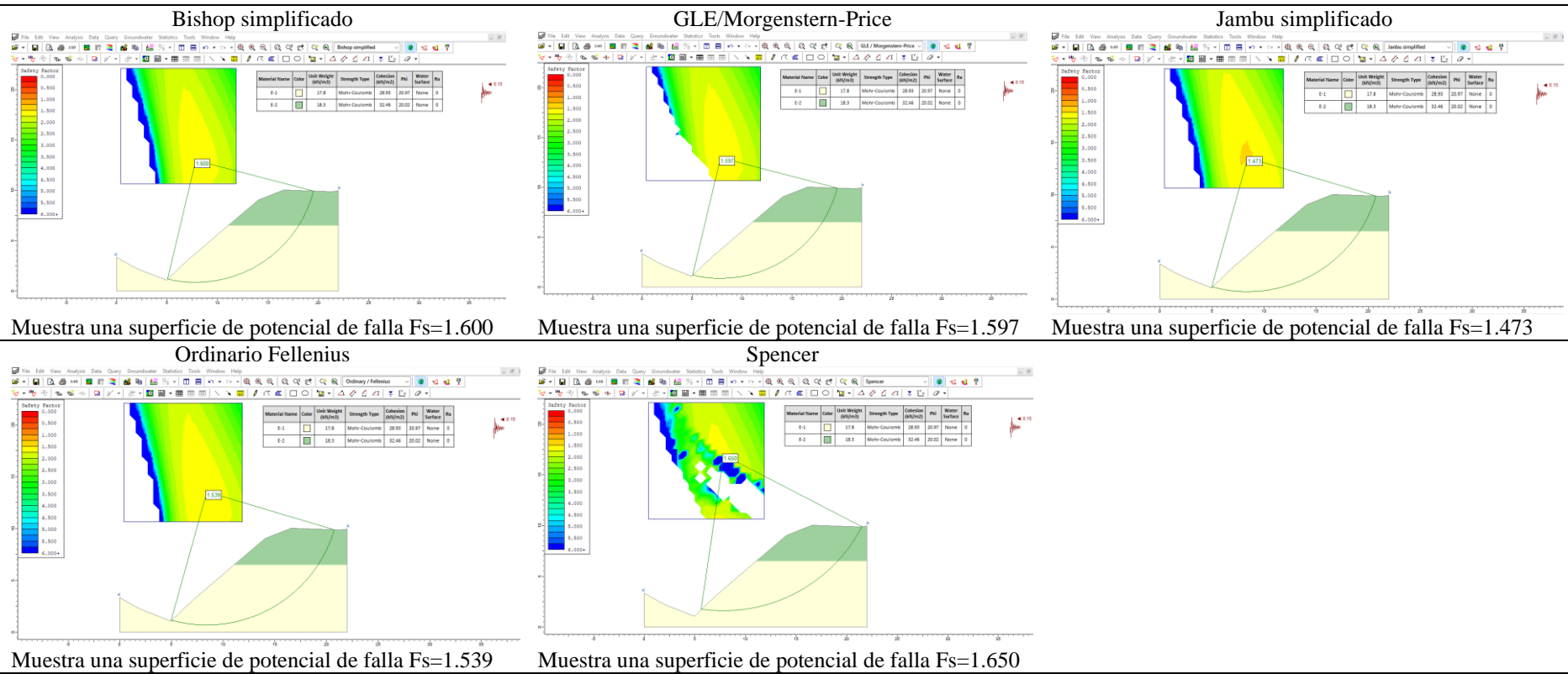
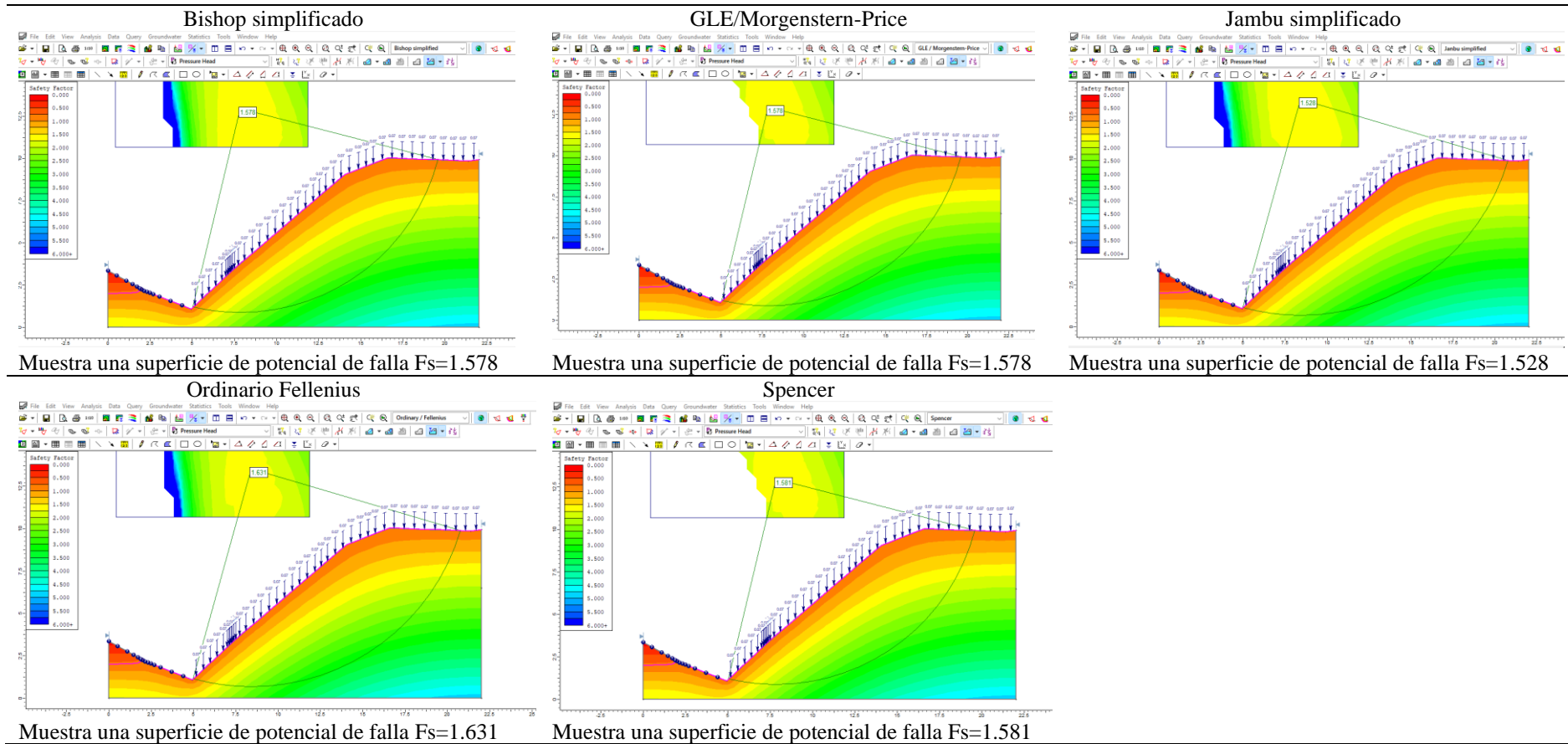


Figura 91

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud Taya, Sección K 0+070



4.1.2. Muro de concreto armado para estabilizar los taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas

Los muros de concreto armado en voladizo para los taludes El Ingenio y Tayal diseñados cumplen adecuadamente con los requisitos técnicos de estabilidad establecidos por la normativa RNE CE.020. En cuanto a la geometría estructural, el muro diseñado para El Ingenio tiene altura total de 8.5 m y base de 5.1 m, mientras que el muro del talud Tayal presenta dimensiones ligeramente menores, con altura de 6.5 m y base de 3.9 m, en correspondencia con las condiciones geométricas y geotécnicas particulares de cada talud.

Desde el punto de vista del comportamiento estructural, ambos diseños cumplen los cuatro criterios fundamentales: volteo, deslizamiento, excentricidad y capacidad portante del suelo. El muro de El Ingenio presenta factor de seguridad de 3.13 frente al volteo y 2.43 ante el deslizamiento, mientras que Tayal muestra valores aún más robustos, con 3.59 y 4.91 respectivamente, lo que refleja una capacidad superior para resistir fuerzas laterales. Asimismo, la excentricidad de carga en ambos casos se mantiene dentro del tercio medio de la base, y la tensión de contacto bajo la zapata no supera la capacidad portante del terreno.

En relación con la eficiencia del reforzamiento, los factores de seguridad presentan mejoras significativas respecto a los valores del talud natural. En el talud El Ingenio, el refuerzo con muro generó aumentos del 9.73% al 29.69% en condición estática, del 6.09% al 19.54% en condición sísmica y del 10.04% al 32.91% bajo efecto de lluvias. Por su parte, el talud Tayal también experimentó mejoras relevantes: entre 7.36% y 17.25% en condición estática, 6.43% y 12.86% en condición dinámica, y 7.18% a 40.96% bajo lluvia, destacando especialmente la sección 0+060, que era la más vulnerable antes del reforzamiento.

Tabla 18

Dimensiones de los Muros de Concreto Armado en Voladizo para los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la Carretera 3N

Parámetro	Talud El Ingenio	Talud Tayal
Altura del muro (H)	8.5 m	6.5 m
Ancho de la cresta (B2)	0.5 m	0.35 m
Ancho de la base	5.1 m	3.9 m
Ancho de la punta/inferior	0.9 m	0.7 m
Ancho del talón	3.4 m	2.6 m
Altura de la zapata	1.1 m	0.9 m
Nivel de desplante	1.9 m	1.8 m

Tabla 19

Análisis de Estabilidad de los Muros de Concreto Armado en Voladizo para los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la Carretera Lajas – Cochabamba

Criterio	Requisito Mínimo	El Ingenio	¿Cumple?	Tayal	¿Cumple?
Por volteo	> 2.00	3.13	<input checked="" type="checkbox"/>	3.59	<input checked="" type="checkbox"/>
Por deslizamiento	> 1.50	2.43	<input checked="" type="checkbox"/>	4.91	<input checked="" type="checkbox"/>
Excentricidad ($e < ea$)	$e < 0.333$ m	0.081	<input checked="" type="checkbox"/>	0.074	<input checked="" type="checkbox"/>
Capacidad portante ($FS > 1$)	> 1.00	1.18	<input checked="" type="checkbox"/>	1.57	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabla 20

Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad en el Análisis de Estabilidad de los Muros de Concreto Armado en Voladizo para los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la Carretera Lajas – Cochabamba

Sección	Mejora FS Estático (%)	Mejora FS Sísmico (%)	Mejora FS Lluvia (%)
El Ingenio (0+000 – 0+024)	9.73 – 29.69	6.09 – 19.54	10.04 – 32.91
Tayal (0+010 – 0+060)	7.36 – 17.25	6.43 – 12.86	7.18 – 40.96

4.1.2.1. Muro de concreto armado en voladizo del talud El Ingenio

a) Dimensionamiento

El diseño del muro de concreto armado en voladizo para el talud El Ingenio fue desarrollado con altura total de 8.5 m, ancho de base de 5.1 m, y talón de 3.4 m. El desplante del muro se definió a 1.9 m de profundidad, y se consideró espesor de zapata de 1.1 m, lo que proporciona una base robusta adecuada para condiciones geotécnicas medias.

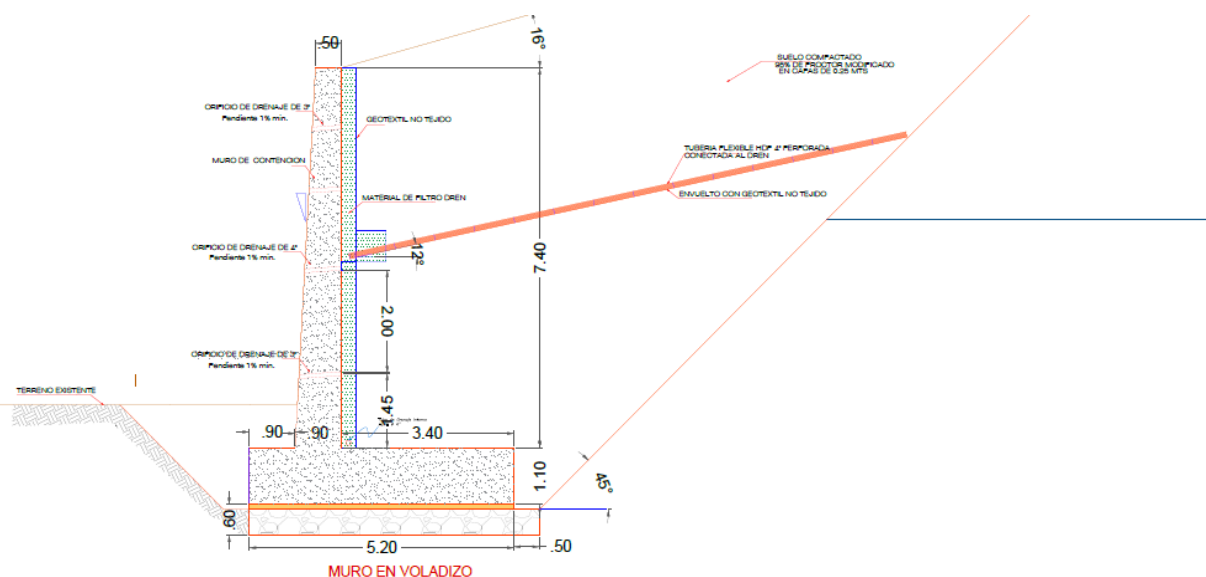
Tabla 21

Dimensiones del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio

Geometría del muro				
Altura del muro :		H	=	8.5 m
Ancho de la cresta:	(min 30 cm)	B2	=	0.5 m
Ancho de la base:	$0.5 \cdot H - 0.7 \cdot H$		=	5.1 m
Ancho de la punta:	0.10H		=	0.9 m
Ancho inferior:	0.10H		=	0.9 m
Ancho del talón:			=	3.4 m
Altura de al zapata:	0.10H		=	0.9 m
		Asumido	=	1.1 m
Nivel de desplante		D	=	1.9 m

Figura 92

Dimensiones del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio



b) Análisis y verificación de acero

Vástago (alzado)

- Acero vertical (cara trasdós, principal a flexión):
 - Zona A (0–2.5 m desde la base): $\frac{3}{4}$ " @ 12 cm.
 - Zona B (2.5–5.0 m): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm.
 - Zona C (5.0–7.4 m): $\frac{3}{8}$ " @ 20 cm.
- Acero vertical (cara intradós, temperatura/distribución): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm en toda la altura.
- Acero horizontal (ambas caras): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm (refuerzo de distribución y control de fisuración).
- Empalmes verticales: alternados por tercio, $l_{d,ten} \geq 40 \phi$ (tensión) con solapes escalonados; usar ganchos si faltara desarrollo en coronación.
- Coincide con tu croquis (se aprecian $\frac{3}{4}$ "@12 en la franja inferior y $\frac{1}{2}$ "/ $\frac{3}{8}$ " arriba). Esta gradación cubre el máximo μ en el empotramiento y respeta mínimos E.060 (ρ_{min} flexión ≈ 0.0012).

Zapata – Talón

- Flexión (Pa hacia arriba): Inferior principal (dirección paralela al muro): $\frac{5}{8}$ " @ 20 cm en todo el talón.
- Reparto (superior): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm.
- Refuerzo transversal (por m de longitud, para torsión/transferencia al alma): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm.

Zapata – Puntera

- Flexión (reacción hacia abajo): Superior principal (paralela al muro): $\frac{5}{8}$ " @ 25 cm.
- Reparto (inferior): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm.

Encuentro vástago–zapata

- Barras en “L” (ancladas al vástago) cada espaciamiento del vertical principal, con anclaje en losa $\geq 1_{d,ten} = 40 \phi$.
- Malla de cosido superior e inferior con $\frac{1}{2}'' @ 25$ cm (ambas direcciones) en un parche de 1.20 m a cada lado del alma.
- Corte/punzonamiento: con $e=1.10$ m y esta cuantía, el ϕV_n supera el V_u típico para $H \approx 7.4$; deja indicado “Verificación en memoria: $\phi V_c + \phi V_s \geq V_u$ ”.

Recubrimientos y separaciones

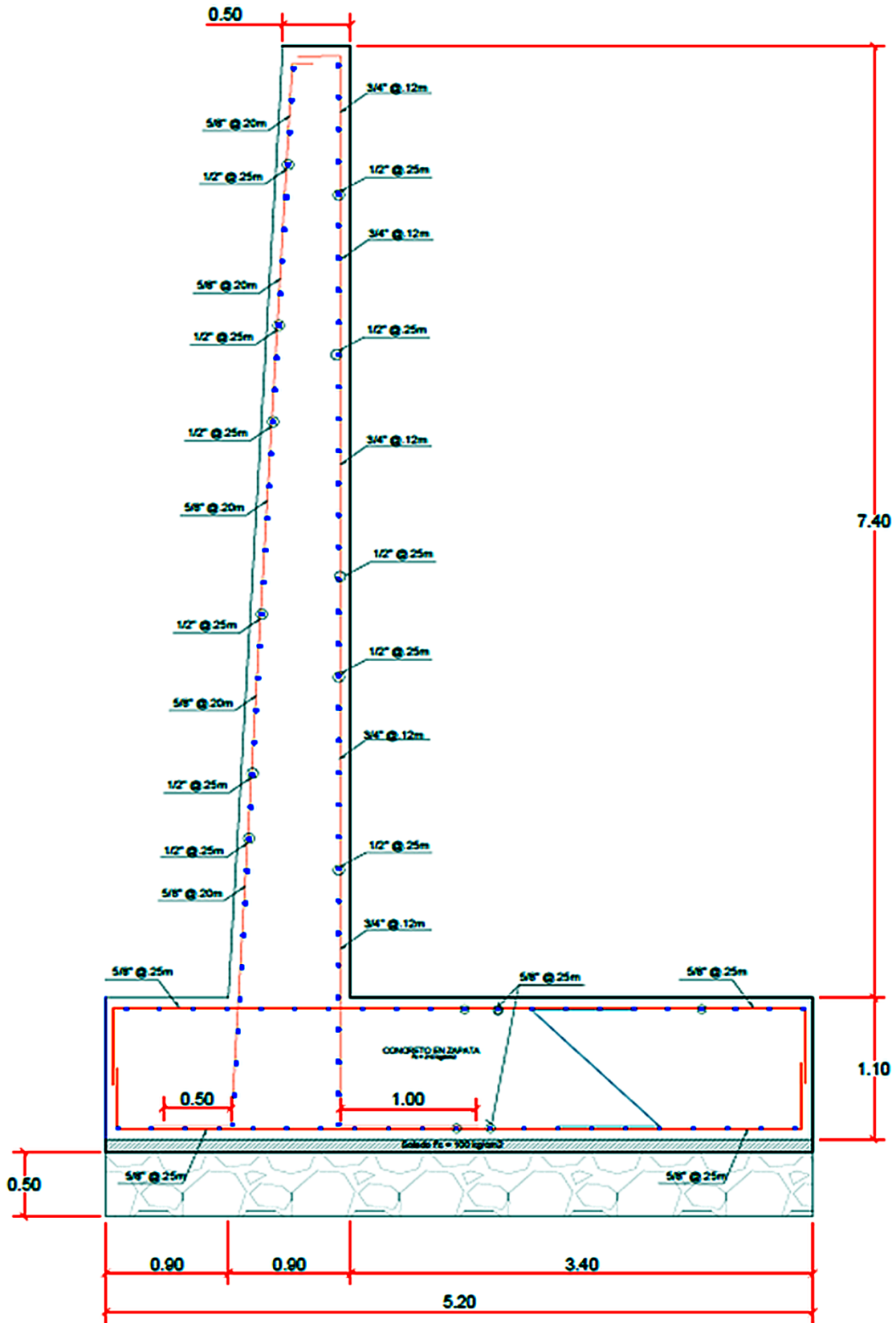
- Recubrimiento: 7.5 cm en zapata (ambas caras), 5.0 cm en vástago (caras expuestas).
- Separación libre mínima: ≥ 25 mm y $\geq db$ y $\geq 1.33 \cdot TMN$ (≈ 25 mm).
Cumplida con espaciamientos propuestos.

c) Drenaje (común a ambos muros)

- Trasdós: geotextil no tejido + material filtro dren (grava $\frac{3}{8}'' - \frac{3}{4}''$), espesor ≥ 0.20 m, pendiente mínima 1 %.
- Tubería perforada $\varnothing 110$ mm (PVC/PEAD), pendiente ≥ 1 %, envuelta con geotextil y cama de grava; descargar a cuneta.
- Aliviaderos $\varnothing 75-100$ mm cada 2.0–2.5 m, dos hileras alternadas (≈ 0.60 m y 1.20 m sobre la losa).
- Corona: berma/cuneta para desviar escorrentía y evitar infiltración al trasdós.

Figura 93

Detalle de Acero del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio



d) Comportamiento estructural

Respecto al análisis de estabilidad, los resultados indican que el diseño cumple con todos los criterios establecidos por normativa (RNE – CE.020):

Volteo: Se obtuvo factor de seguridad de 3.13, valor que supera ampliamente el mínimo requerido de 2.00, lo cual evidencia que el muro tiene una gran capacidad para resistir momentos de vuelco generados por las fuerzas laterales del terreno.

Deslizamiento: El factor de seguridad fue de 2.43, superior al mínimo exigido de 1.50, lo que indica resistencia adecuada frente al empuje activo del suelo.

Excentricidad: Se verificó que la excentricidad máxima ($e = 0.081$ m) se encuentra dentro del rango permitido ($ea = 0.333$ m), lo que asegura que la reacción de la carga permanece dentro del tercio medio de la zapata.

Capacidad portante del suelo: Se alcanzó factor de seguridad de 1.18, con tensión de contacto de 237.05 kPa, por debajo de la capacidad admisible del terreno (280.00 kPa), indicando que el suelo no se encuentra sobrecargado y puede sostener el muro sin falla por hundimiento.

Tabla 22

Análisis de Estabilidad del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio

Factor de seguridad	Criterio	Datos	Factor obtenido	
Por volteo	> 2.00	Momento estabilizador 2662.05 KN.m/m Momento de vuelco 849.57 KN.m/m	3.13	Cumple
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 519.26 KN/m Fuerza horizontal activa 213.52 KN/m	2.43	Cumple
Excentricidad	$ea > e$	Máxima excentricidad normal (e) 0.081 Máxima excentricidad permitida (ea) 0.333		Cumple
Para capacidad portante	> 1	Máxima tensión fondo de la zapata 237.05 kPa Capacidad portante del terreno 280.00 kPa	1.18	Cumple

Figura 94

Verificación de Equilibrio del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio

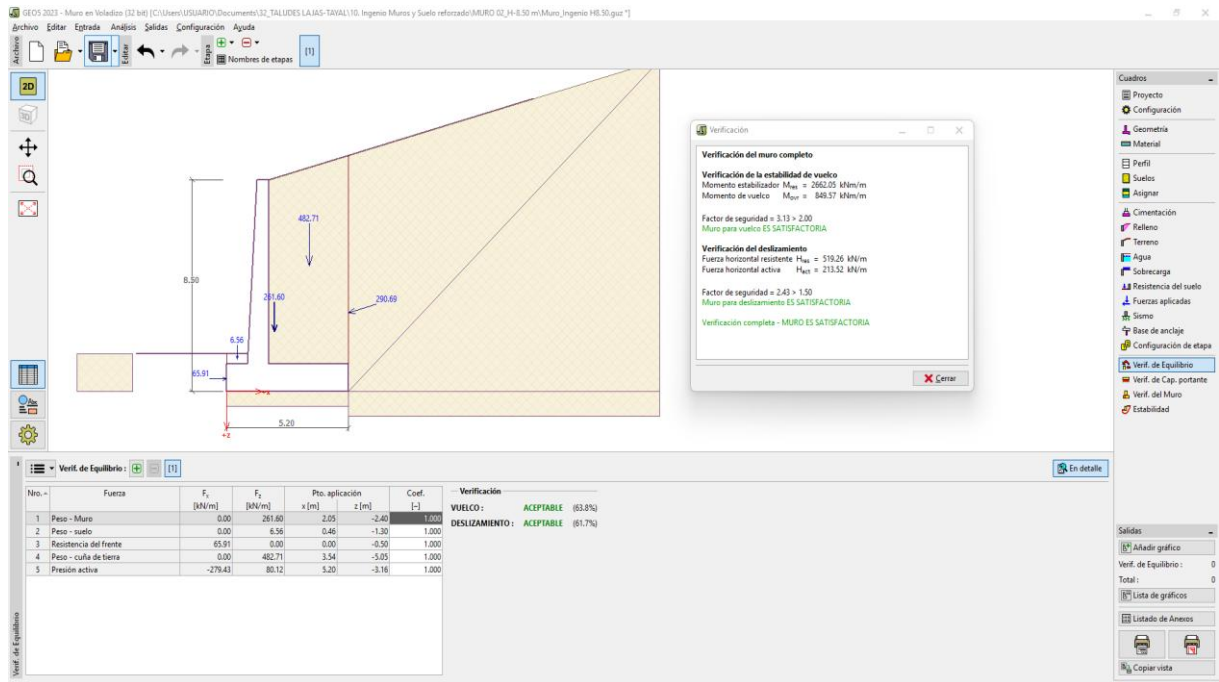


Figura 95

Verificación de la Capacidad Portante del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio

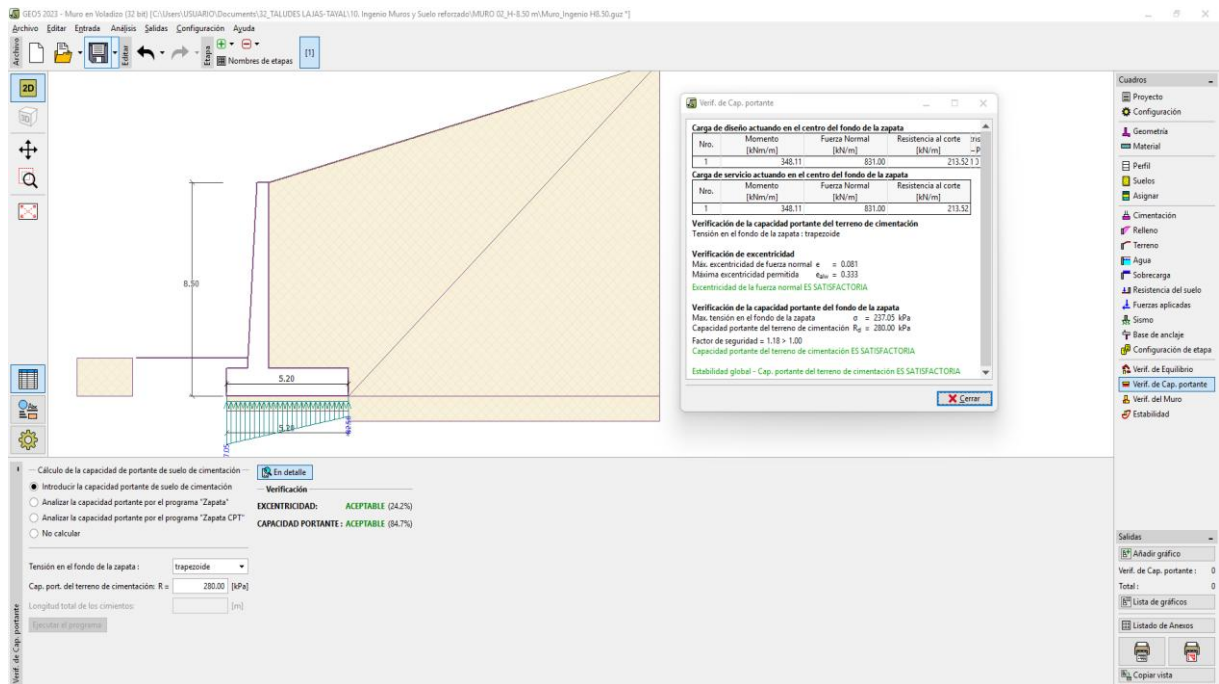


Figura 96

Verificación de la Estabilidad del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio

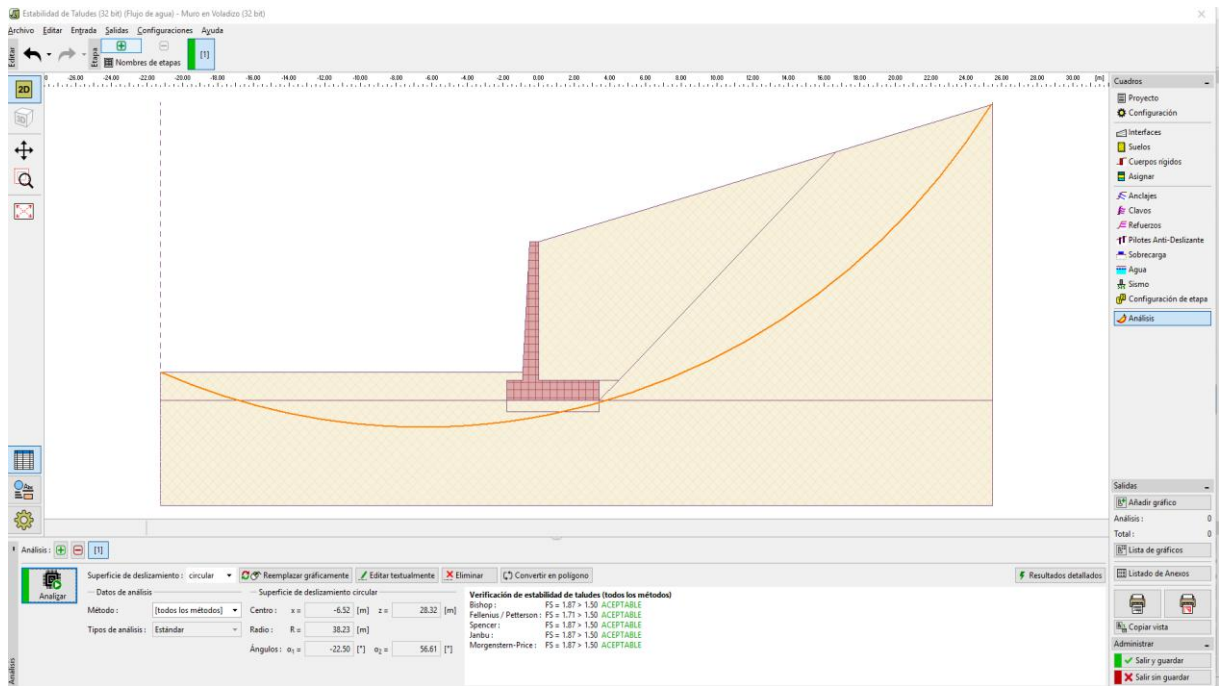
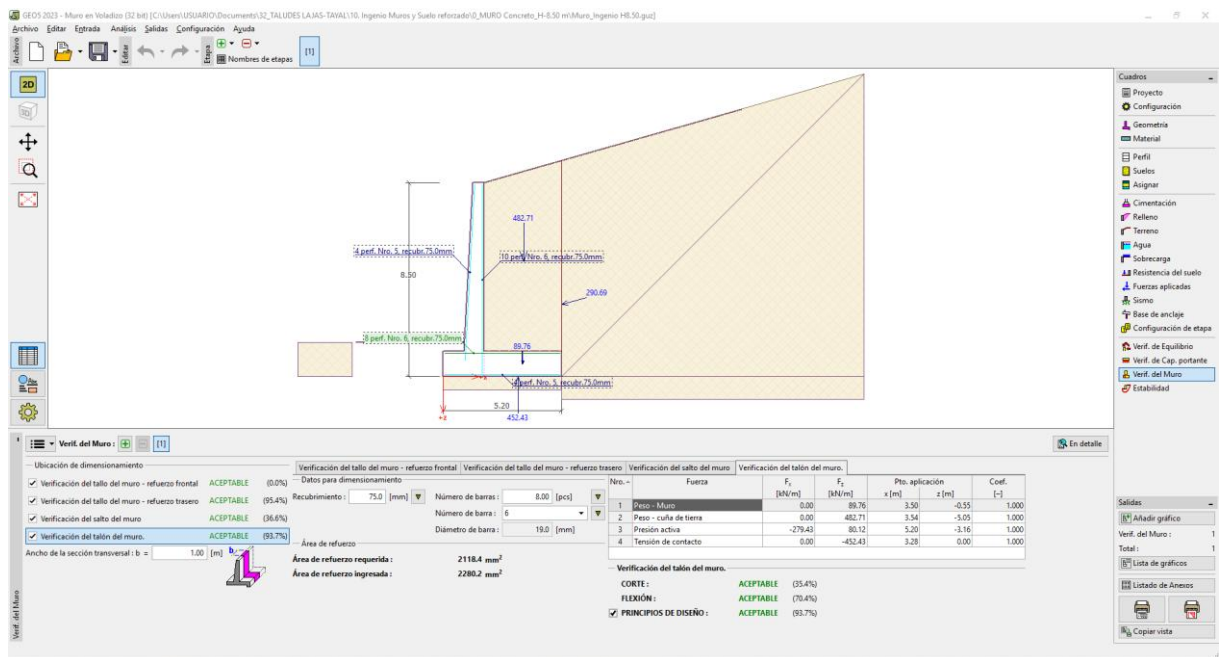


Figura 97

Verificación Interna del Muro en Voladizo para el Talud El Ingenio



e) Análisis de estabilización de taludes

Tras el reforzamiento, los factores de seguridad obtenidos mediante los distintos métodos de equilibrio límite (Bishop, Morgenstern-Price, Janbu, Fellenius y Spencer) superan los umbrales mínimos exigidos por la norma CE.020, tanto en condición estática (≥ 1.50) como en condición sísmica o pseudoestática (≥ 1.25). En promedio, los factores de seguridad en condición estática alcanzaron valores entre 2.22 y 2.50, mientras que en condición sísmica oscilaron entre 1.48 y 1.70. En escenarios con infiltración por lluvias, también se observó comportamiento favorable, con factores de seguridad promedio por encima de 1.58, lo cual demuestra que el muro diseñado proporciona estabilidad global al talud incluso en condiciones críticas.

Asimismo, el análisis porcentual de mejora con respecto al talud natural, tomando como referencia el método de Bishop Simplified, muestra incrementos notables en los factores de seguridad. En condición estática, la mejora osciló entre 9.73% y 29.69%, siendo más significativa en la sección 0+000. En condición sísmica, los incrementos fueron más moderados, entre 6.09% y 19.54%, mientras que en condición de lluvia se lograron mejoras de hasta 32.91%, especialmente en la sección 0+006. Estos resultados confirman que la solución estructural propuesta no solo cumple con los criterios normativos, sino que además aporta refuerzo efectivo en las zonas que el talud natural presenta mayor vulnerabilidad.

Por tanto, el muro de concreto armado representa una alternativa técnica eficiente para la estabilización del talud El Ingenio, al mejorar de manera significativa su comportamiento frente a cargas gravitacionales, sísmicas y pluviales, garantizando su seguridad y funcionalidad a largo plazo.

Tabla 23*Factores de Seguridad del Talud El Ingenio con Reforzamiento por Muro en Voladizo*

Secciones	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/Fellenius			Spencer		
	Factor de seguridad Condición														
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia
0+000	2.376	1.646	1.796	2.374	1.651	1.797	2.074	1.396	1.596	2.145	1.476	1.655	2.37	1.653	1.802
0+006	2.465	1.684	1.765	2.461	1.689	1.767	2.18	1.453	1.537	2.249	1.528	1.705	2.46	1.695	1.77
0+012	2.559	1.712	1.822	2.558	1.713	1.822	2.287	1.512	1.622	2.365	1.577	1.773	2.551	1.713	1.826
0+018	2.538	1.706	1.753	2.537	1.708	1.756	2.295	1.517	1.579	2.361	1.584	1.724	2.534	1.712	1.754
0+024	2.597	1.758	1.794	2.592	1.757	1.794	2.308	1.529	1.577	2.384	1.609	1.736	2.594	1.765	1.799
Promedio	2.507	1.701	1.786	2.504	1.704	1.787	2.229	1.481	1.582	2.301	1.555	1.719	2.502	1.708	1.790
Máximo	2.597	1.758	1.822	2.592	1.757	1.822	2.308	1.529	1.622	2.384	1.609	1.773	2.594	1.765	1.826
Mínimo	2.376	1.646	1.753	2.374	1.651	1.756	2.074	1.396	1.537	2.145	1.476	1.655	2.370	1.653	1.754

Tabla 24*Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud El Ingenio con Muro en Voladizo*

Secciones	Estático			Dinámico			Lluvia		
	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora
	Talud natural	Talud con muro de concreto		Talud natural	Talud con muro de concreto		Talud natural	Talud con muro de concreto	
0+000	1.832	2.376	29.69%	1.377	1.646	19.54%	1.427	1.796	25.86%
0+006	2.070	2.465	19.08%	1.49	1.684	13.02%	1.328	1.765	32.91%
0+012	2.269	2.559	12.78%	1.574	1.712	8.77%	1.421	1.822	28.22%
0+018	2.313	2.538	9.73%	1.608	1.706	6.09%	1.593	1.753	10.04%
0+024	2.262	2.597	14.81%	1.598	1.758	10.01%	1.575	1.794	13.90%

Figura 98

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro en Voladizo

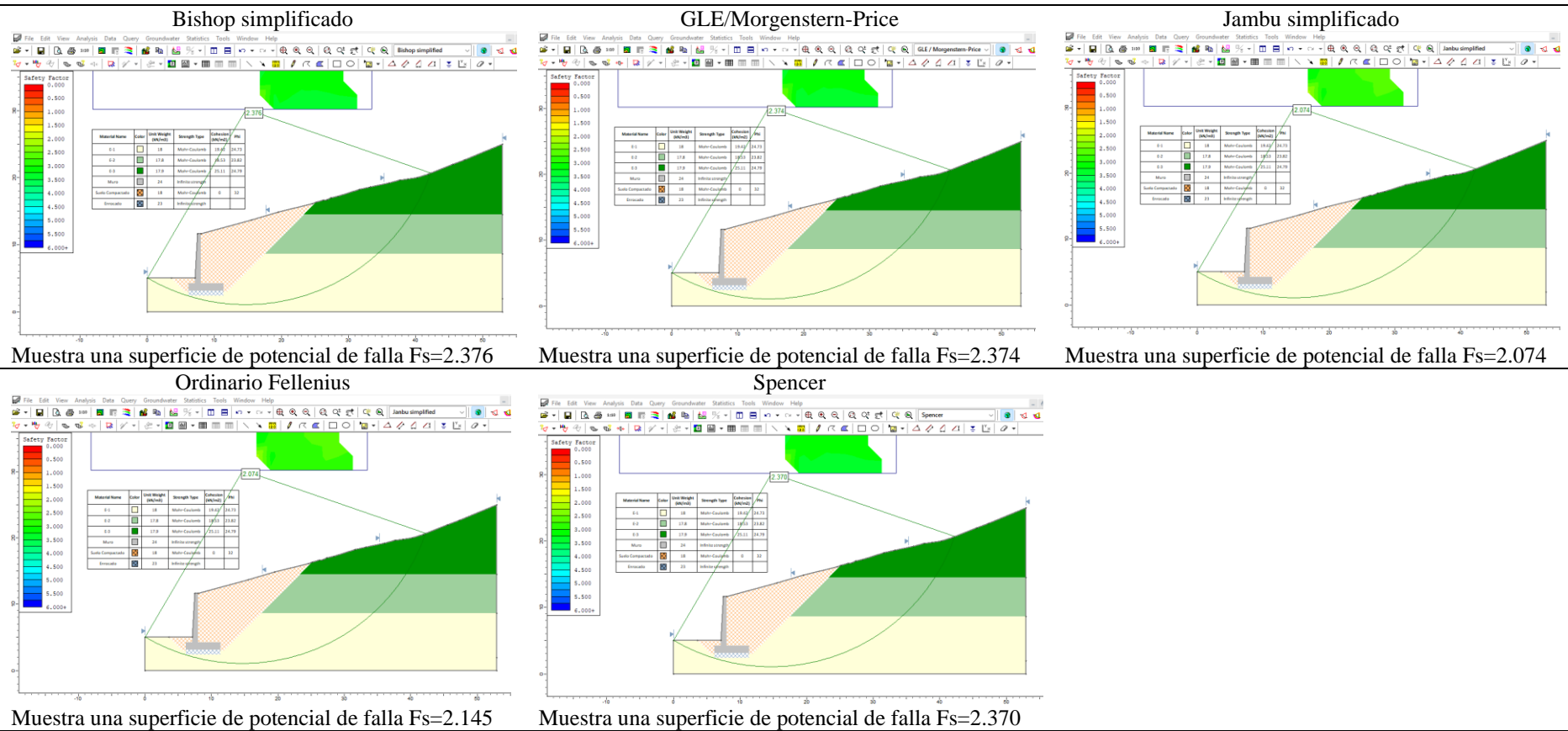


Figura 99

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro en Voladizo

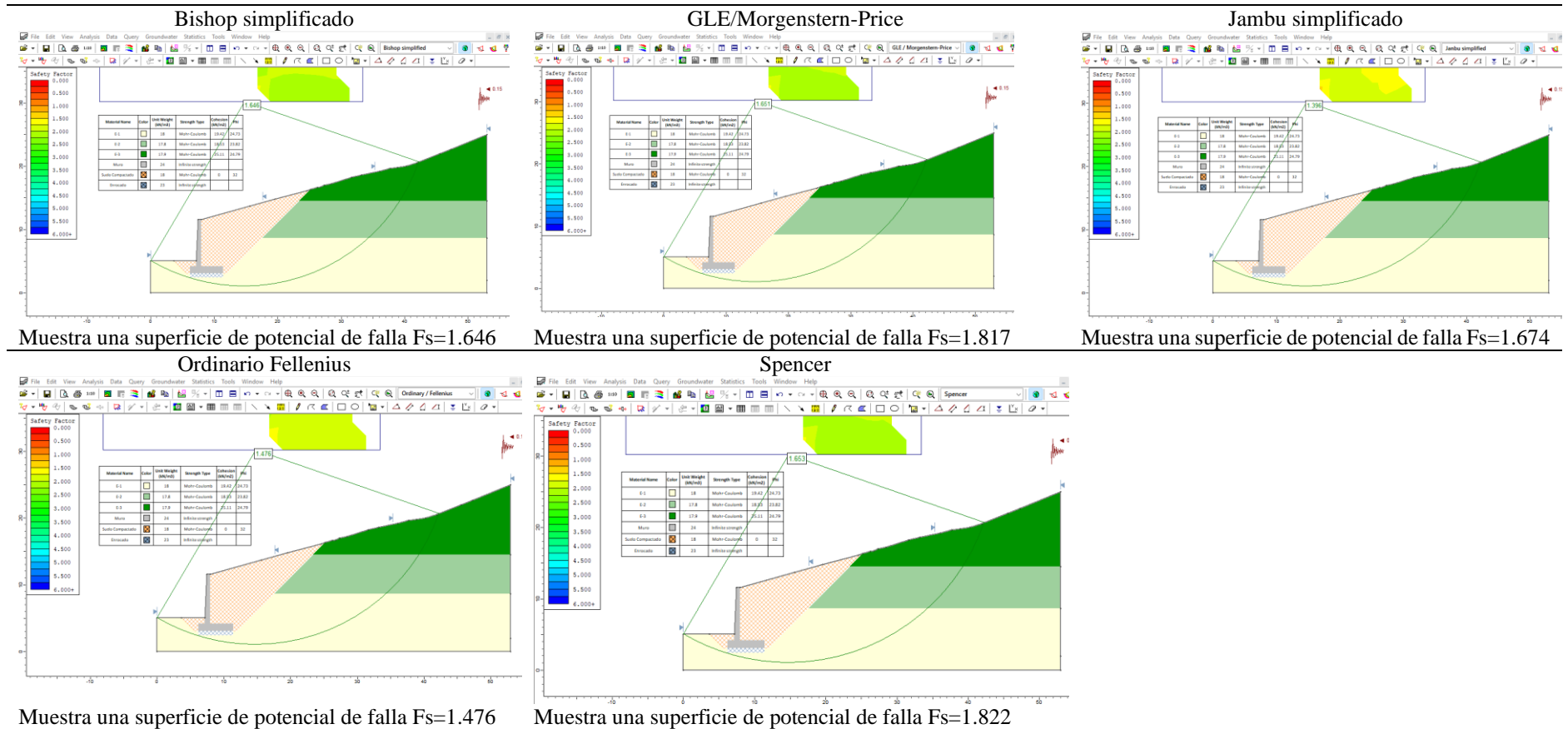


Figura 100

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro en Voladizo

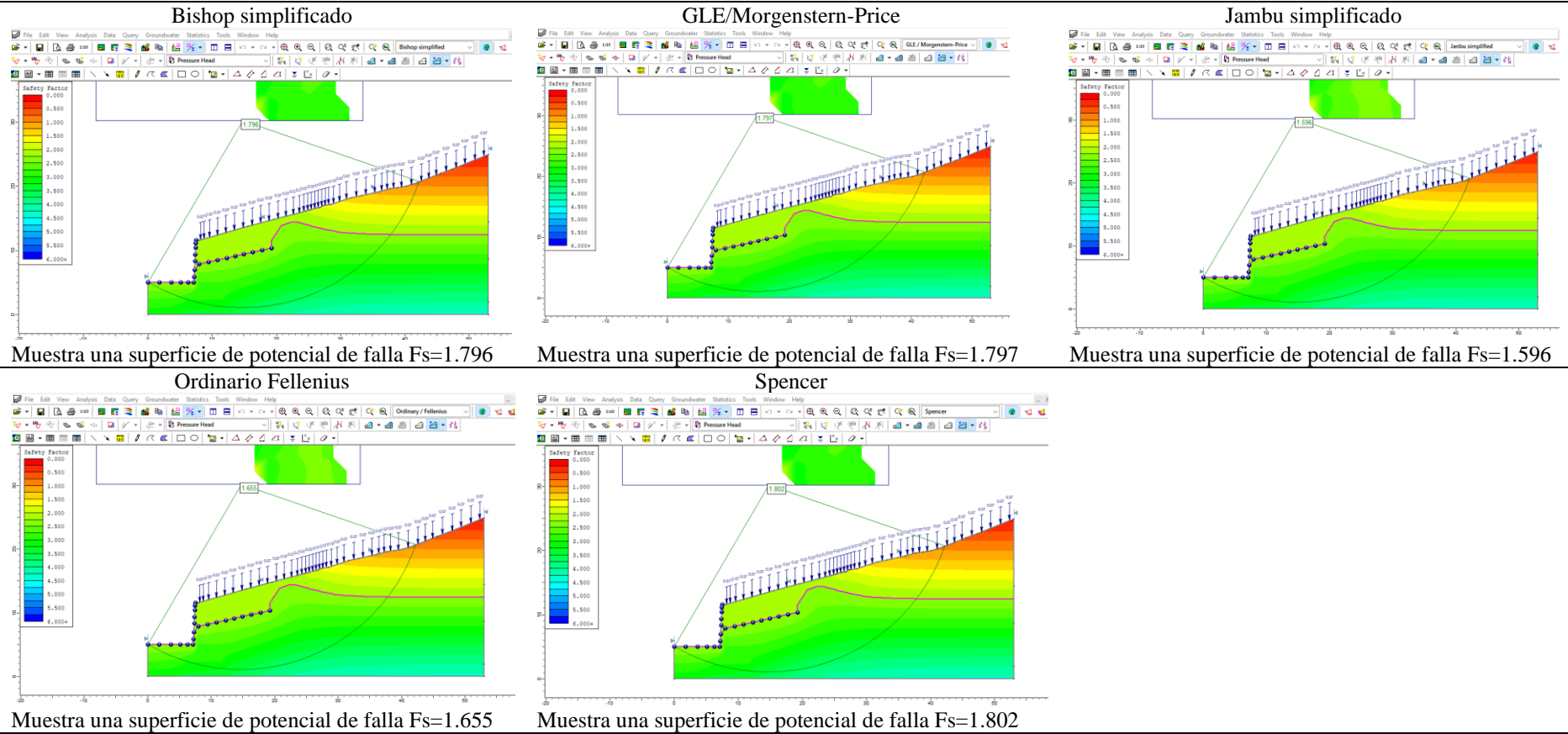


Figura 101

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro en Voladizo

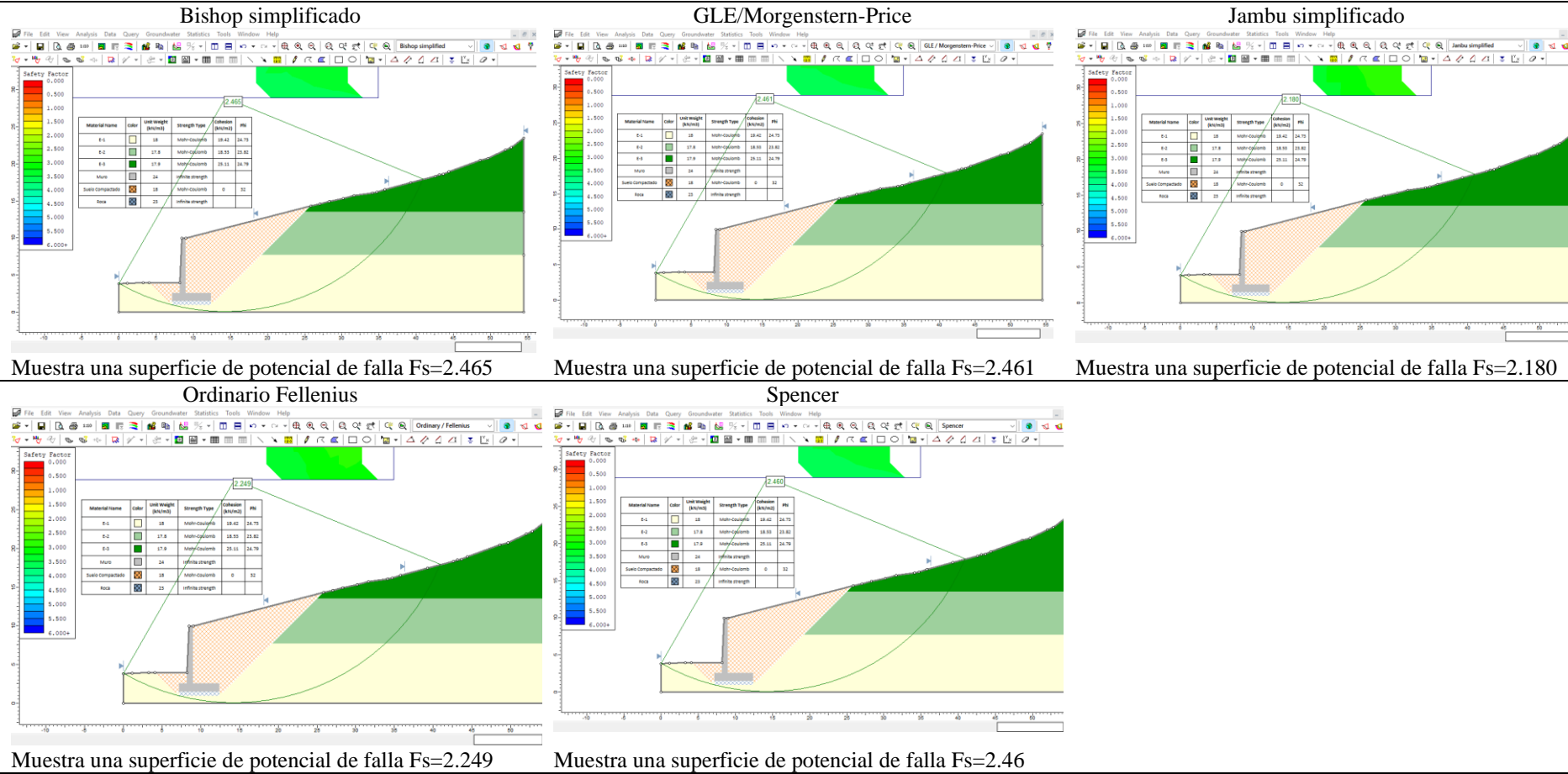
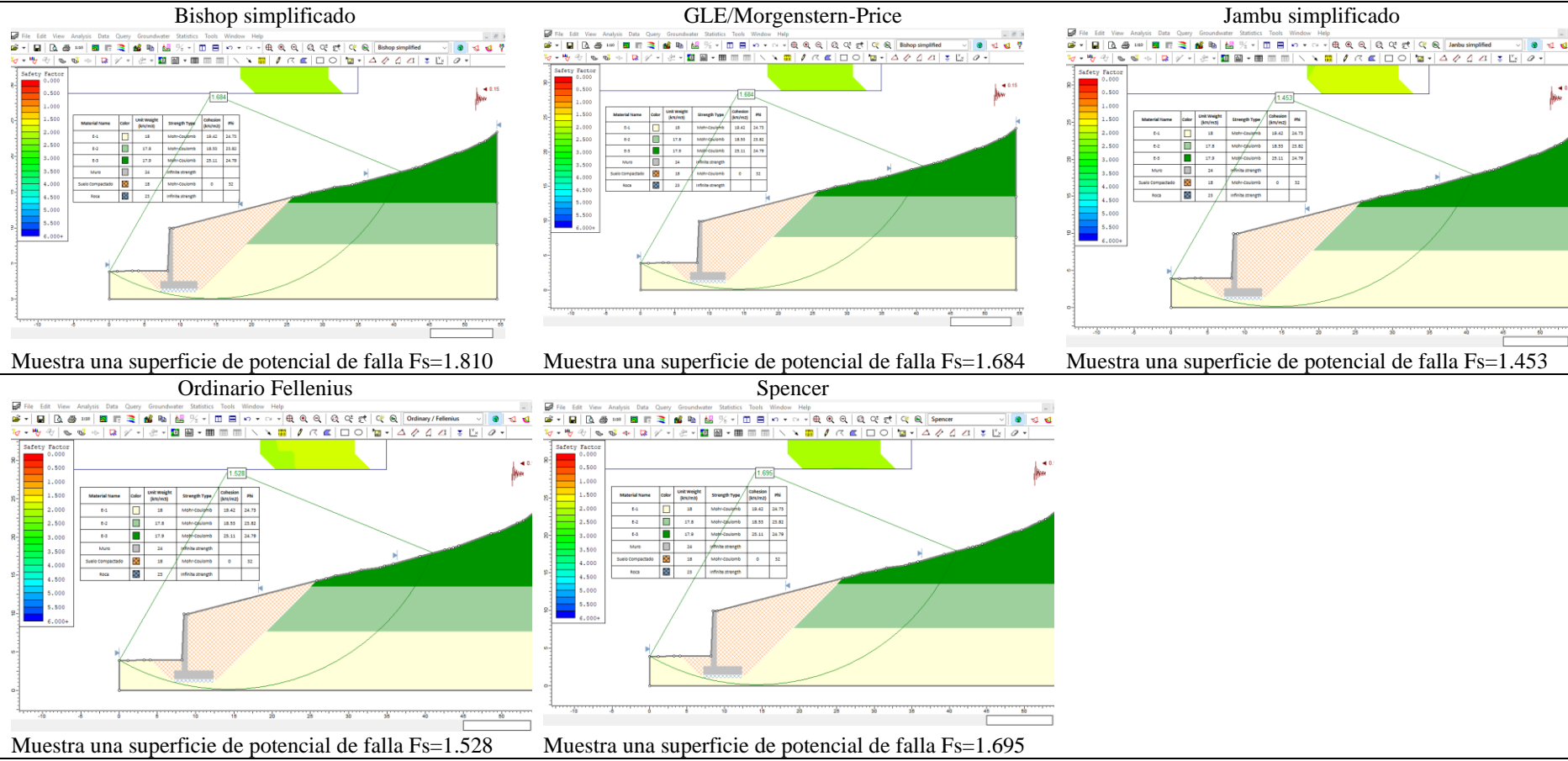


Figura 102

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro en Voladizo



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.810$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.684$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.453$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.528$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.695$

Figura 103

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro en Voladizo

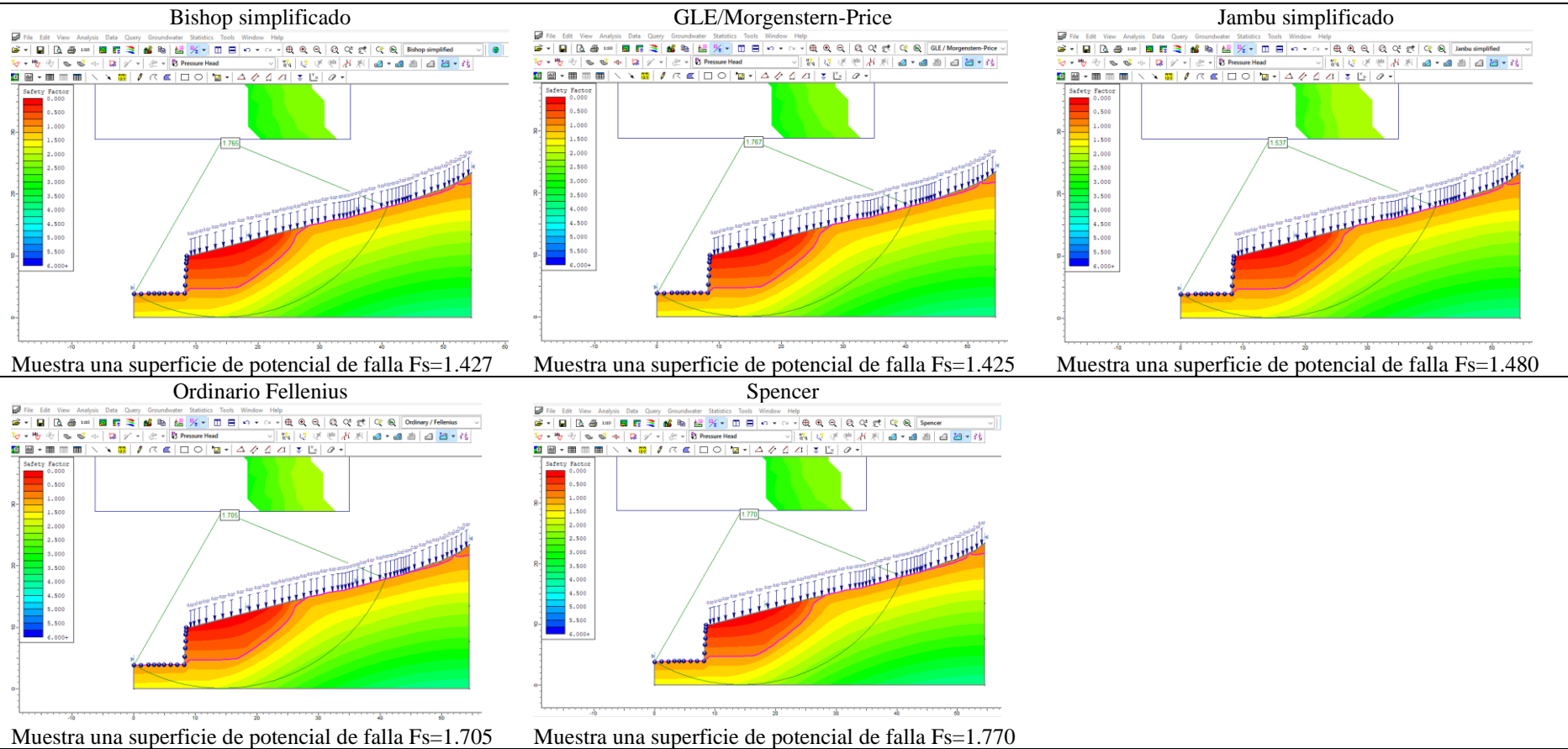


Figura 104

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro en Voladizo

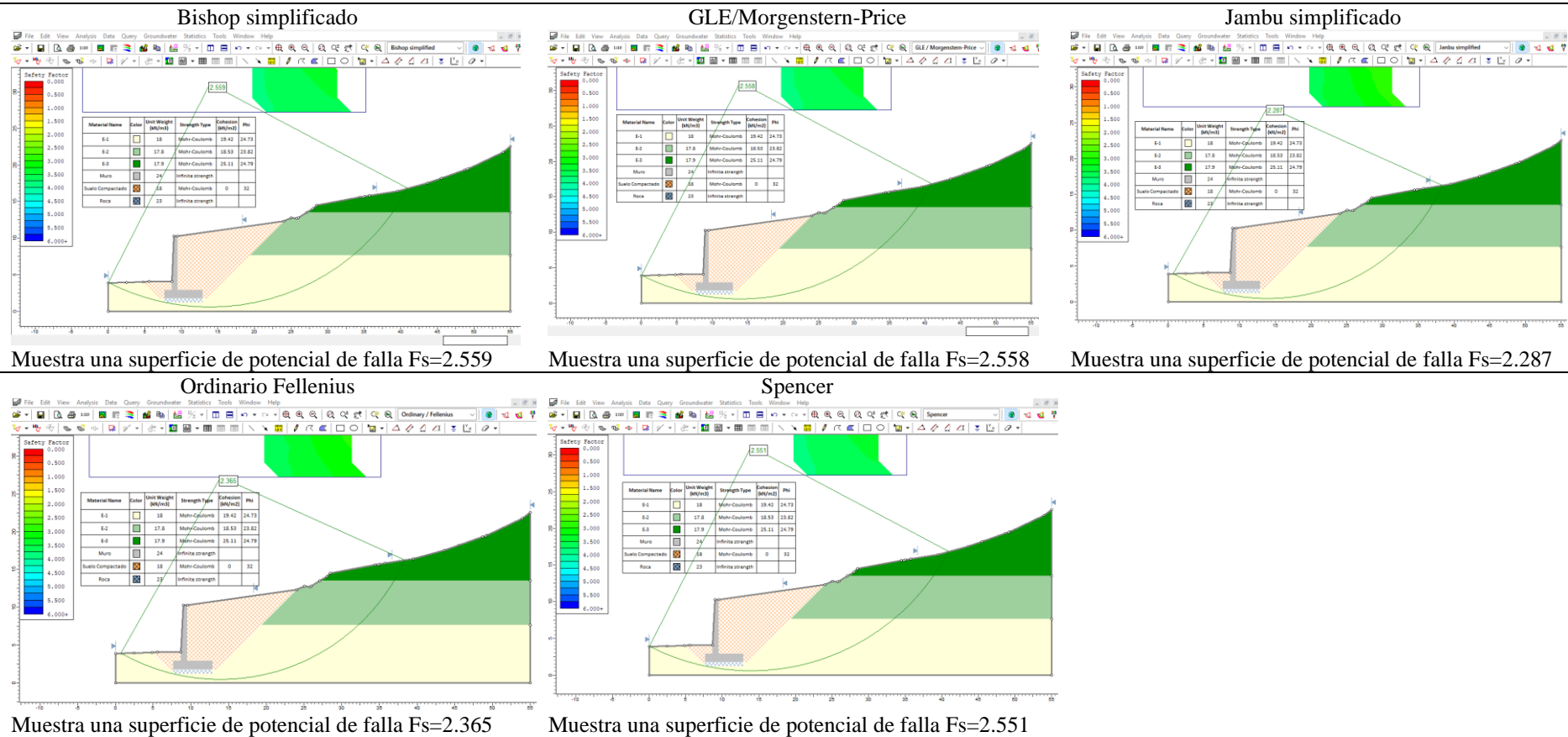


Figura 105

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro en Voladizo

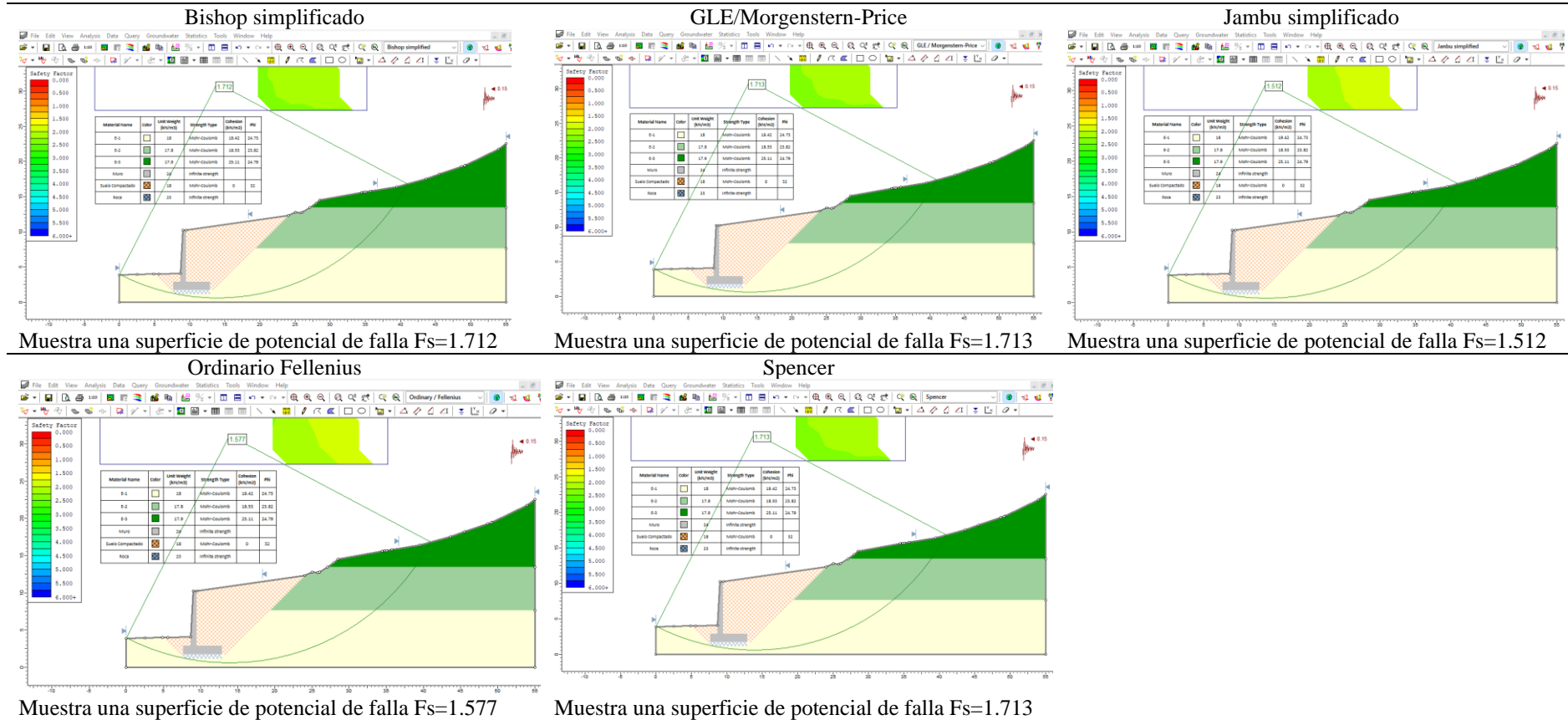
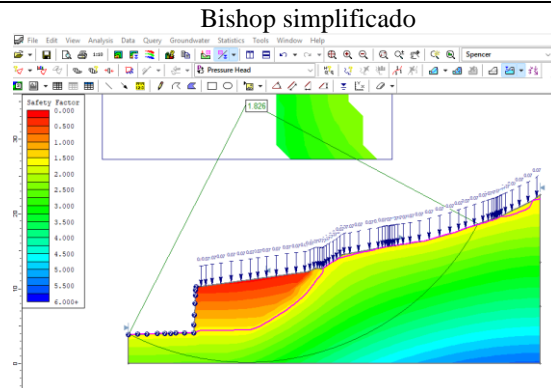
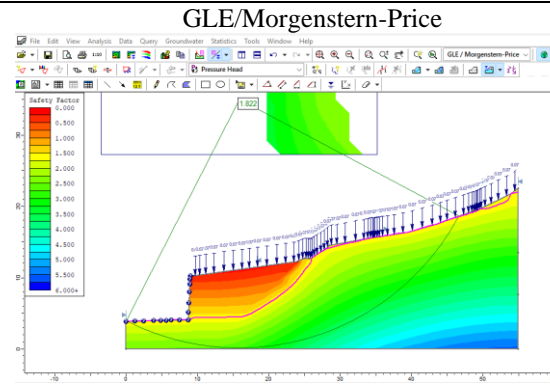


Figura 106

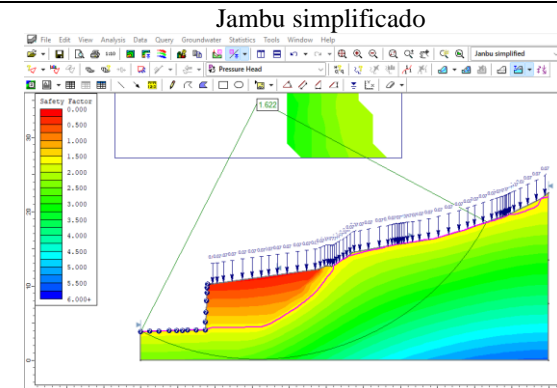
Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro en Voladizo



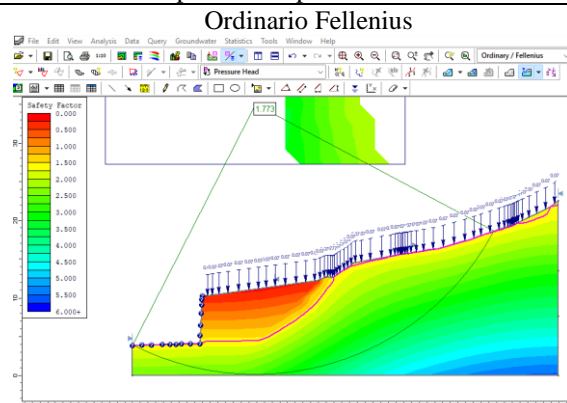
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.826$



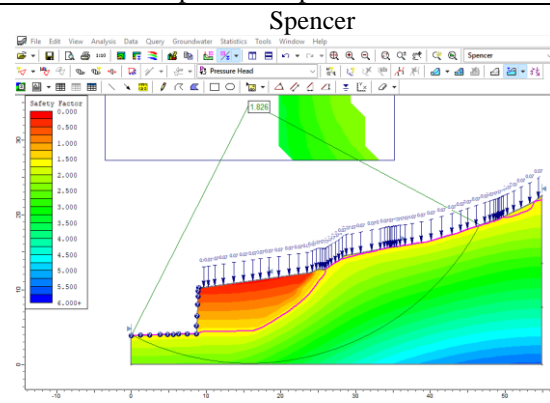
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.822$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.622$



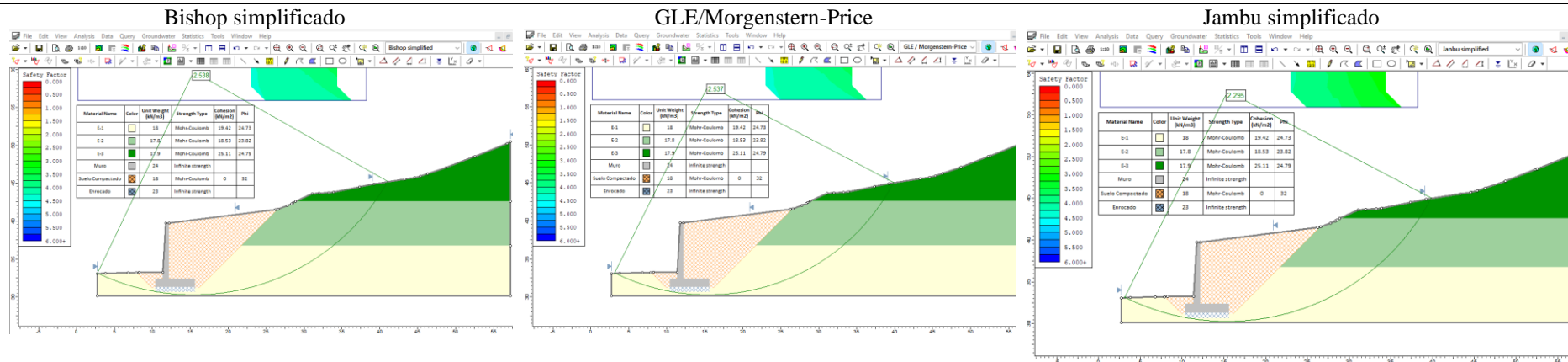
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.733$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.826$

Figura 107

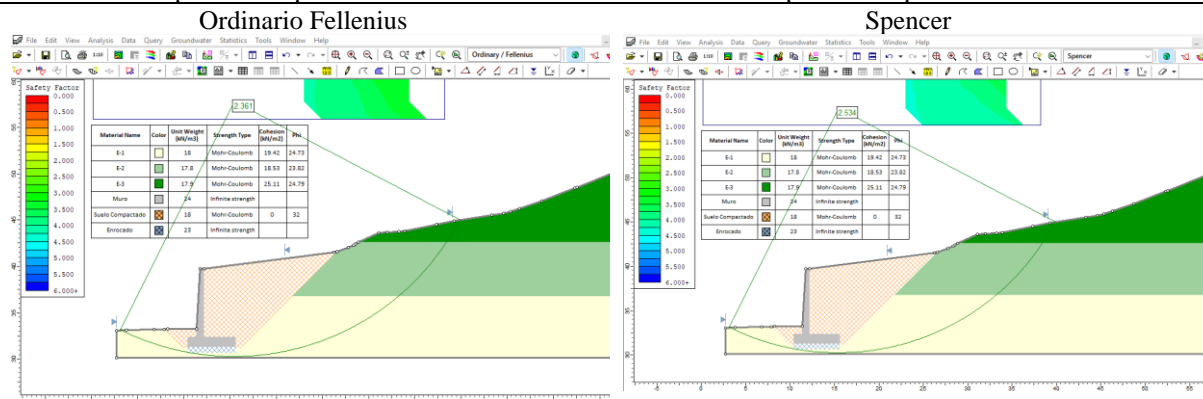
Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro en Voladizo



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.538$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.537$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.295$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.361$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.534$

Figura 108

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro en Voladizo

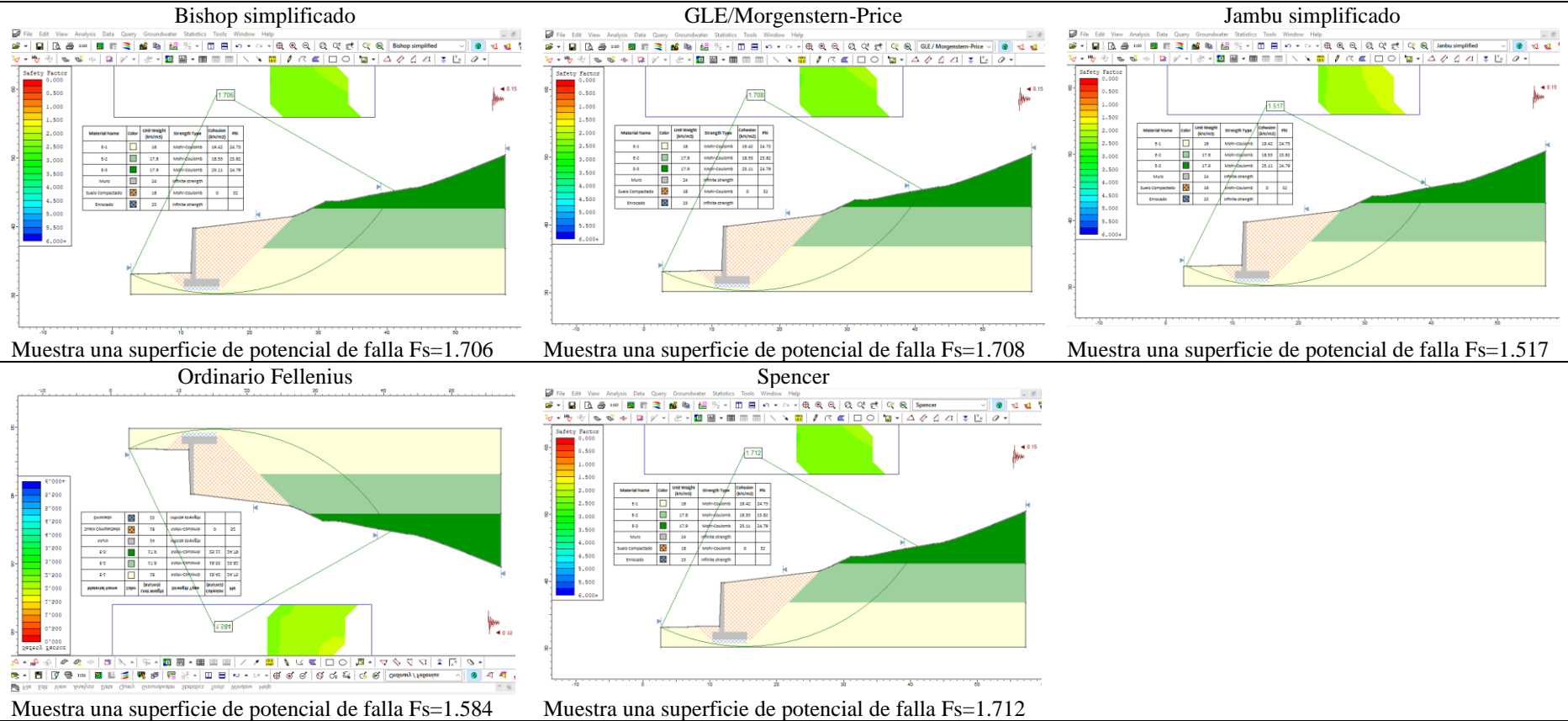
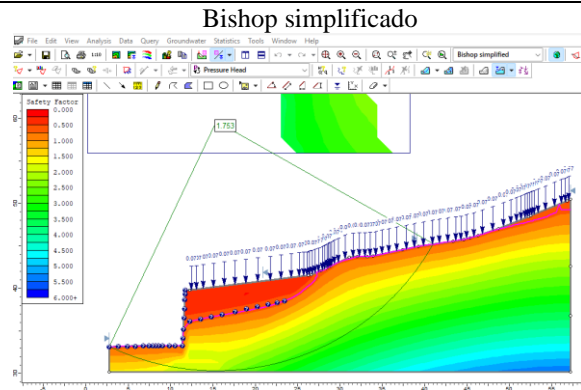
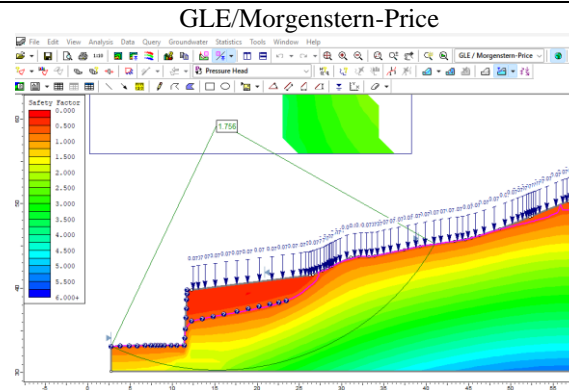


Figura 109

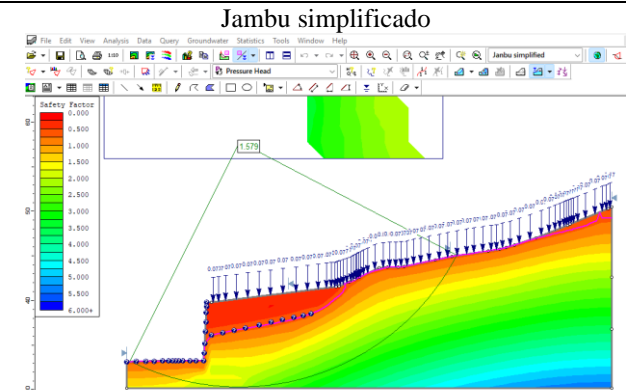
Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro en Voladizo



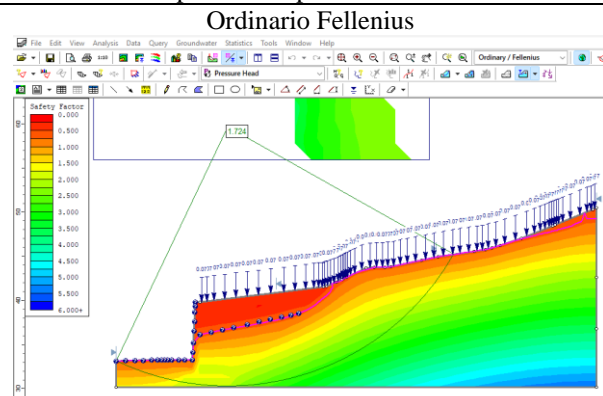
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.753$



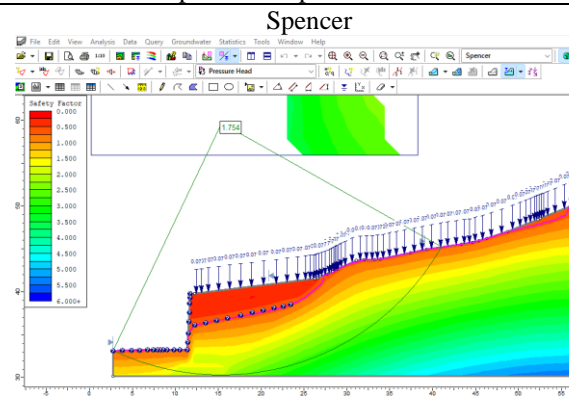
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.756$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.579$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.724$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.754$

Figura 110

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro en Voladizo

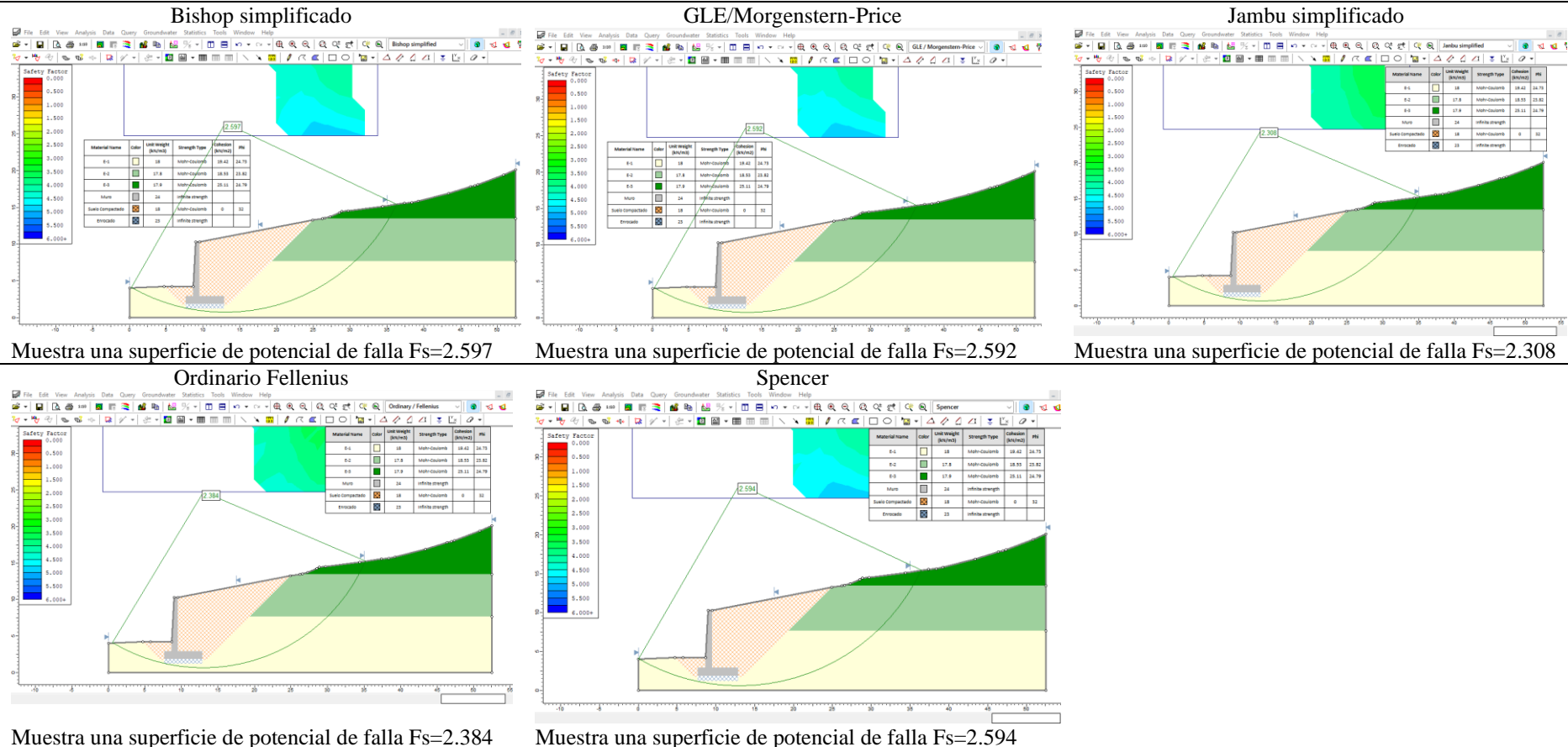


Figura 111

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro en Voladizo

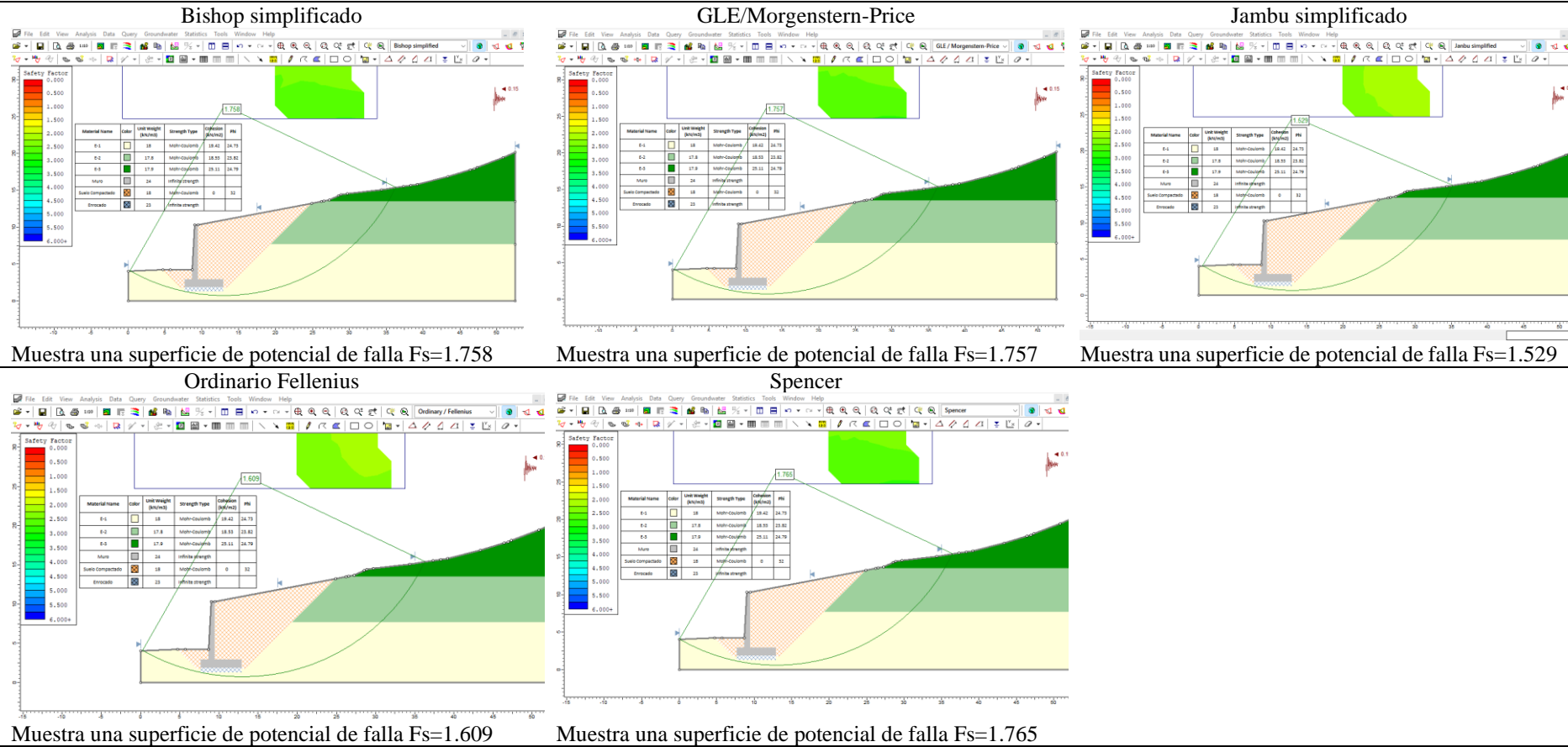
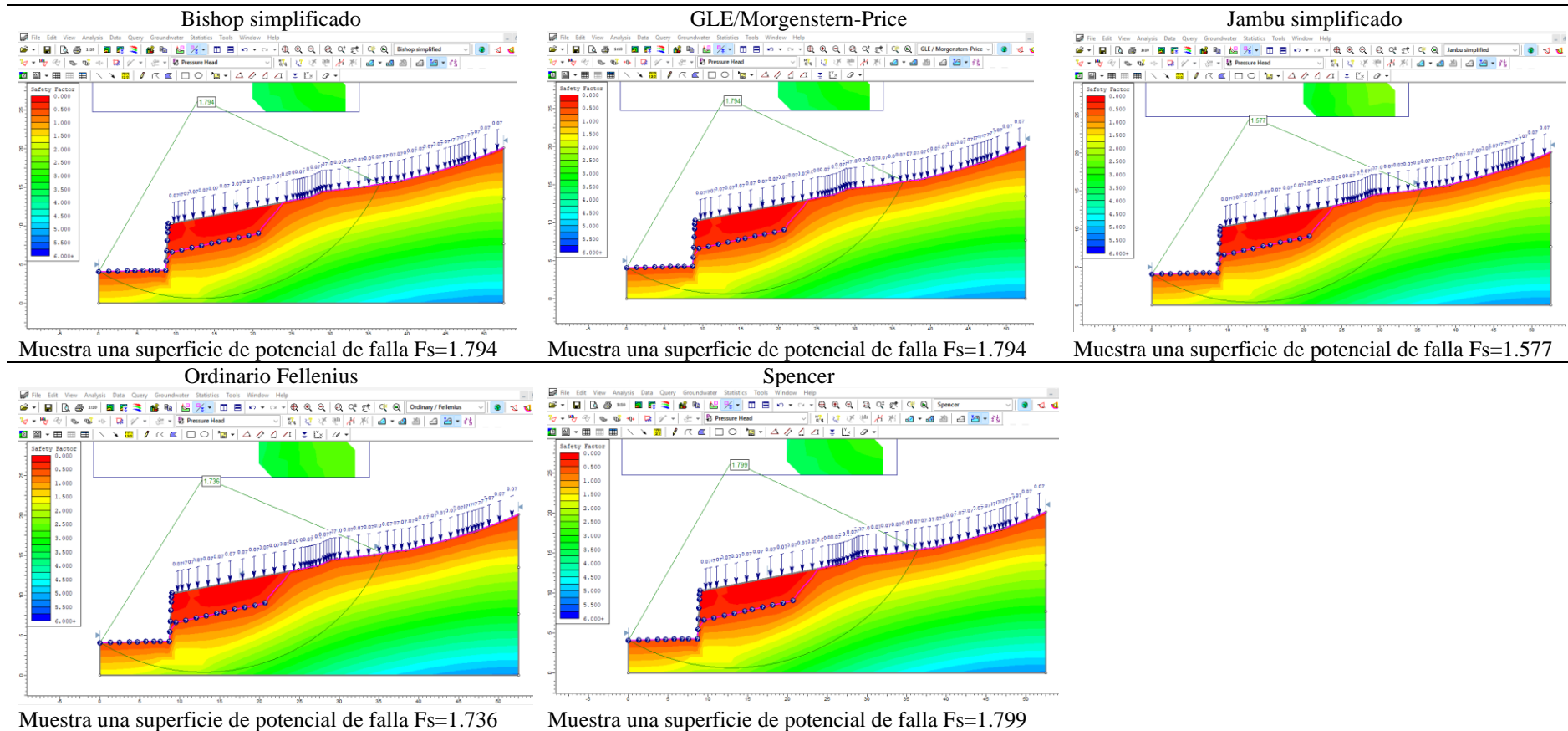


Figura 112

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro en Voladizo



4.1.2.2. Muro de concreto armado en voladizo del talud Tayal

a) Dimensionamiento

El diseño del muro de concreto armado en voladizo para el talud El Ingenio fue desarrollado con altura total de 6.5 m, ancho de base de 3.9 m, y talón de 2.6 m. El desplante del muro se definió a 1.8 m de profundidad, y se consideró espesor de zapata de 0.9 m, lo que proporciona una base robusta adecuada para condiciones geotécnicas medias.

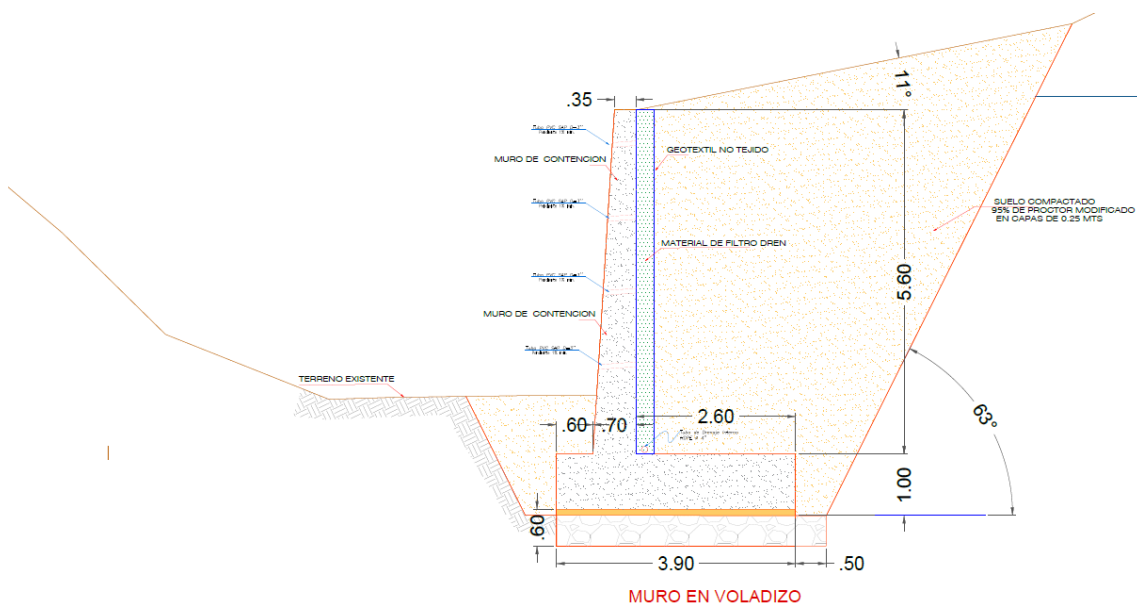
Tabla 25

Dimensiones del Muro en Voladizo para el Talud Tayal

Geometría del muro				
Altura del muro :		H	=	6.5 m
Ancho de la cresta:	(min 30 cm)	B2	=	0.35 m
Ancho de la base:	$0.5 \cdot H - 0.7 \cdot H$		=	3.9 m
Ancho de la punta:	0.10H		=	0.7 m
Ancho inferior:	0.10H		=	0.7 m
Ancho del talón:			=	2.6 m
Altura de al zapata:	0.10H		=	0.7 m
	Asumido		=	0.9 m
Nivel de desplante		D	=	1.8 m

Figura 113

Dimensiones del Muro en Voladizo para el Talud Tayal



b) Análisis y verificación del acero

Vástago

- Vertical trasdós (principal):
 - Zona A (0–2.0 m): $\frac{3}{4}$ " @ 20 cm.
 - Zona B (2.0–5.6 m): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm.
- Vertical intradós (distribución): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm en toda la altura.
- Horizontal (ambas caras): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm.

Talón

- Principal inferior: $\frac{5}{8}$ " @ 25 cm.
- Reparto superior: $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm.
- Transversal de costura (alrededor del alma): $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm.

Puntera

- Principal superior: $\frac{5}{8}$ " @ 25 cm.
- Reparto inferior: $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm.

Encuentro vástago–zapata

- Barras en "L" cada paso del principal; $l_{d,ten} \geq 40 \phi$ dentro de la zapata.
- Parche de cosido con $\frac{1}{2}$ " @ 25 cm (superior e inferior) en 1.00 m alrededor del alma.

Recubrimientos y separaciones

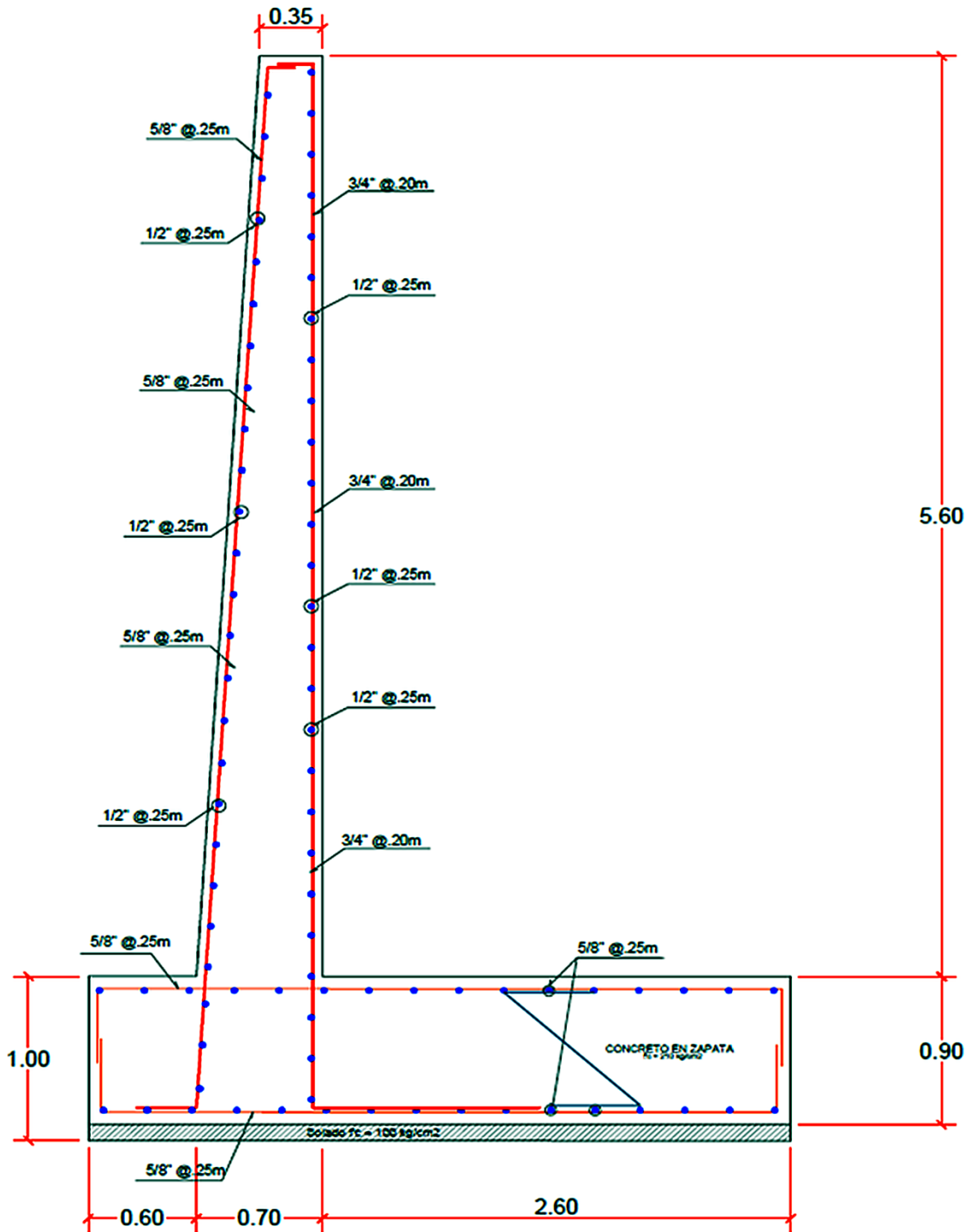
- Recubrimientos: 7.5 cm en zapata, 5.0 cm en vástago.

c) Drenaje (común a ambos muros)

- Trasdós: geotextil no tejido + material filtro dren (grava $\frac{3}{8}$ "– $\frac{3}{4}$ "), espesor ≥ 0.20 m, pendiente mínima 1 %.
- Tubería perforada Ø110 mm (PVC/PEAD), pendiente ≥ 1 %, envuelta.
- Aliviaderos Ø75–100 mm cada 2.0–2.5 m.

Figura 114

Detalle de Acero del Muro en Voladizo para el Talud Tayal



d) Comportamiento estructural

Respecto al análisis de estabilidad, los resultados indican que el diseño cumple con todos los criterios establecidos por normativa (RNE – CE.020):

Volteo: Se obtuvo factor de seguridad de 3.59, valor que supera ampliamente el mínimo requerido de 2.00, lo cual evidencia que el muro tiene una gran capacidad para resistir momentos de vuelco generados por las fuerzas laterales del terreno.

Deslizamiento: El factor de seguridad fue de 4.91, superior al mínimo exigido de 1.50, lo que indica resistencia adecuada frente al empuje activo del suelo.

Excentricidad: Se verificó que la excentricidad máxima ($e = 0.074$ m) se encuentra dentro del rango permitido ($ea = 0.333$ m), lo que asegura que la reacción de la carga permanece dentro del tercio medio de la zapata.

Capacidad portante del suelo: Se alcanzó factor de seguridad de 1.18, con tensión de contacto de 117.90 kPa, por debajo de la capacidad admisible del terreno (280.00 kPa), indicando que el suelo no se encuentra sobrecargado y puede sostener el muro sin falla por hundimiento.

Tabla 26

Análisis de Estabilidad del Muro en Voladizo para el Talud Tayal

Factor de seguridad	Criterio	Datos	Factor obtenido	
Por volteo	> 2.00	Momento estabilizador 1103.31 KN.m/m Momento de vuelco 307.21 KN.m/m	3.59	Cumple
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 2997.71 KN/m Fuerza horizontal activa 61.10 KN/m	4.91	Cumple
Excentricidad	$ea > e$	Máxima excentricidad normal (e) 0.074 Máxima excentricidad permitida (ea) 0.333		Cumple
Para capacidad portante	> 1	Máxima tensión fondo de la zapata 177.90 kPa Capacidad portante del terreno 280.00 kPa	1.57	Cumple

Figura 115

Verificación de Equilibrio del Muro en Voladizo para el Talud Tayal

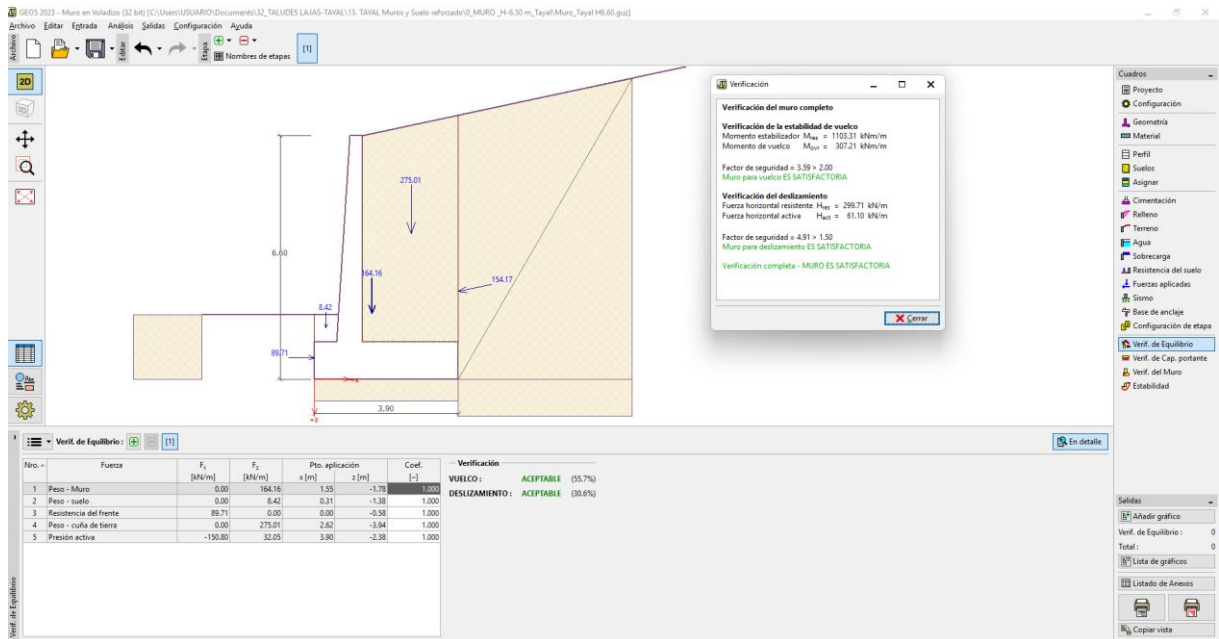


Figura 116

Verificación de la Capacidad Portante del Muro en Voladizo para el Talud Tayal

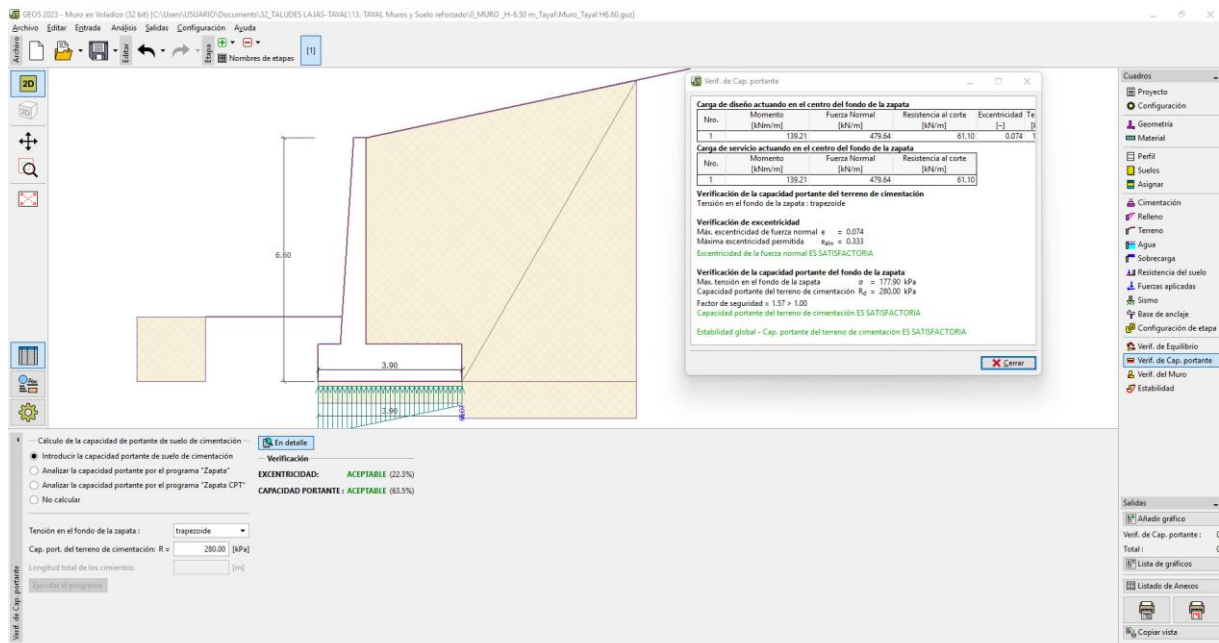


Figura 117

Verificación de la Estabilidad del Muro en Voladizo para el Talud Tayal

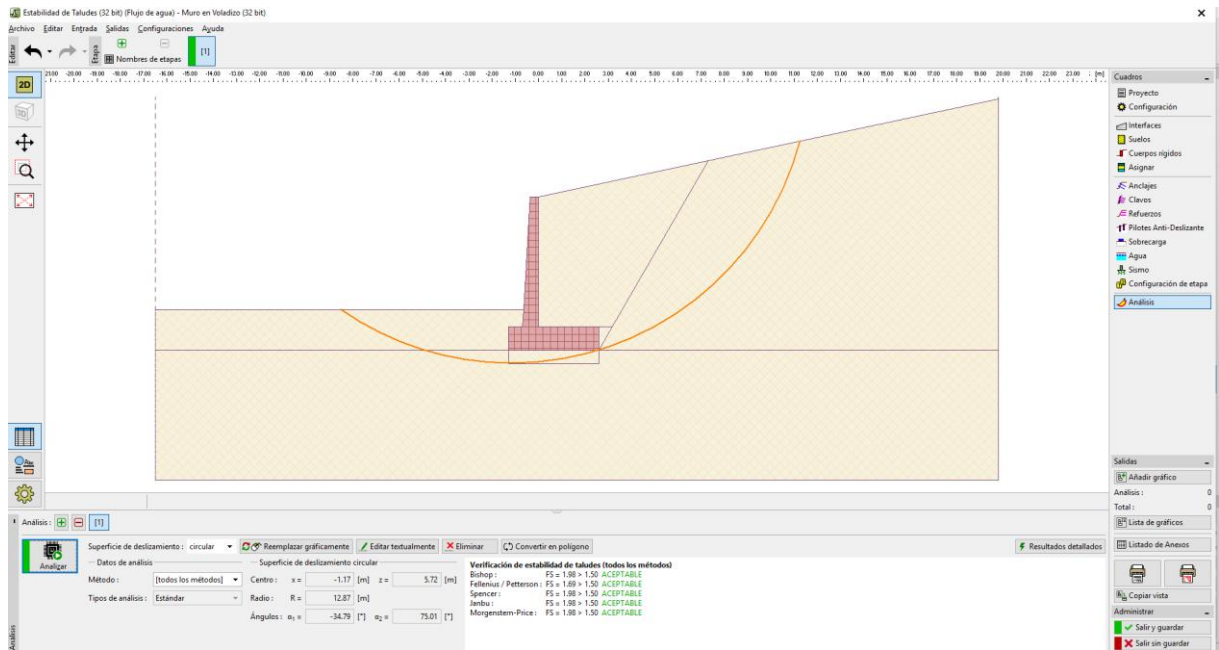
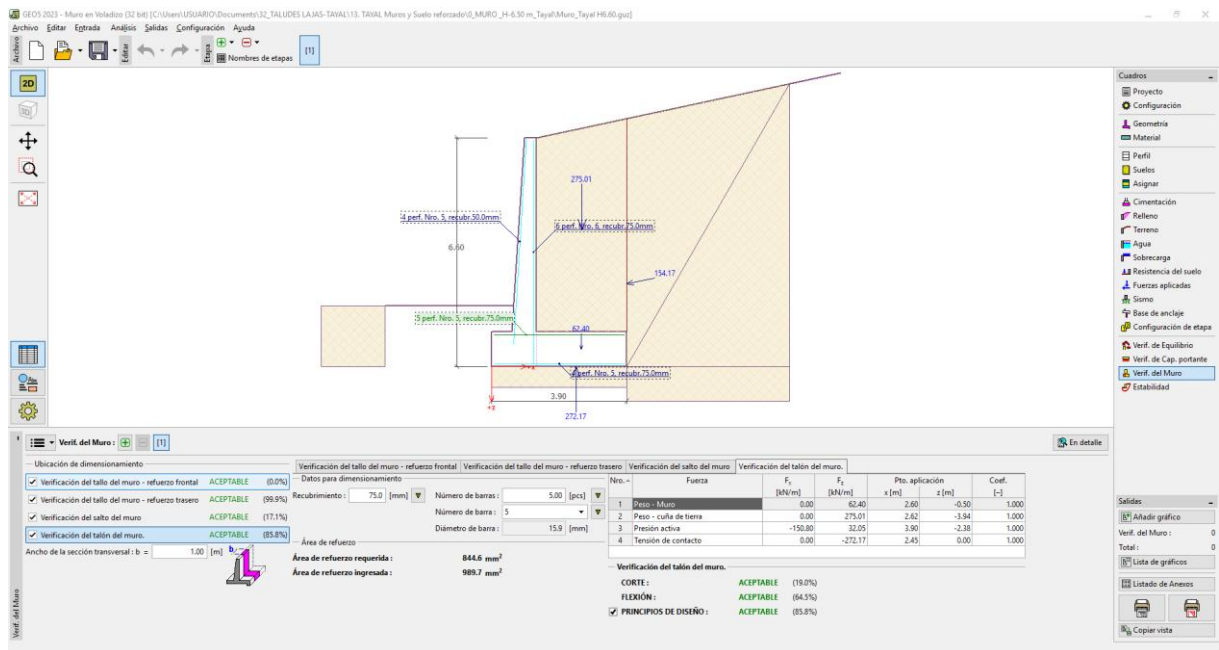


Figura 118

Verificación Interna del Muro en Voladizo para el Talud Tayal



e) Análisis de estabilización de taludes

Tras el diseño e incorporación del muro de concreto armado, el talud Tayal mostró mejora significativa, los factores de seguridad con los cinco métodos de equilibrio límite aplicados (Bishop, Morgenstern-Price, Janbu, Fellenius y Spencer) superaron los umbrales de la norma CE.020, que exige mínimo de 1.50 en condición estática y 1.25 en condición sísmica. En condición estática, los factores de seguridad promedio oscilaron entre 2.014 (Janbu) y 2.273 (Bishop), valores que demuestran estabilidad adecuada en todas las secciones del talud. En condición sísmica, los resultados fueron igualmente satisfactorios, con promedios entre 1.382 (Janbu) y 1.610 (Spencer), superando cómodamente el umbral mínimo. Bajo condición de infiltración pluvial, los valores también resultaron favorables, con factores promedio superiores a 1.39.

Así mismo, el análisis porcentual de mejora, basado en el método Bishop, evidencia incremento considerable de los factores de seguridad en todas las secciones. En condición estática, el incremento oscila entre 7.36% (sección 0+020) y 17.25% (sección 0+040). En condición dinámica, la mejora va desde 6.43% hasta 12.86%, mientras que, bajo condiciones de lluvia, se registran mejoras aún más notables, como el 40.96% en la sección 0+060. Este último caso es especialmente importante, ya que dicha sección presentaba los valores más críticos en el talud natural y, tras el reforzamiento, alcanza niveles aceptables.

Por tanto, el uso del muro de concreto armado permite mejorar considerablemente el comportamiento geotécnico del talud Tayal, garantizando su estabilidad frente a cargas gravitacionales, sísmicas y pluviales.

Tabla 27

Factores de Seguridad del Talud Tayal con Reforzamiento por Muro en Voladizo

Secciones	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/Fellenius			Spencer		
	Factor de seguridad Condición														
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia
0+010	2.002	1.473	1.423	1.996	1.475	1.421	1.754	1.269	1.238	1.825	1.339	1.4	2.00	1.472	1.426
0+020	2.232	1.589	1.572	2.226	1.593	1.572	1.934	1.369	1.364	2.02	1.433	1.517	2.225	1.591	1.57
0+030	2.538	1.746	1.701	2.531	1.745	1.701	2.167	1.487	1.472	2.279	1.563	1.622	2.529	1.75	1.702
0+040	2.739	1.861	1.85	2.734	1.868	1.849	2.409	1.612	1.643	2.481	1.675	1.767	2.736	1.874	1.853
0+050	2.285	1.59	1.504	2.281	1.59	1.505	2.19	1.382	1.316	2.086	1.443	1.461	2.279	1.593	1.503
0+060	1.841	1.375	1.552	1.836	1.377	1.577	1.629	1.175	1.352	1.687	1.252	1.47	1.836	1.378	1.556
Promedio	2.273	1.606	1.600	2.267	1.608	1.604	2.014	1.382	1.398	2.063	1.451	1.540	2.268	1.610	1.602
Máximo	2.739	1.861	1.850	2.734	1.868	1.849	2.409	1.612	1.643	2.481	1.675	1.767	2.736	1.874	1.853
Mínimo	1.841	1.375	1.423	1.836	1.377	1.421	1.629	1.175	1.238	1.687	1.252	1.400	1.836	1.378	1.426

Tabla 28*Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud Tayal con Muro en Voladizo*

Secciones	Estático			Dinámico			Lluvia		
	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora
	Talud natural	Talud con muro de concreto		Talud natural	Talud con muro de concreto		Talud natural	Talud con muro de concreto	
0+010	1.783	2.002	12.28%	1.344	1.473	9.60%	1.206	1.423	17.99%
0+020	2.079	2.232	7.36%	1.493	1.589	6.43%	1.405	1.572	11.89%
0+030	2.319	2.538	9.44%	1.616	1.746	8.04%	1.587	1.701	7.18%
0+040	2.336	2.739	17.25%	1.649	1.861	12.86%	1.643	1.85	12.60%
0+050	2.018	2.285	13.23%	1.439	1.59	10.49%	1.346	1.504	11.74%
0+060	1.616	1.841	13.92%	1.242	1.375	10.71%	1.101	1.552	40.96%

Figura 119

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+010, Muro en Voladizo

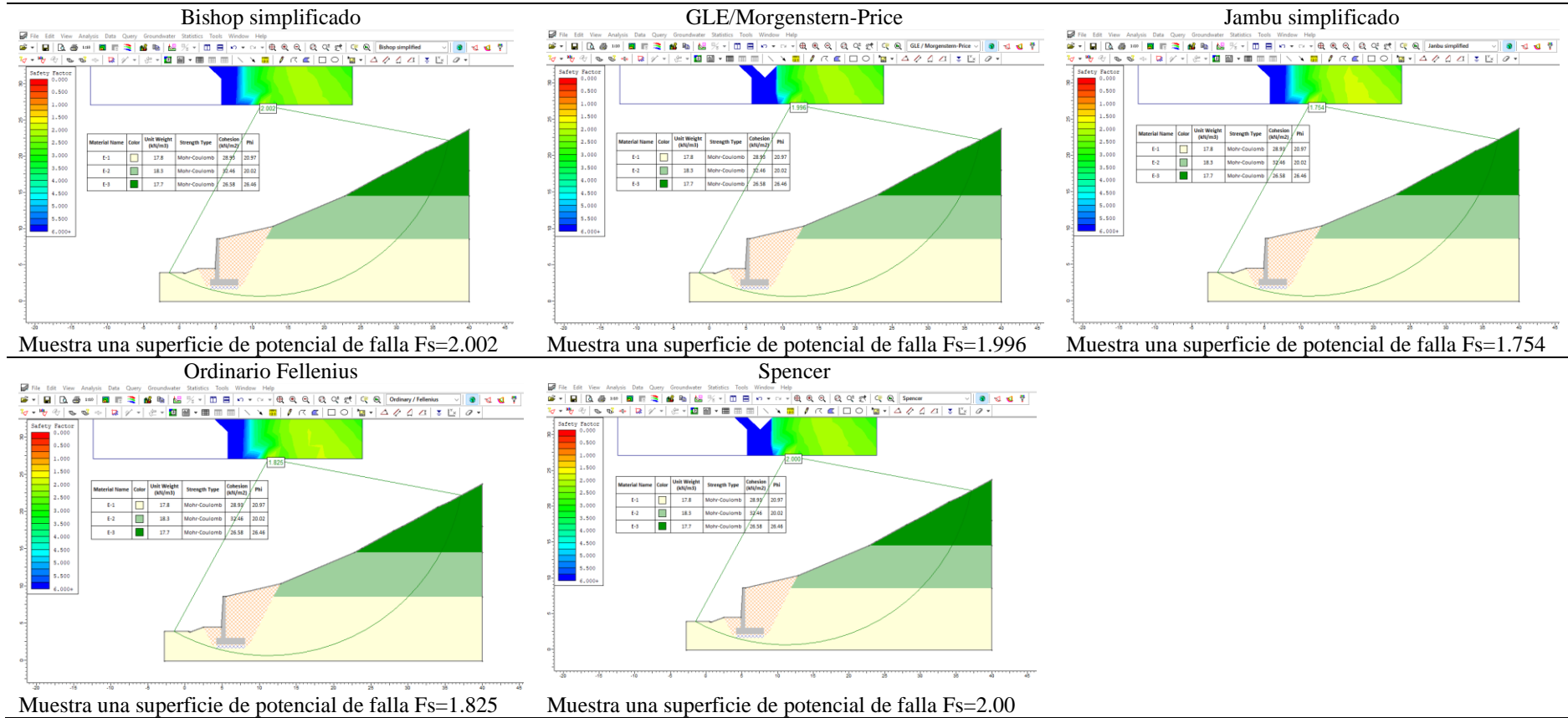


Figura 120

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+010, Muro en Voladizo

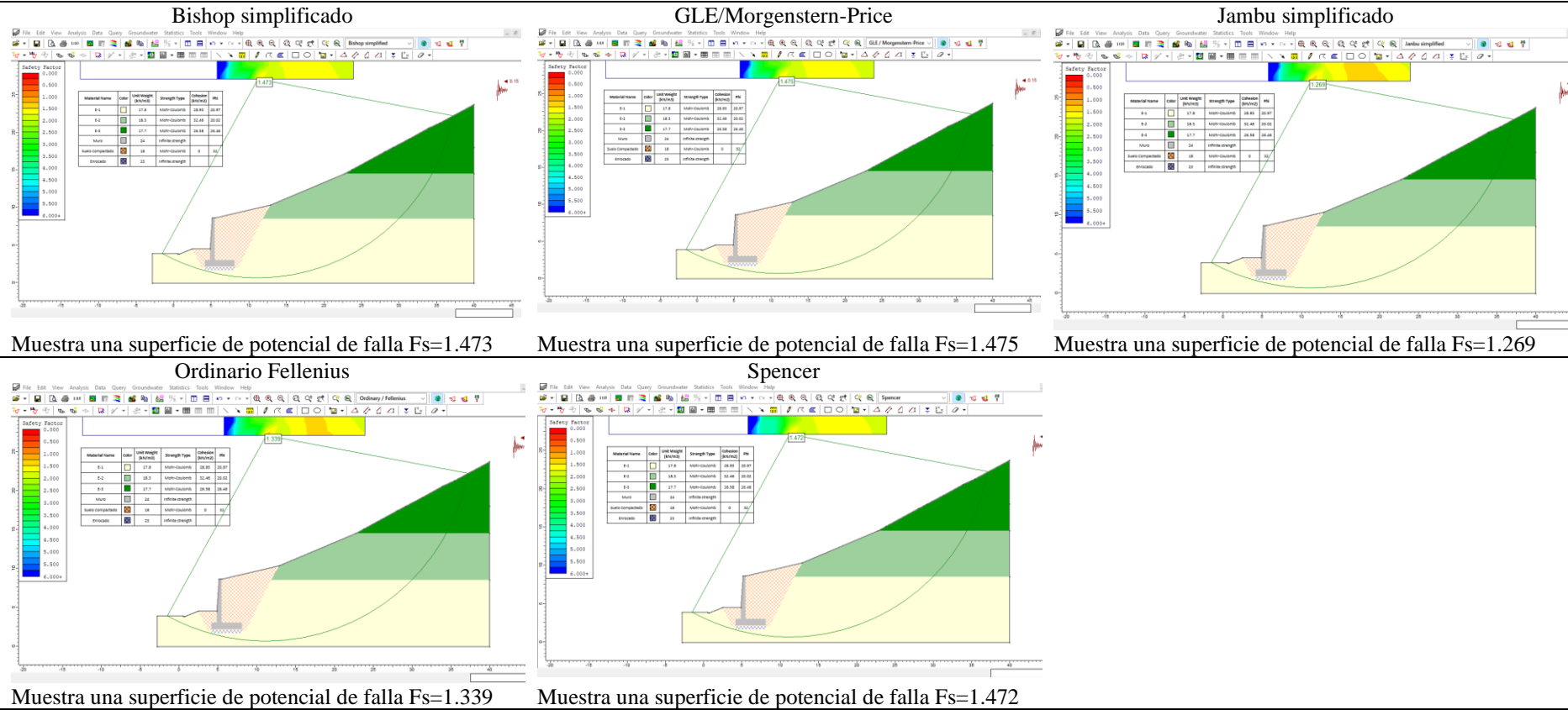


Figura 121

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Muro en Voladizo

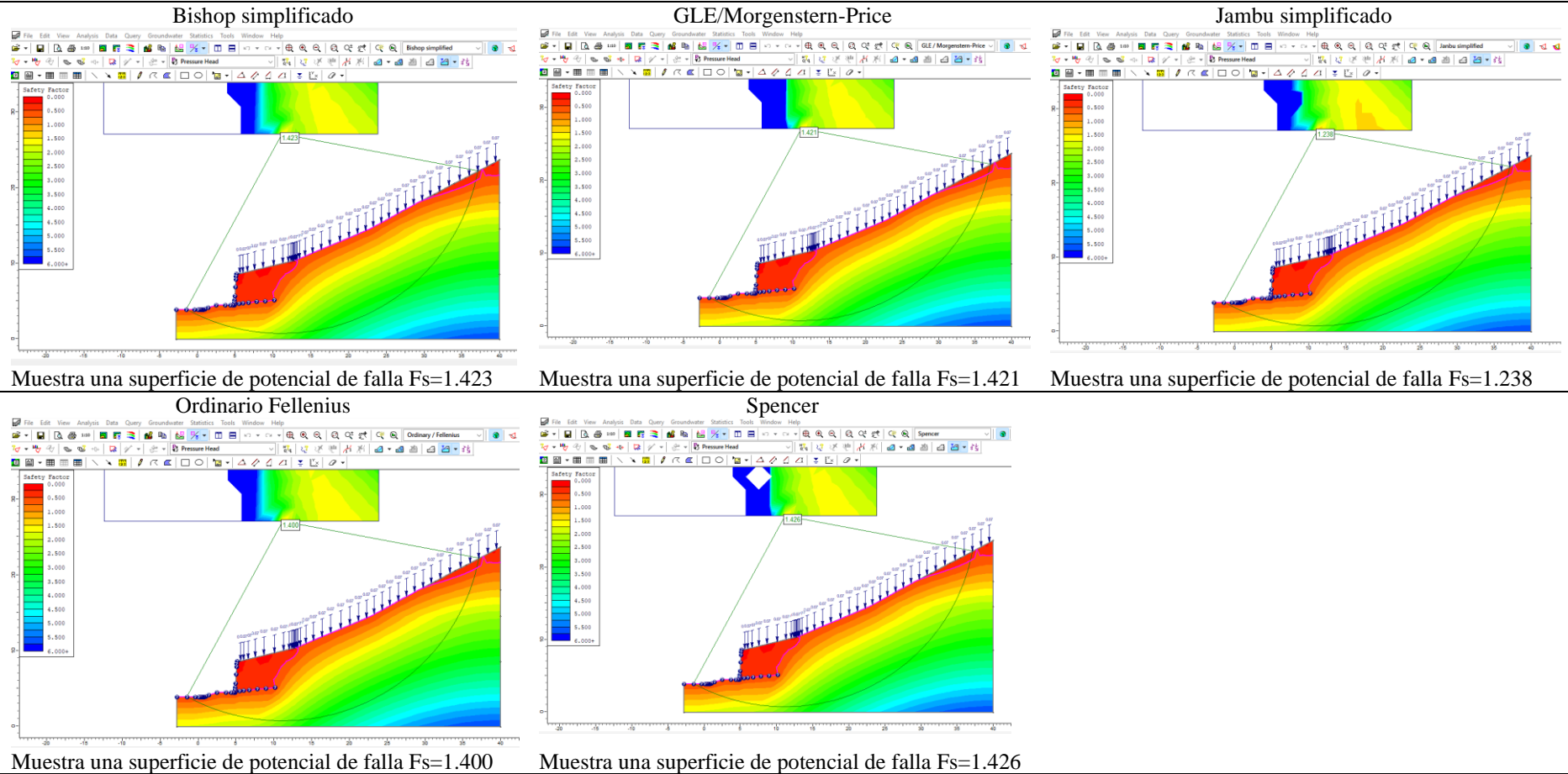


Figura 122

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+020, Muro en Voladizo

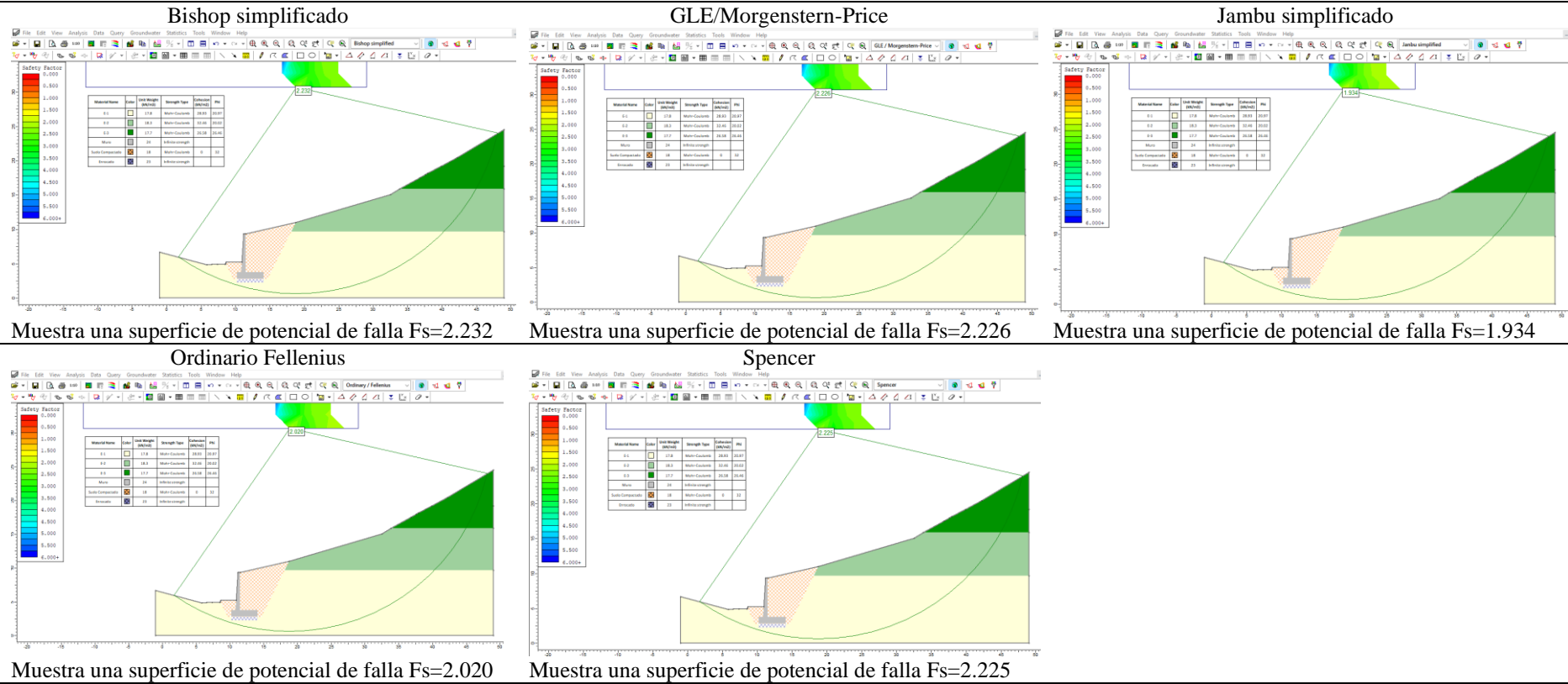


Figura 123

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+020, Muro en Voladizo

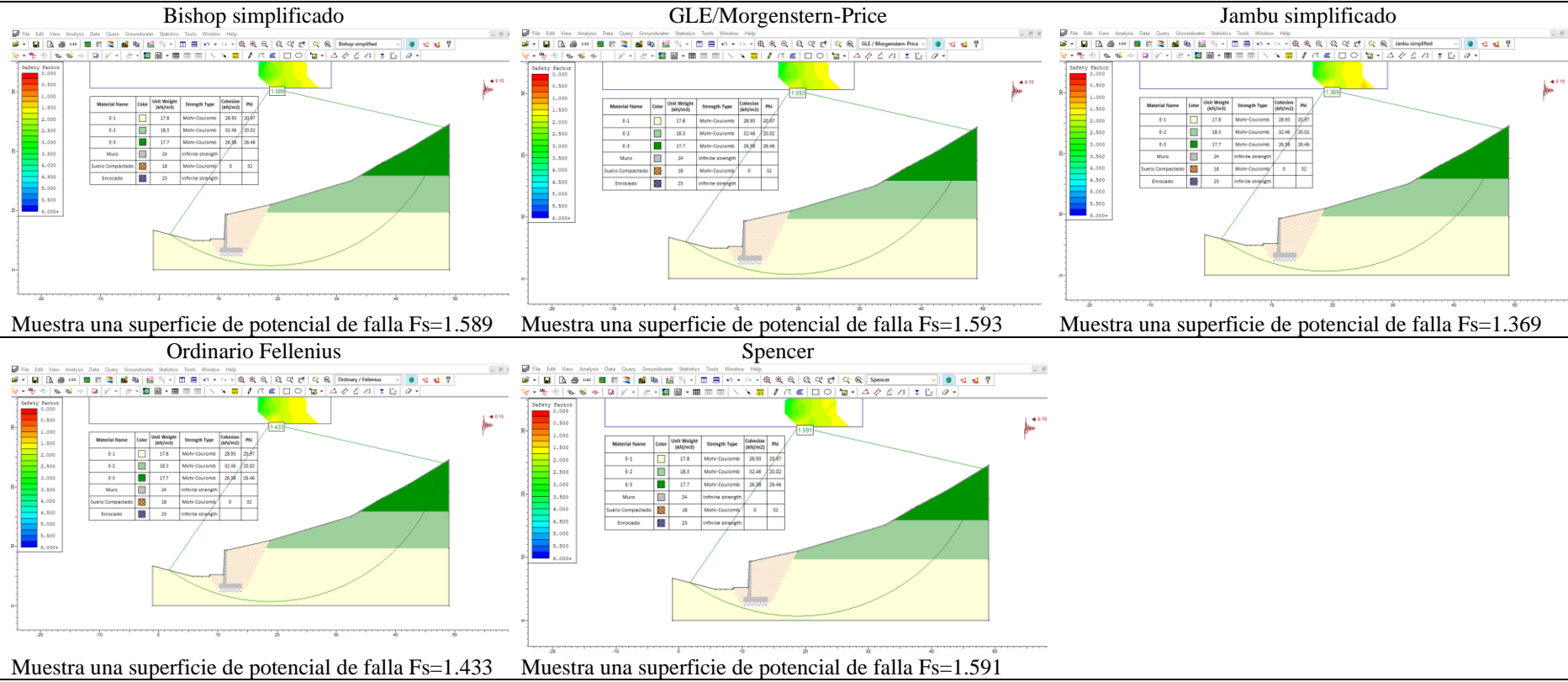


Figura 124

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+020, Muro en Voladizo

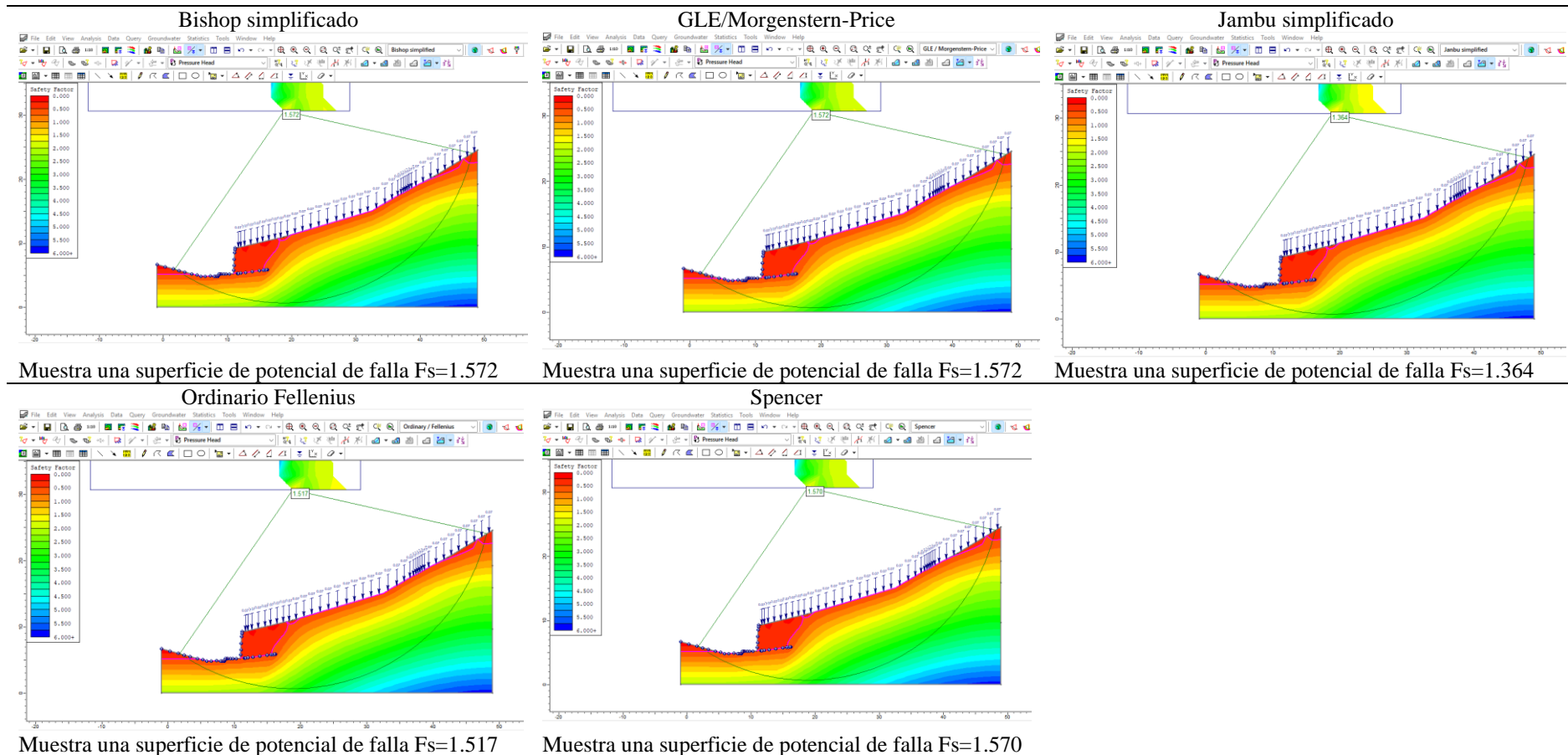


Figura 125

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayo, Sección K 0+030, Muro en Voladizo

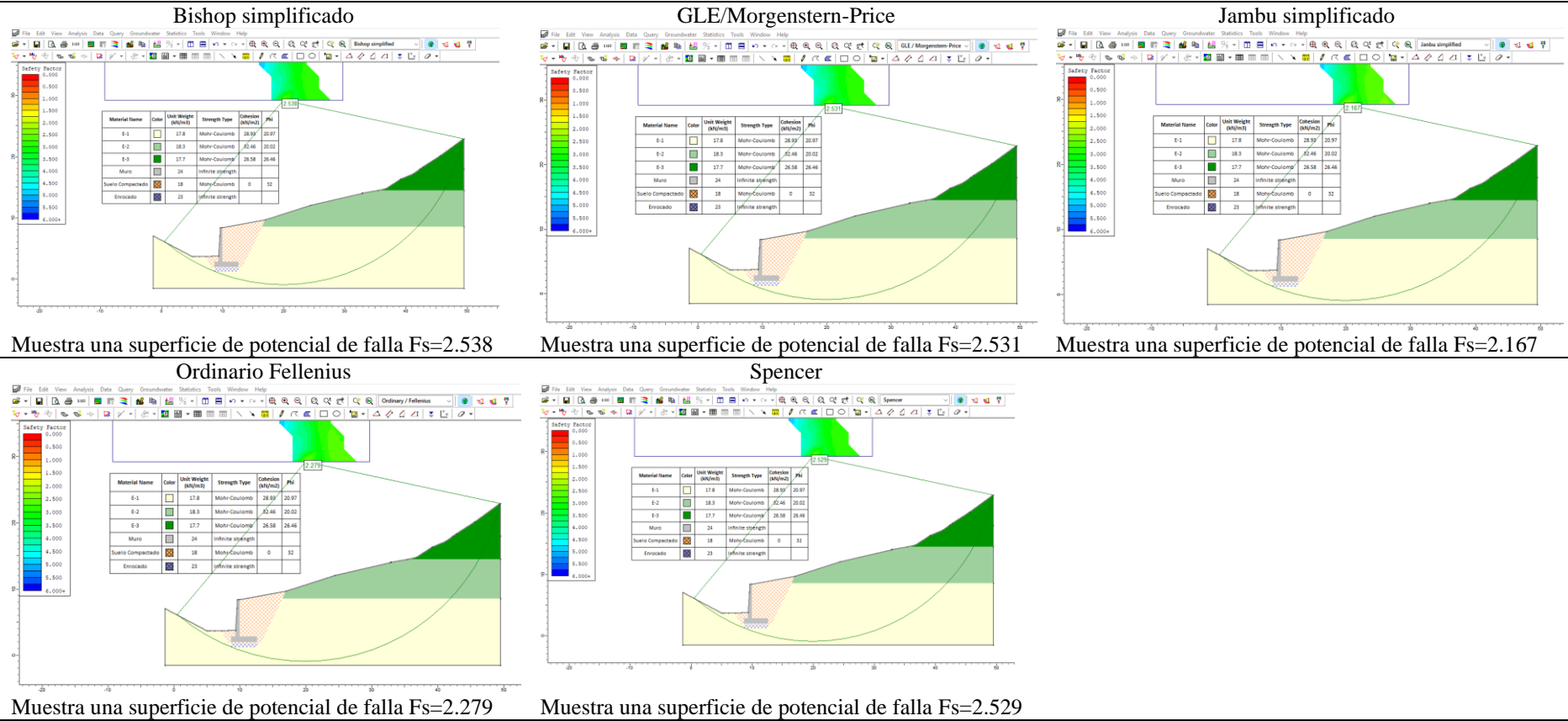
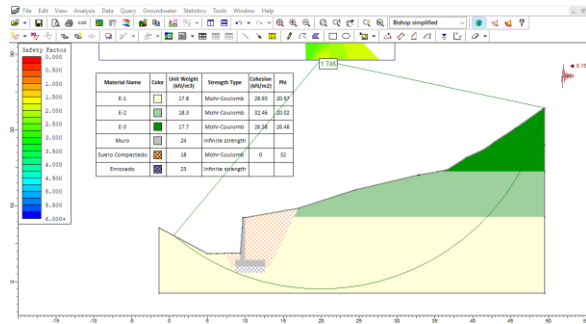


Figura 126

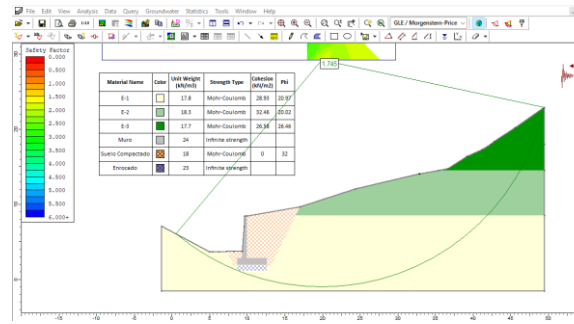
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+030, Muro en Voladizo

Bishop simplificado



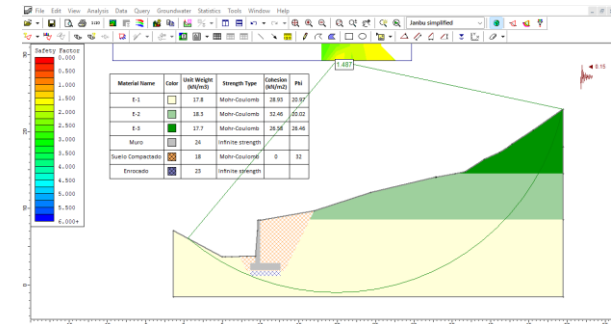
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.746$

GLE/Morgenstern-Price



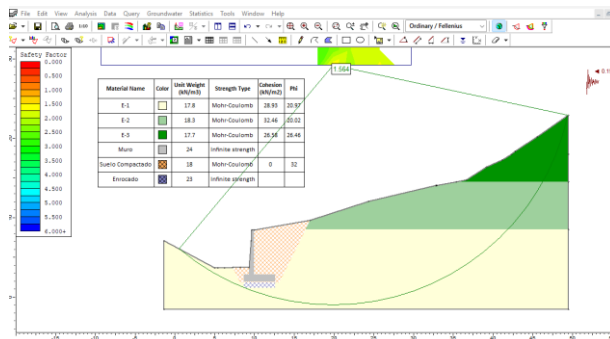
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.745$

Jambu simplificado



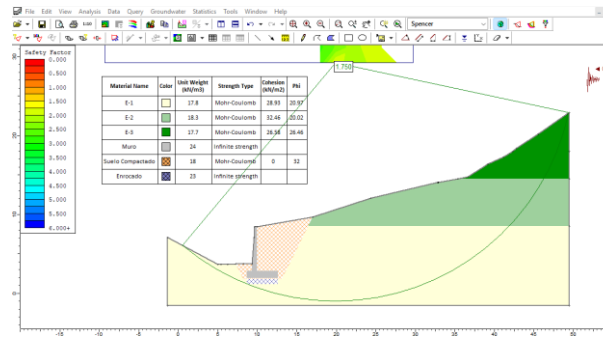
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.487$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.564$

Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.750$

Figura 127

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Taly, Sección K 0+030, Muro en Voladizo

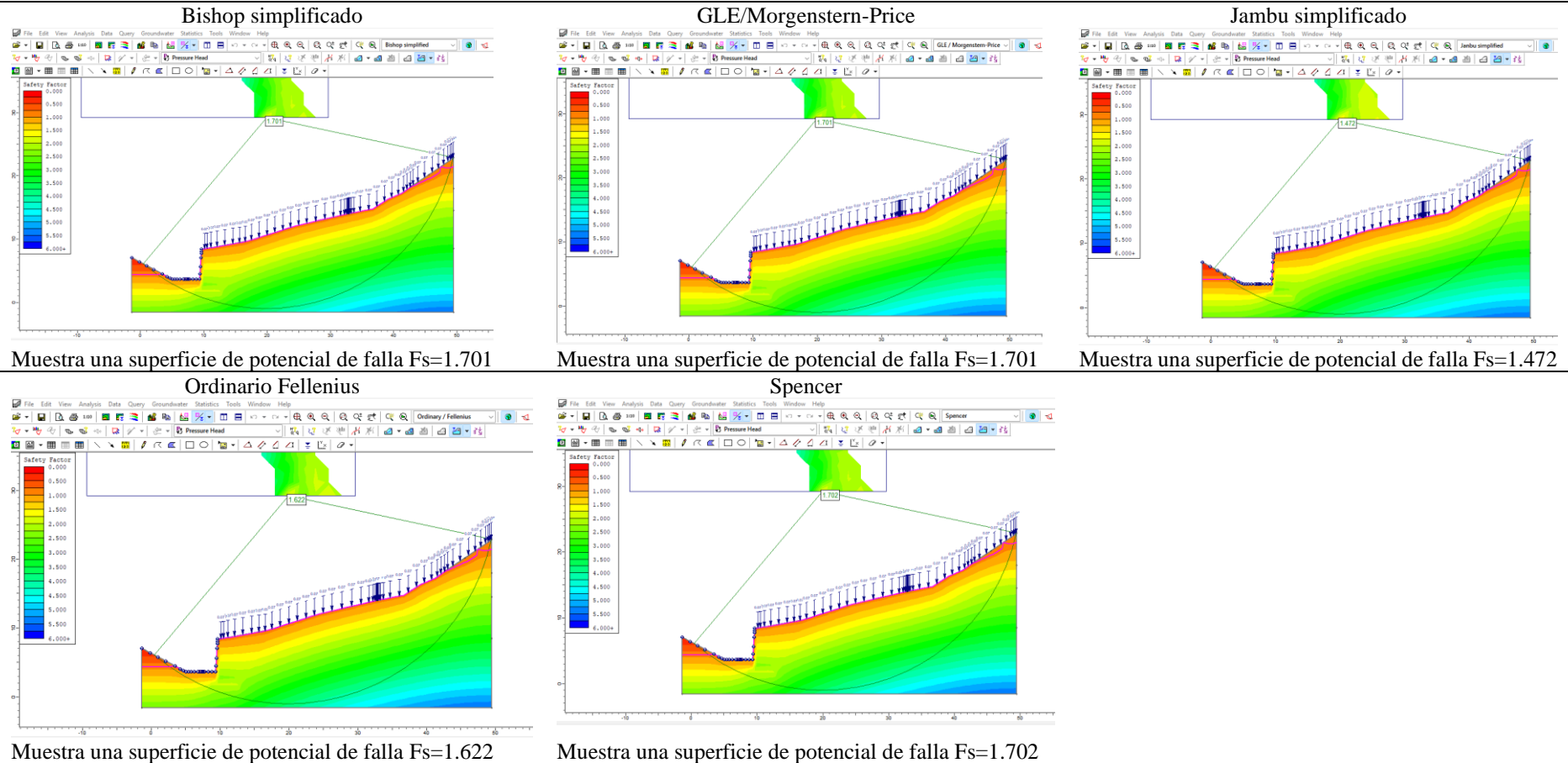


Figura 128

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+040, Muro en Voladizo

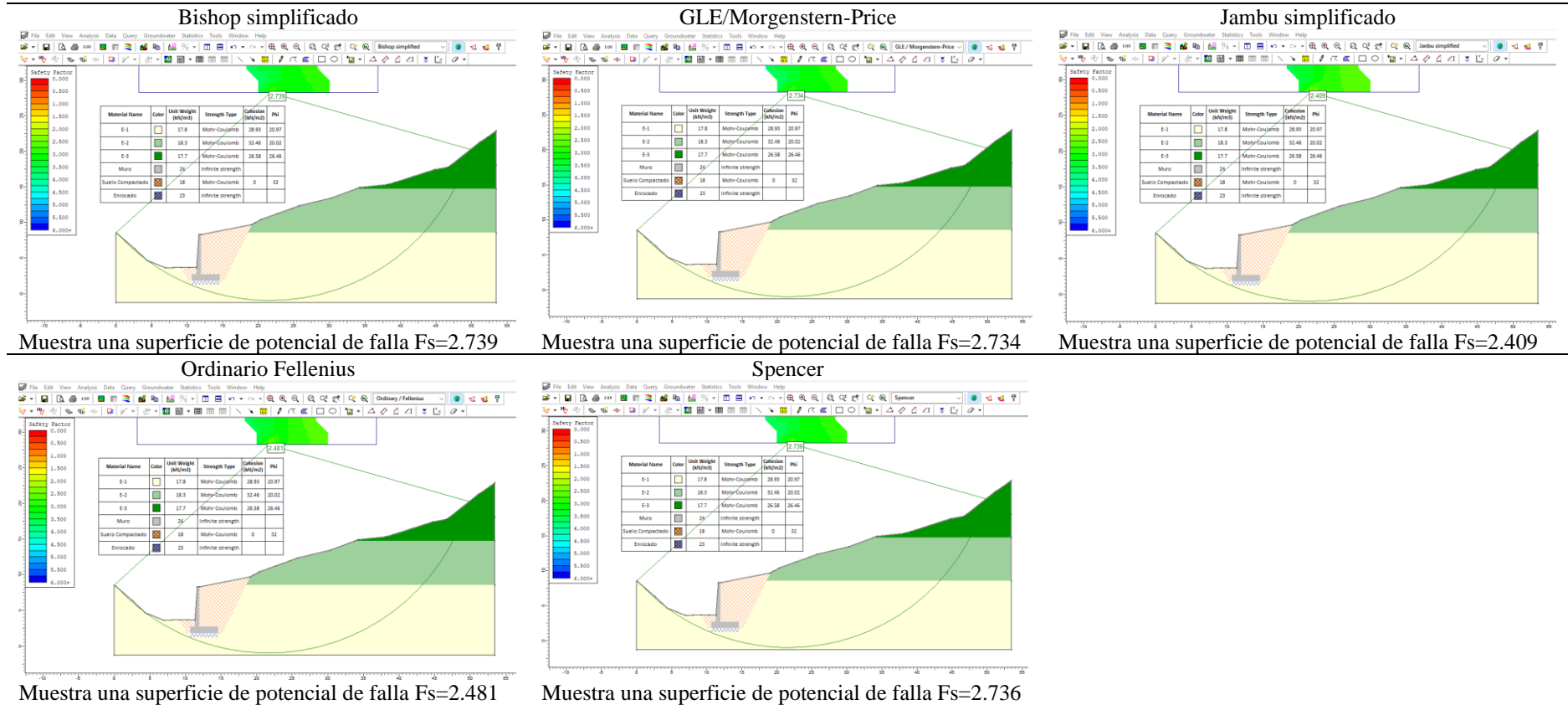
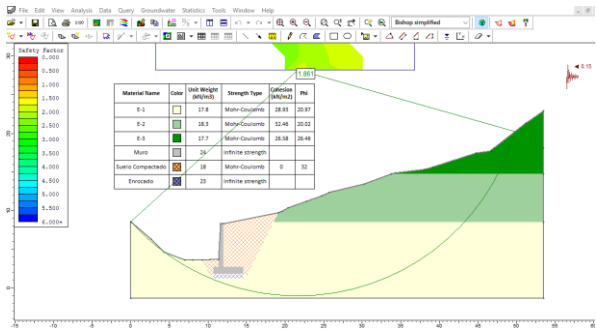


Figura 129

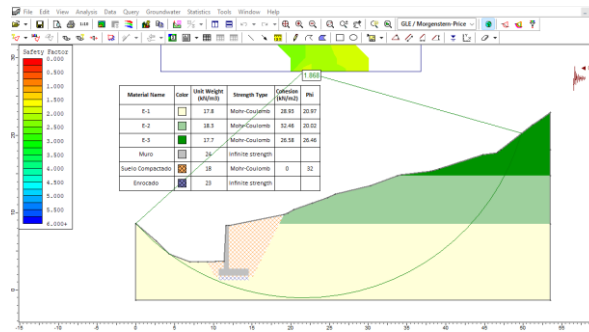
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+040, Muro en Voladizo

Bishop simplificado



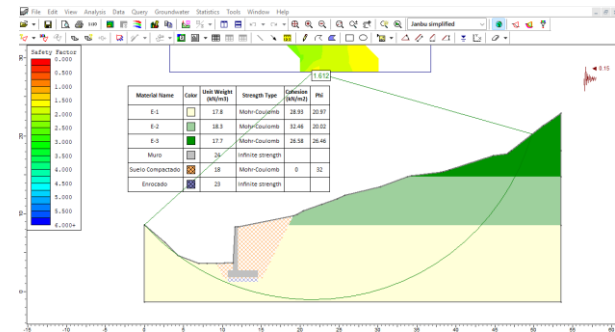
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.861$

GLE/Morgenstern-Price



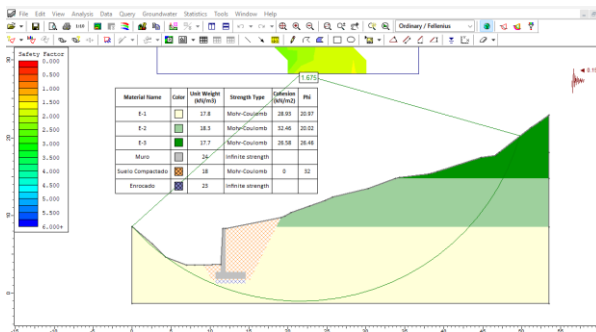
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.868$

Jambu simplificado



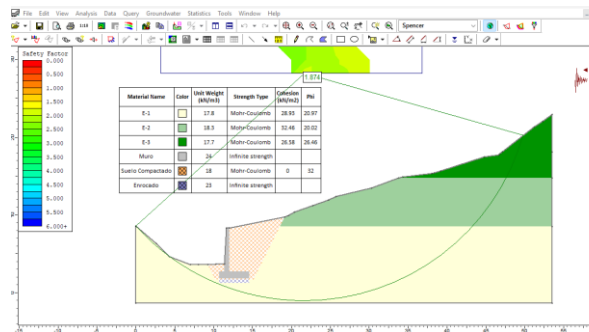
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.612$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.675$

Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.874$

Figura 130

Análisis de Infiltración con para Verificar la Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+040, Muro en Voladizo

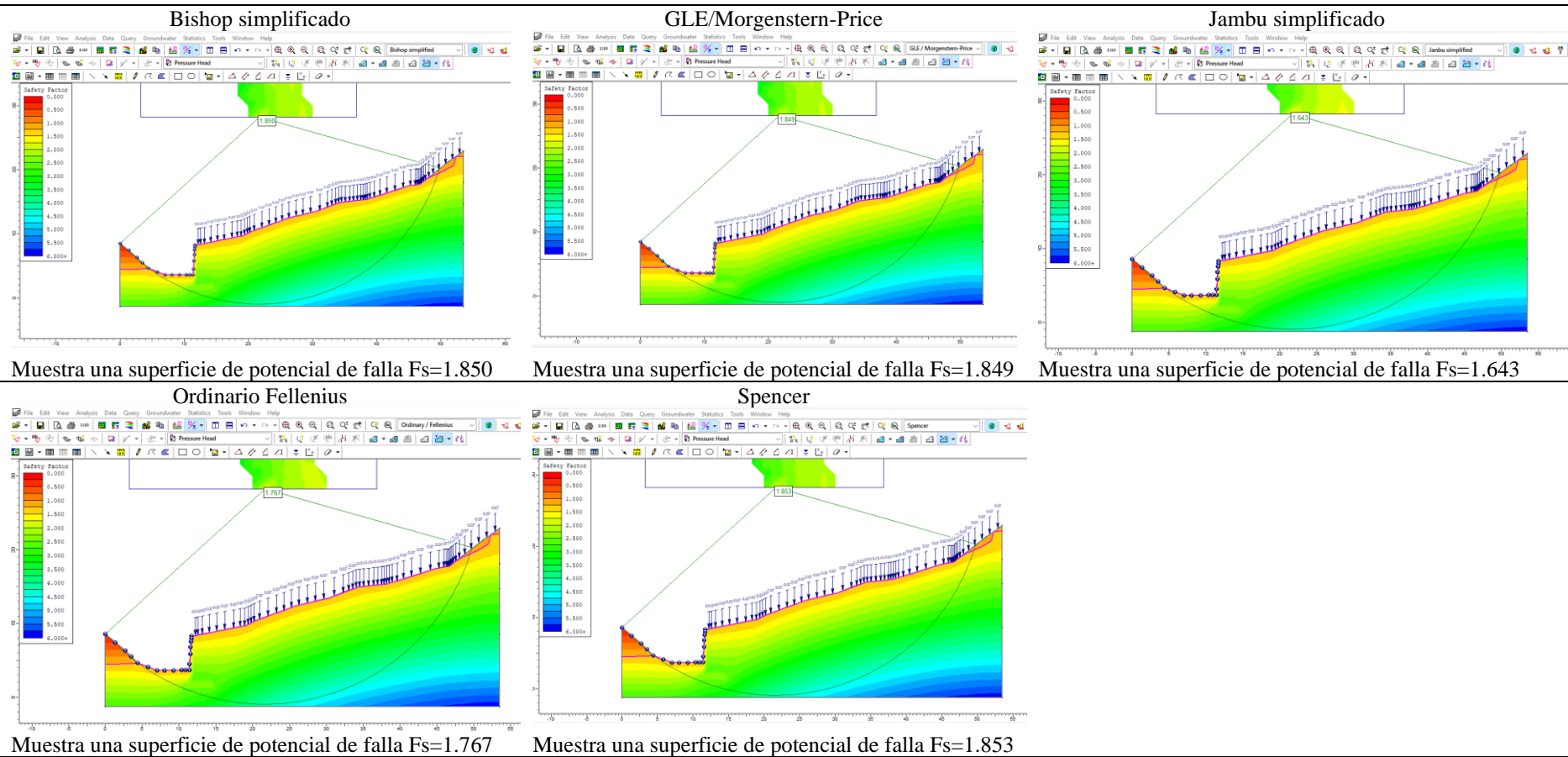


Figura 131

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+050, Muro en Voladizo

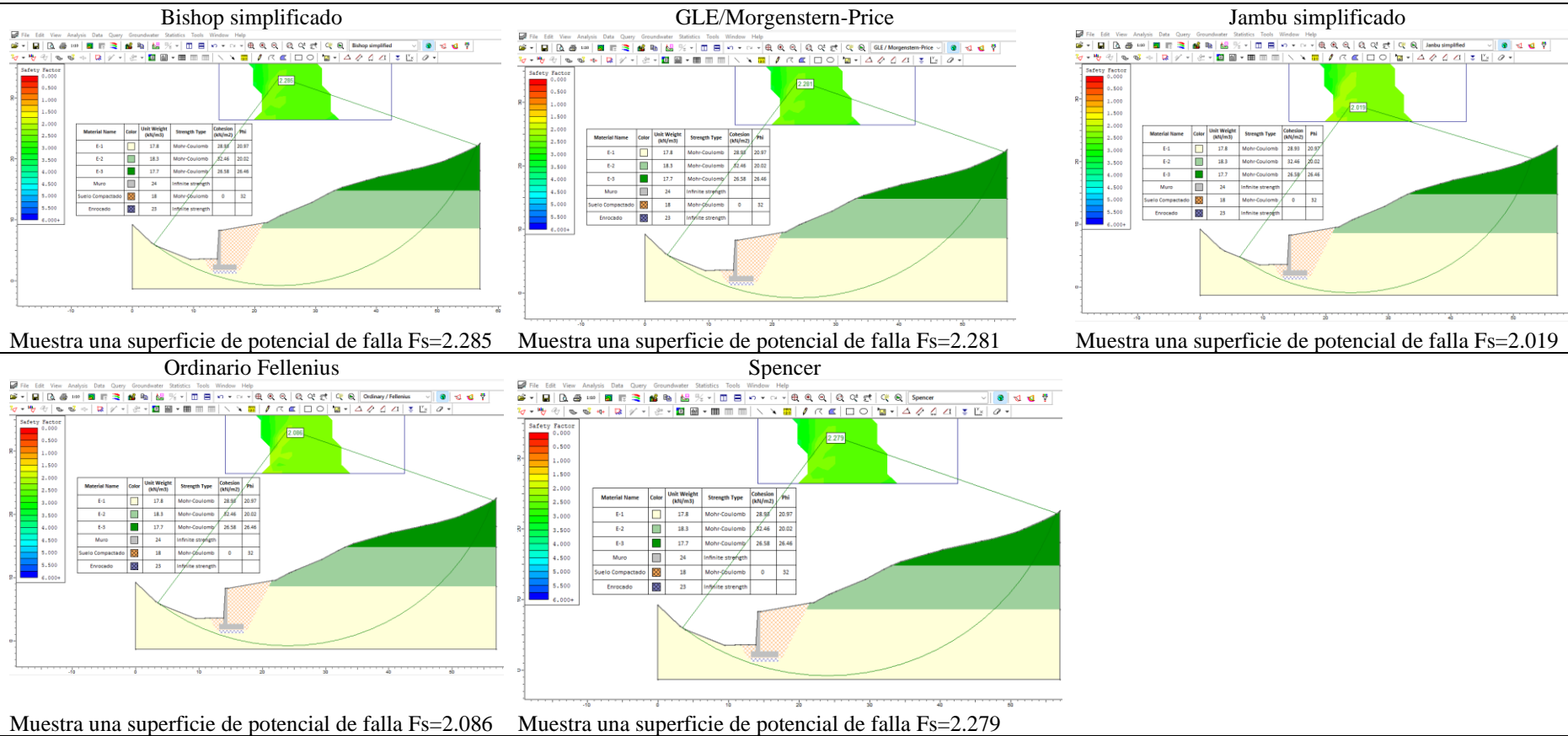
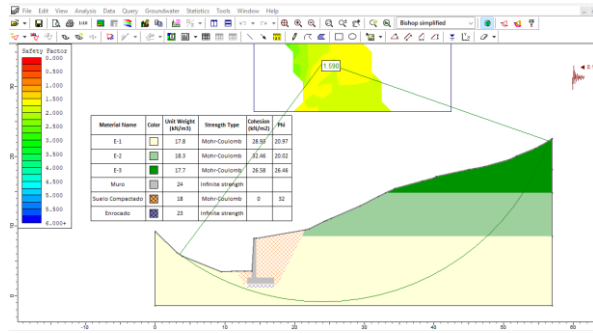


Figura 132

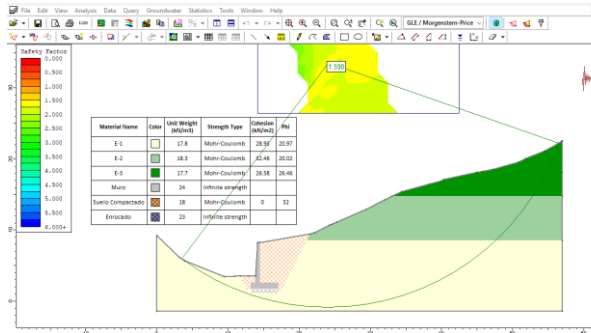
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+050, Muro en Voladizo

Bishop simplificado



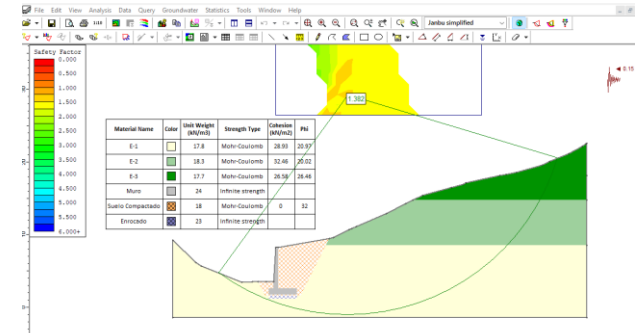
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.590$

GLE/Morgenstern-Price



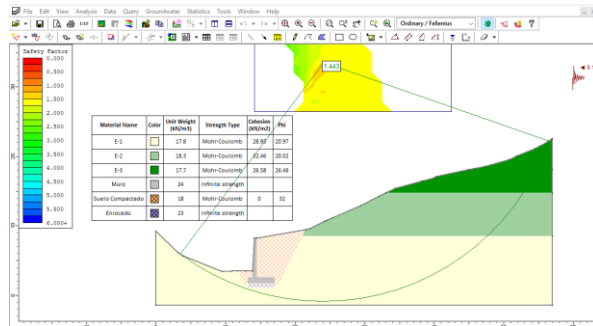
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.590$

Jambu simplificado



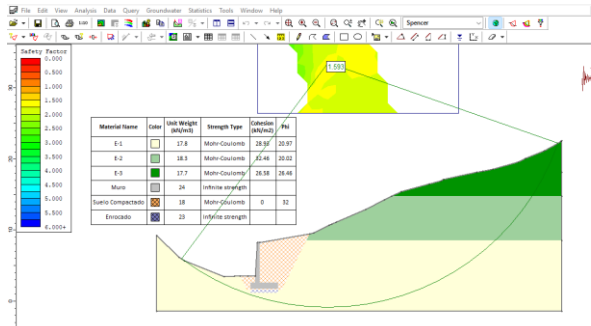
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.382$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.443$

Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.593$

Figura 133

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+050, Muro en Voladizo

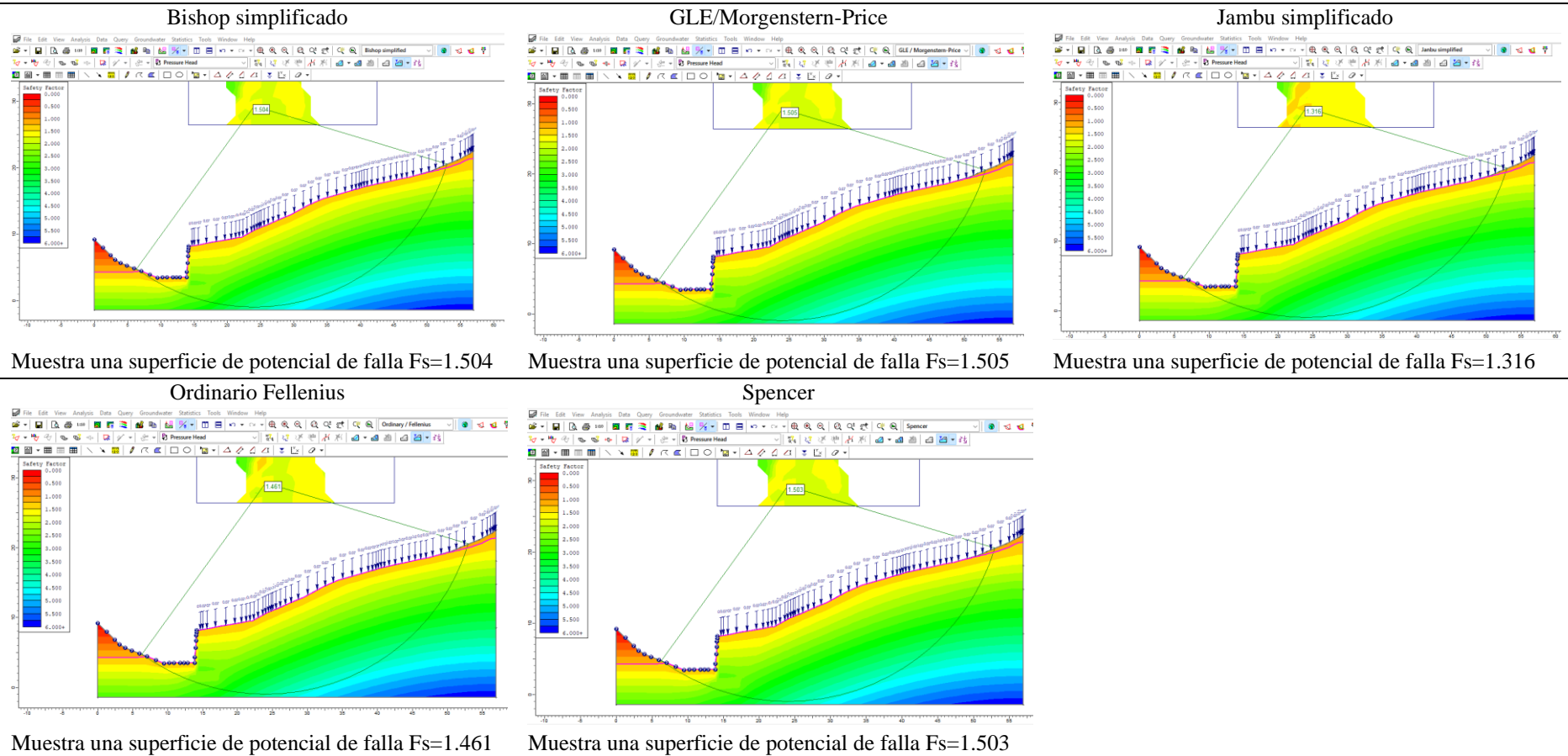


Figura 134

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+060, Muro en Voladizo

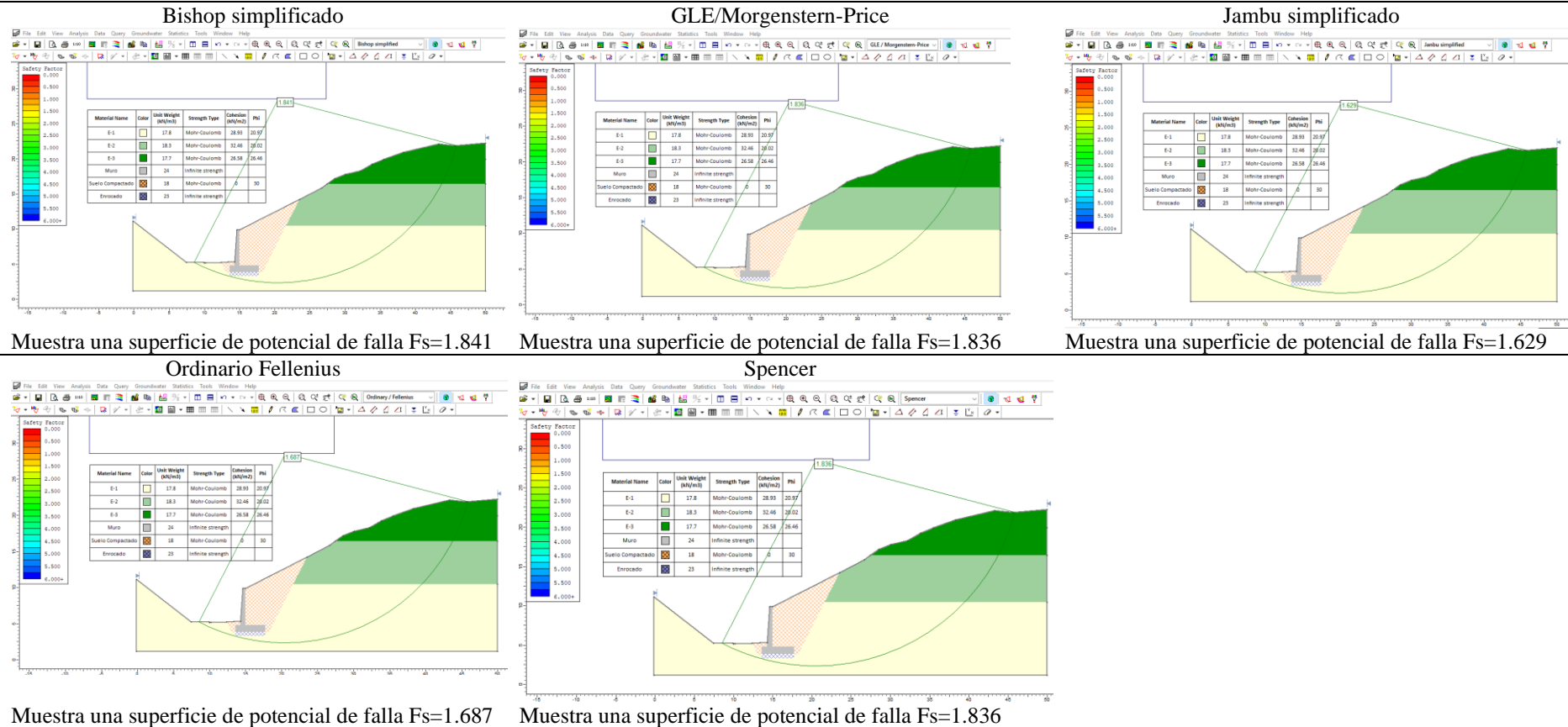


Figura 135

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+060, Muro en Voladizo

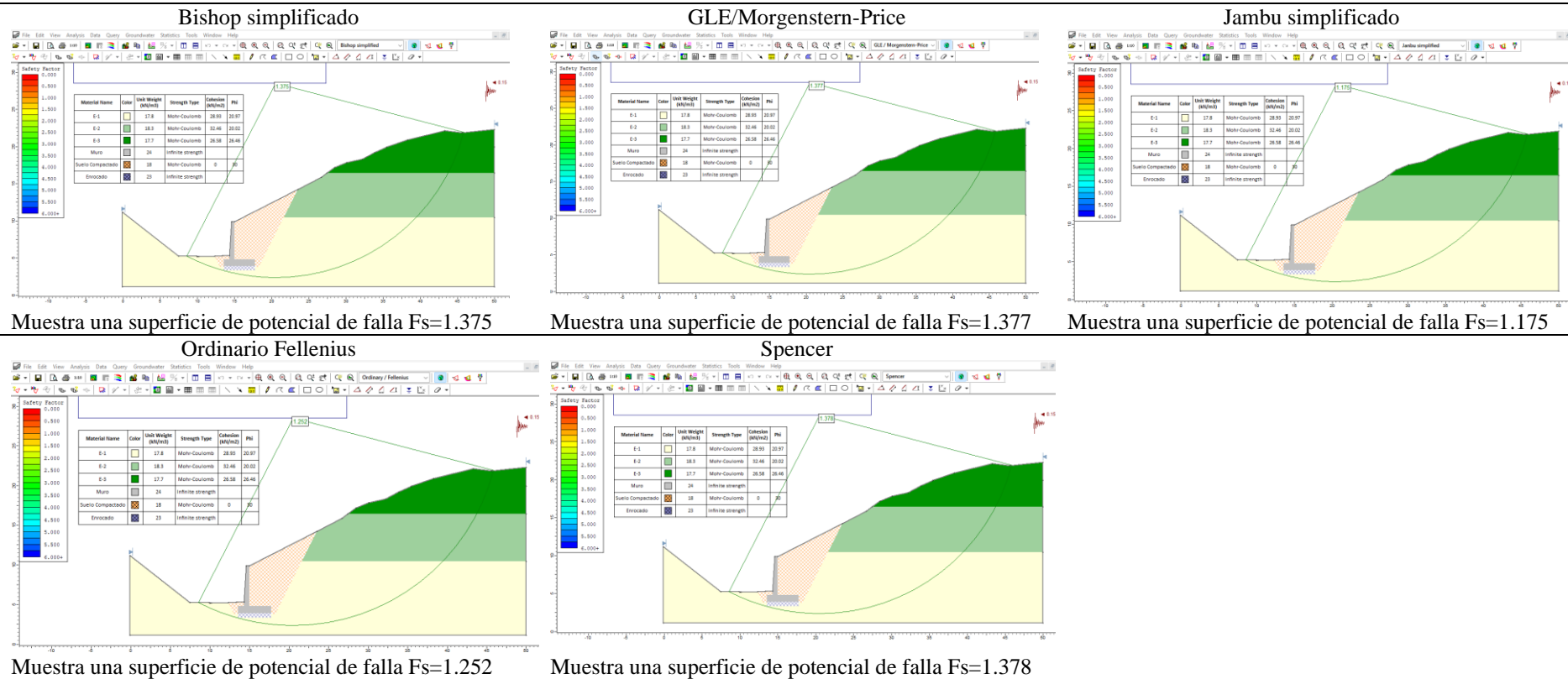
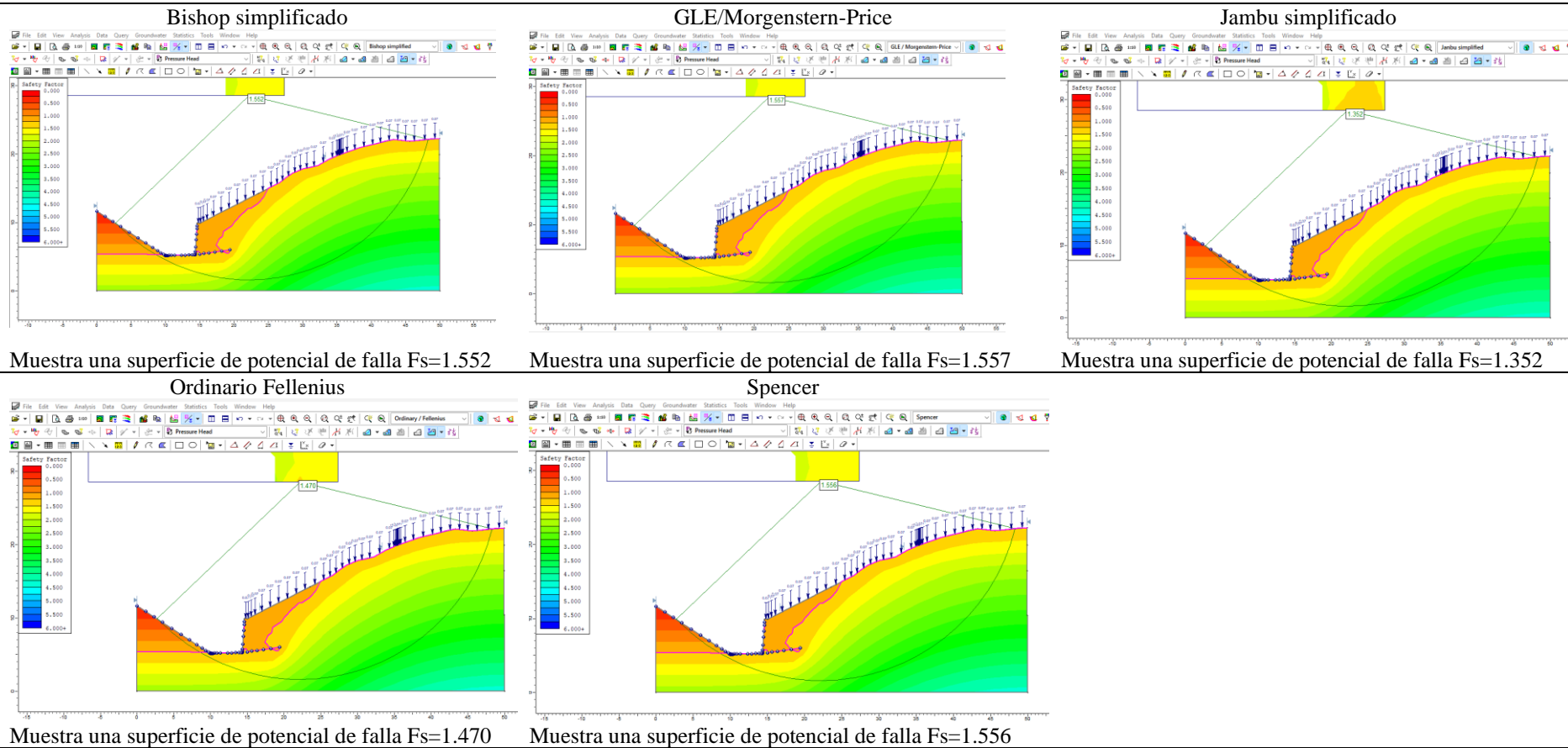


Figura 136

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+060, Muro en Voladizo



4.1.3. Muro con sistema terramesh para estabilizar los taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas

Los muros del talud El Ingenio fueron diseñados con mayor altura (7 m) en comparación con los del talud Tayal (6 m), lo cual responde a una mayor necesidad de contención en esa zona. Además, el muro inclinado del talud El Ingenio tiene una base más ancha (5.50 m) que el del talud Tayal (4.50 m). En ambas configuraciones, los muros sin inclinación presentan una base de 5.00 m, lo cual refleja una decisión técnica homogénea basada en la altura y base (0.7H).

Tabla 29

Dimensiones de los Muros Terramesh para Estabilizar los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000, Carretera Lajas – Cochabamba

Característica	El Ingenio (No Inclinado)	El Ingenio (Inclinado 70°)	Tayal (No Inclinado)	Tayal (Inclinado 70°)
Altura del muro (m)	7	7	6	6
Base del muro (m)	5	5.5	5	4.5
Inclinación de la cara frontal	90° (vertical)	70°	90° (vertical)	70°

Todos los diseños cumplen con los criterios mínimos establecidos por la norma CE.020. El muro inclinado del talud Tayal presentó el mayor factor de seguridad por volteo (8.50), seguido del muro inclinado de El Ingenio (8.19). En cuanto al deslizamiento, el muro sin inclinación del talud Tayal mostró el mejor desempeño (FS = 4.58). El comportamiento del refuerzo geotextil también fue sobresaliente, especialmente en el muro inclinado de El Ingenio, donde se obtuvo factor de seguridad por extracción de 26.90, muy por encima del mínimo requerido (FS > 1.5), lo que asegura adherencia confiable al terreno. La capacidad portante fue aceptable en todos los casos, con factores de seguridad mayores a 1.18.

Tabla 30

Análisis Estructural de los Muros Terramesh y del Geotextil para Estabilizar los Taludes del Km 133+000 al Km 137+000, Carretera Lajas – Cochabamba

Criterio	Requisito	El Ingenio (90°)	El Ingenio (70°)	Tayal (90°)	Tayal (70°)
Por volteo	> 2.00	5.35	8.19	6.81	8.5
Por deslizamiento	> 1.50	3.64	3.45	4.58	3.6
Excentricidad	< 0.333 m	0.001 m <input checked="" type="checkbox"/>	0.001 m <input checked="" type="checkbox"/>	0.001 m <input checked="" type="checkbox"/>	0.001 m <input checked="" type="checkbox"/>
Capacidad portante	> 1.00	1.54	1.18	1.8	1.37
Geotextil – deslizamiento	> 1.50	4.78	2.88	3.45	3.52
Geotextil – tracción	> 1.50	3.7	4.06	6.5	4.9
Geotextil – extracción	> 1.50	4.86	26.9	9.78	22.59
Estabilidad global	> 1.50	1.8	2.24	1.91	1.58

Los muros sin inclinación (MSR) proporcionan mayores incrementos en los factores de seguridad respecto al estado natural del talud. Para el talud El Ingenio, el muro MSR logró mejora de hasta 55.52% en condición de lluvia (sección 0+012), mientras que el muro inclinado (TSR) alcanzó un máximo de 37.65% en esa misma condición. En el talud Tayal, se observa comportamiento similar: el muro MSR ofreció mejoras más significativas que el TSR, destacando un 33.61% de incremento bajo infiltración en la sección 0+060. En general, las mejoras son más notorias en condiciones de lluvia, lo cual resalta la efectividad del sistema Terramesh frente a la saturación del suelo. En condiciones estáticas y sísmicas, aunque los incrementos fueron más moderados, se mantuvieron por encima del umbral mínimo requerido.

Tabla 31

Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop para el Talud con Muros Terramesh, Km 133+000 al Km 137+000

Talud / Sección	Estático (%)	Sísmico (%)	Lluvia (%)
El Ingenio – MSR	5.75 – 15.56	3.73 – 7.04	9.60 – 55.52
El Ingenio – TSR	2.68 – 9.61	2.18 – 4.14	16.70 – 37.65
Tayal – MSR	6.72 – 16.27	2.37 – 11.43	9.75 – 33.61
Tayal – TSR	3.42 – 7.79	2.16 – 4.02	11.81 – 31.61

4.1.3.1. Muro de Tierra Reforzada en el talud El Ingenio

a) Dimensionamiento

Para la estabilización del talud El Ingenio con el sistema Terramesh, se diseñaron dos configuraciones estructurales: un muro sin inclinación (vertical) y otro con una inclinación de 70° . Ambos muros tienen una altura total de 7 metros, adecuada para contener la masa del terreno inestable. El muro vertical presenta una base de 5.0 metros, mientras que el muro inclinado tiene una base ligeramente mayor, de 5.5 metros, con el fin de compensar la inclinación de la cara frontal y asegurar un comportamiento estable. El ángulo de inclinación del segundo diseño, de 70° , responde a criterios de adaptación topográfica y reducción del empuje activo, sin comprometer la funcionalidad estructural. Estas dimensiones fueron determinadas con base en los lineamientos del sistema Terramesh y en las condiciones geotécnicas del sitio.

Tabla 32

Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El

Ingenio

Geometría del muro	Dimensiones
Altura del muro	7 m
Base del muro (0.7H-0.8H)	5 m
Talud sin inclinación	90°

Tabla 33

Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio

Geometría del muro	Dimensiones
Altura del muro	7 m
Base del muro (0.7H-0.8H)	5.50 m
Talud con inclinación	70°

Figura 137

Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para Talud El Ingenio

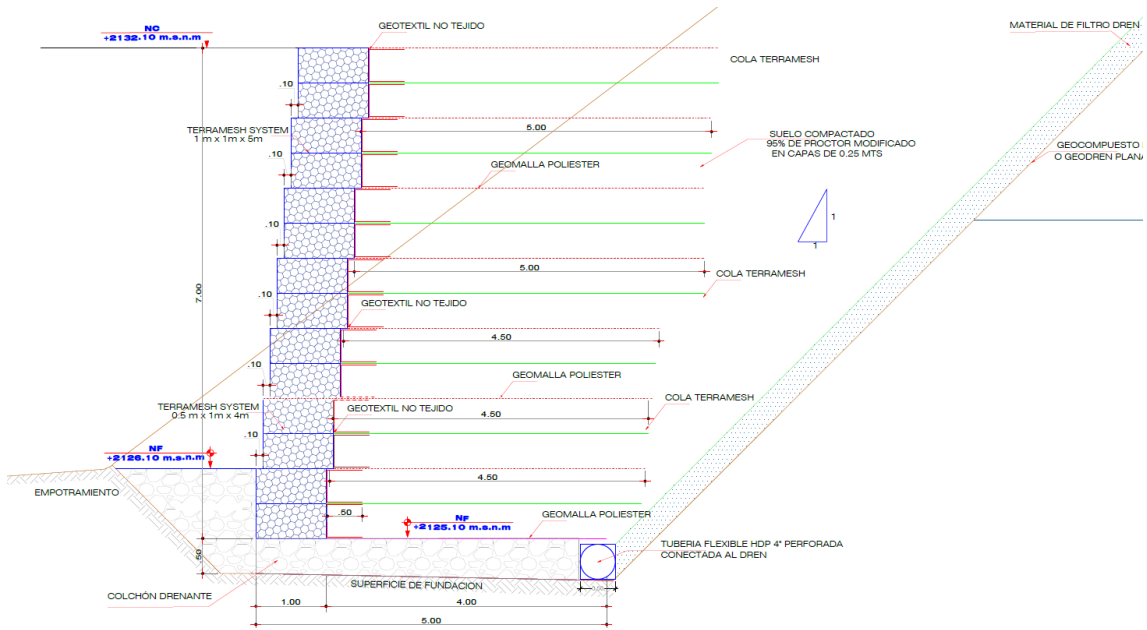


Figura 138

Dimensiones del Muro de Suelo Reforzado Inclinado para el Talud El Ingenio

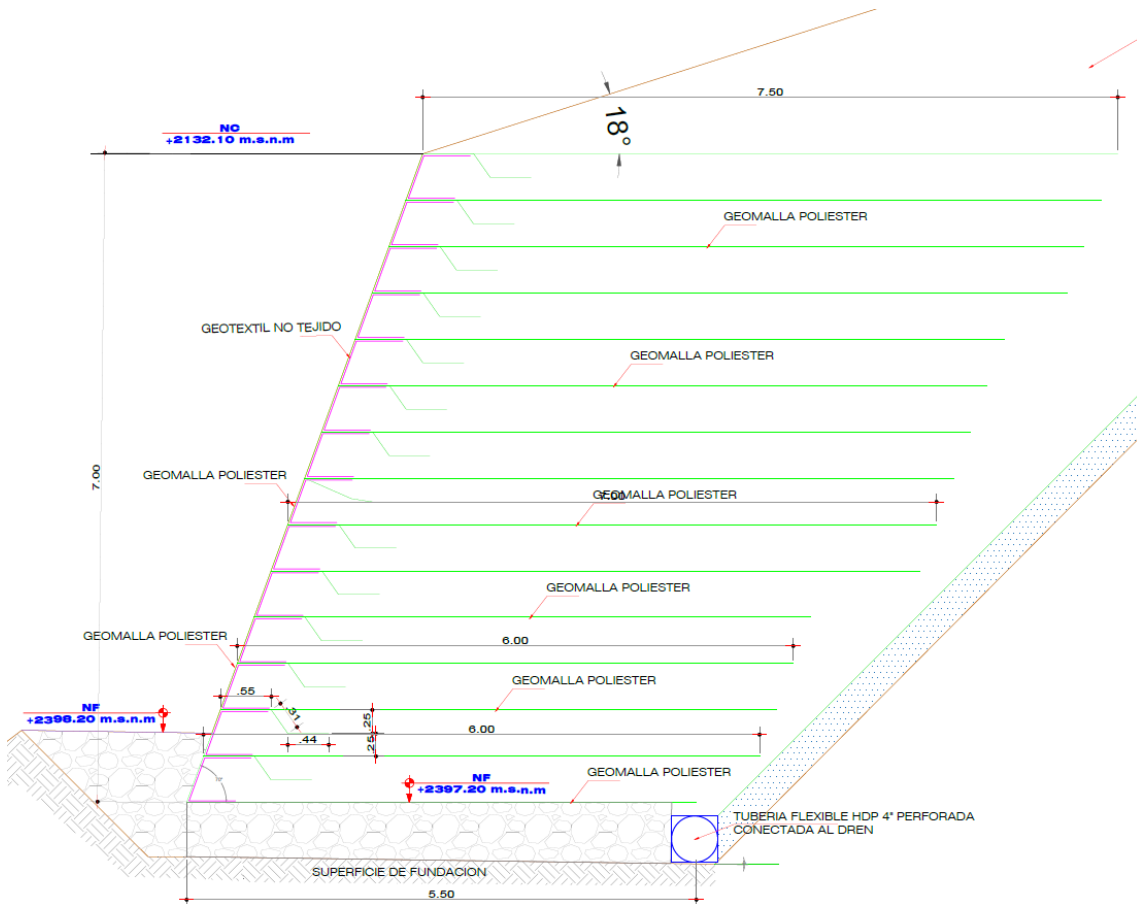


Figura 139

Detalle del Geotextil a Utilizar para el Muro de Tierra Reforzada Terramesh

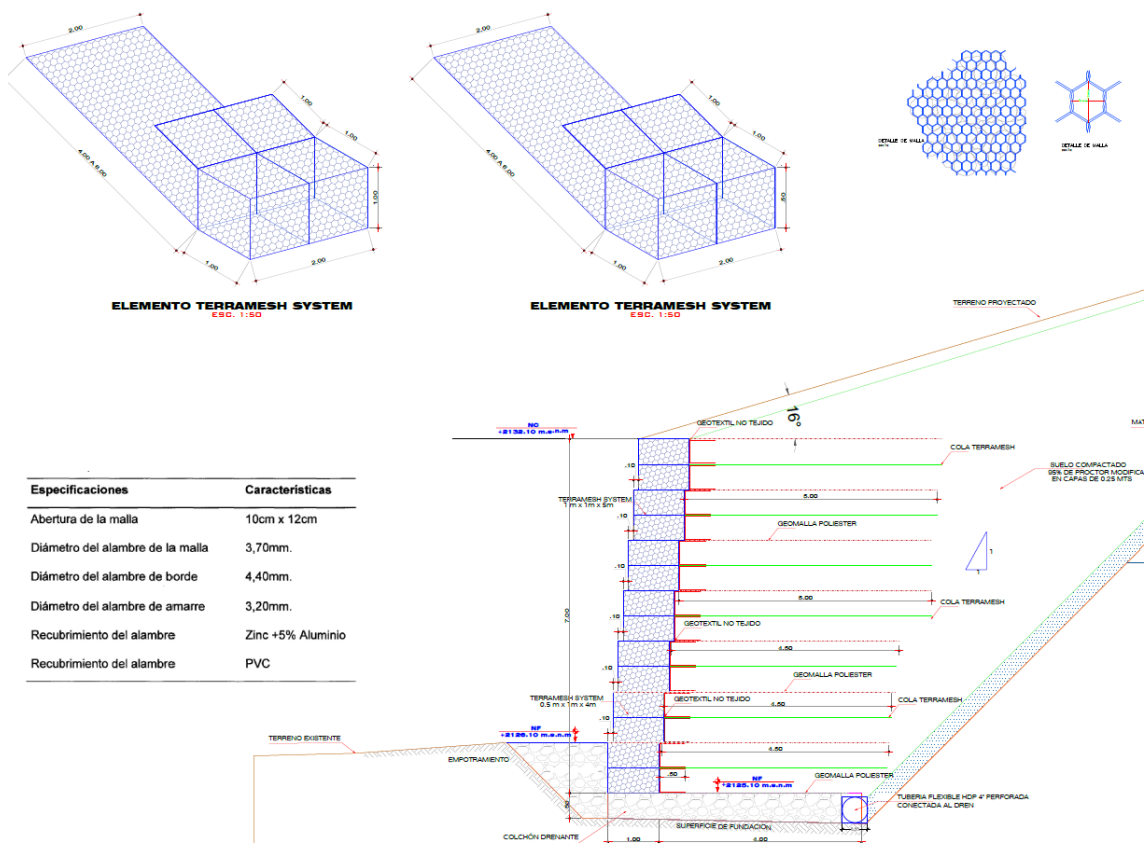
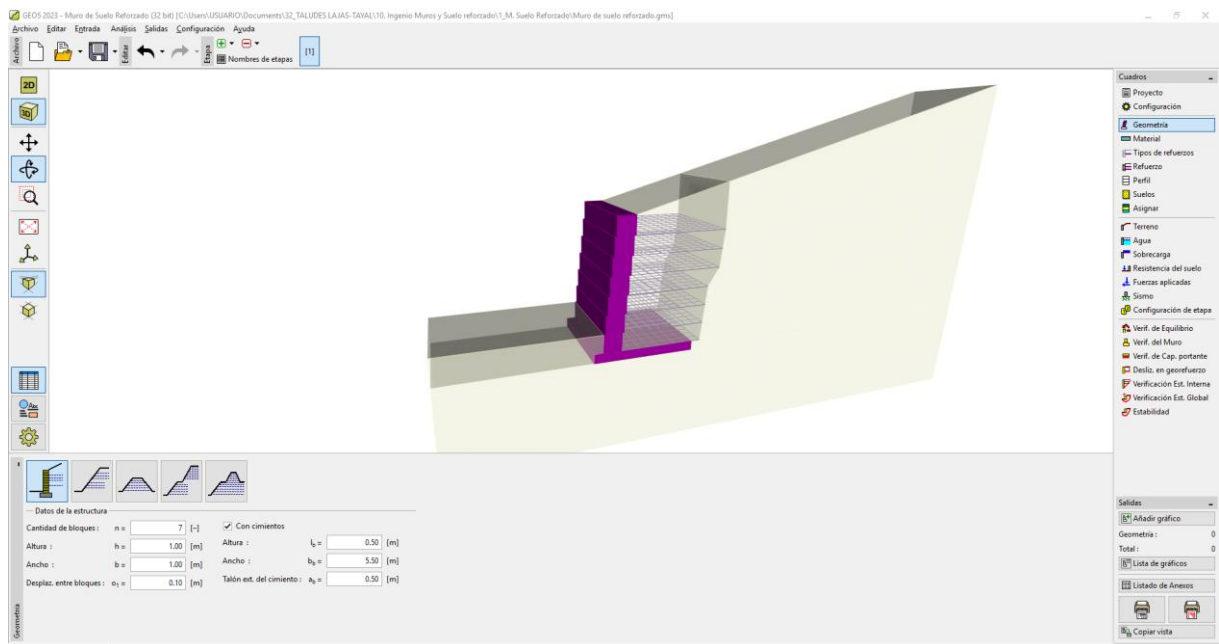


Figura 140

Vista 3D del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio



b) Comportamiento estructural

El análisis estructural de ambos diseños indica que los muros cumplen con la norma CE.020. En el caso del muro sin inclinación (90°), se obtuvo factor de seguridad por volteo de 5.35 y por deslizamiento de 3.64, ambos muy por encima de los mínimos exigidos. La excentricidad fue prácticamente nula ($e = 0.001$ m), y el análisis de capacidad portante arrojó factor de 1.54, confirmando que el suelo puede soportar la estructura sin fallas. El desempeño del geotextil fue igualmente satisfactorio, con factores de seguridad de 4.78 frente al deslizamiento, 3.70 en tracción, y 4.86 en extracción.

Tabla 34

Análisis de Estabilidad del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el

Talud El Ingenio

FS	Criterio	Datos	Valor	
Muro				
Por volteo	> 2.00	Momento estabilizador 3152.96 KN.m/m Momento de vuelco 589.43 KN.m/m	5.35	Cumple
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 566.35 KN/m Fuerza horizontal activa 155.48 KN/m	3.64	Cumple
Excentricidad	$ea > e$	Máxima excentricidad normal (e) 0.001 Máxima excentricidad permitida (ea) 0.333		Cumple
Para capacidad portante	> 1	Máxima tensión fondo de la zapata 164.79 kPa Capacidad portante del terreno 254.00 kPa	1.54	Cumple
Geotextil				
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 126.58 KN/m Fuerza horizontal activa 26.45 KN/m	4.78	Cumple
Resistencia a tracción	> 1.5	Resistencia a tracción 55.60 kN/m Fuerza en refuerzo 15.02 kN/m	3.70	Cumple
Resistencia a extracción	> 1.5	Resistencia a la extracción 72.94 kN/m Fuerza en refuerzo 15.02 kN/m	4.86	Cumple
Estabilidad global	> 1.5		1.80	Cumple

Por otro lado, el muro inclinado (70°) mostró comportamiento estructural aún más favorable. Se alcanzó factor de seguridad por volteo de 8.19, evidenciando capacidad sobresaliente para resistir el empuje del suelo. El factor de deslizamiento fue de 3.45, y la capacidad portante alcanzó valor aceptable de 1.18. En términos de estabilidad global, el diseño obtuvo factor de seguridad de 2.24, superando con holgura el valor normativo. En cuanto al refuerzo geotextil, este diseño logró FS de 2.88 frente al deslizamiento, 4.06 en tracción y FS de 26.90 en extracción, lo que demuestra excelente anclaje.

Tabla 35

Análisis de Estabilidad del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud

El Ingenio

Factor de seguridad	Criterio	Datos	Factor obtenido	
Muro				
Por volteo	> 2.00	Momento estabilizador 6662.16 KN.m/m Momento de vuelco 812.99 KN.m/m	8.19	Cumple
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 898.38 KN/m Fuerza horizontal activa 260.05 KN/m	3.45	Cumple
Excentricidad	ea>e	Máxima excentricidad normal (e) 0.001 Máxima excentricidad permitida (ea) 0.333		Cumple
Para capacidad portante	> 1	Máxima tensión fondo de la zapata 215.05 kPa Capacidad portante del terreno 254.00 kPa	1.18	Cumple
Geotextil				
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 764.38 KN/m Fuerza horizontal activa 265.18 KN/m	2.88	Cumple
Resistencia a tracción	> 1.5	Resistencia a tracción 120.59 kN/m Fuerza en refuerzo 29.70 kN/m	4.06	Cumple
Resistencia a extracción	> 1.5	Resistencia a la extracción 798.92 kN/m Fuerza en refuerzo 29.70 kN/m	26.90	Cumple
Estabilidad global	> 1.5		2.24	Cumple

Figura 141

Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio

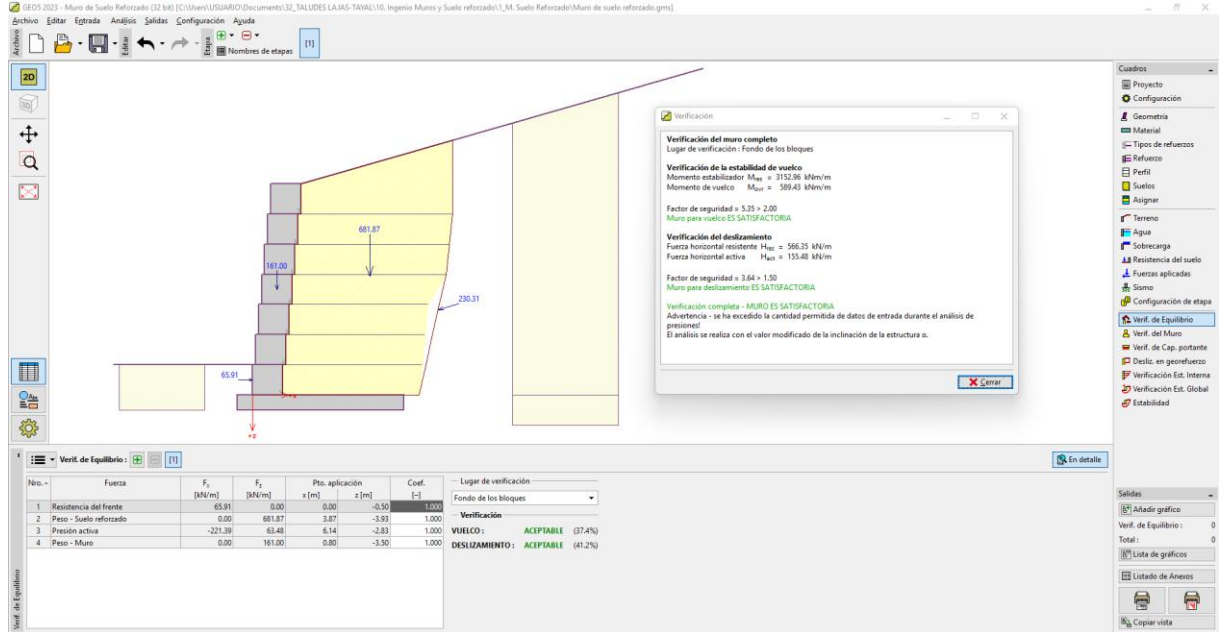


Figura 142

Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio

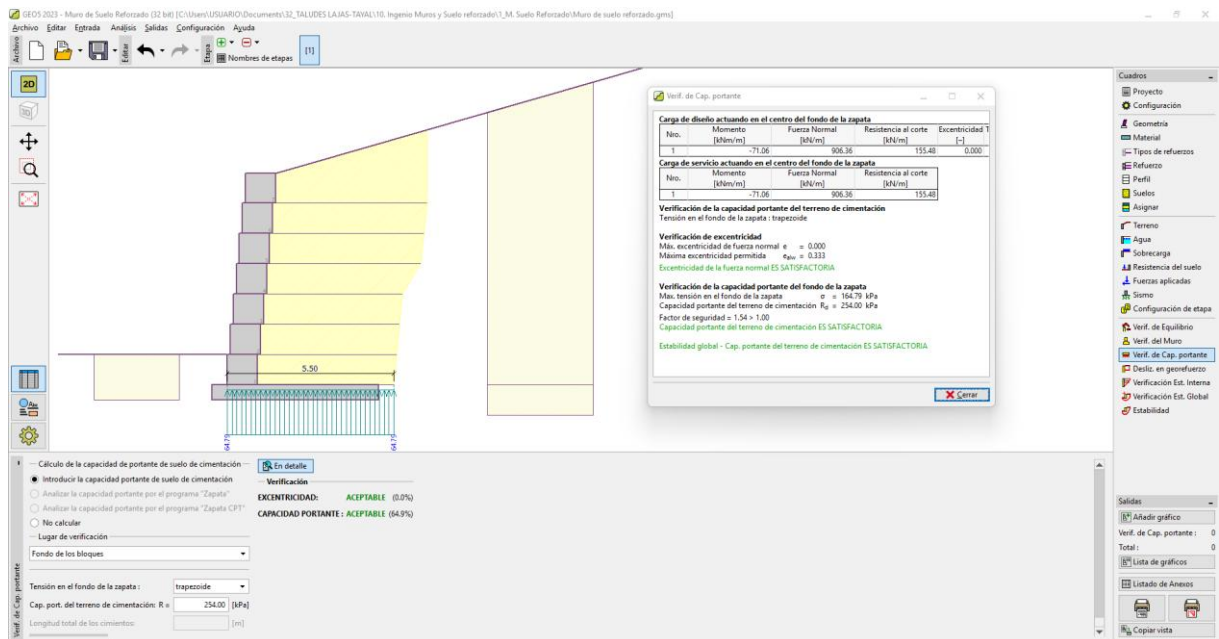


Figura 143

Verificación del Deslizamiento en el Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio

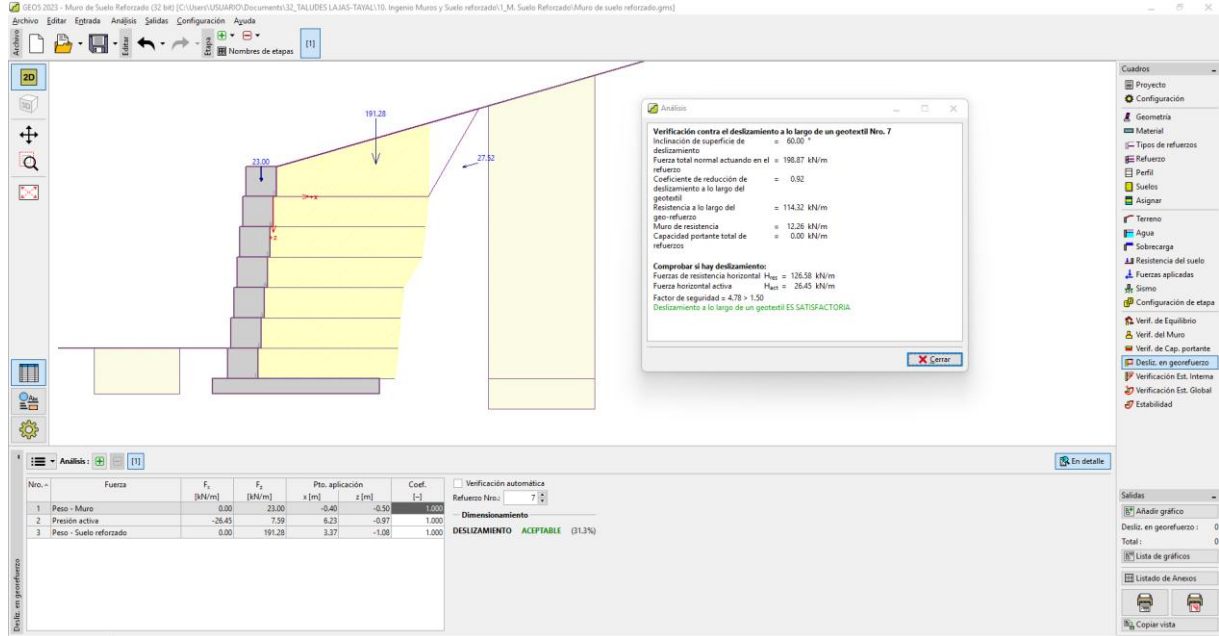


Figura 144

Verificación de la Estabilidad Interna del Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio

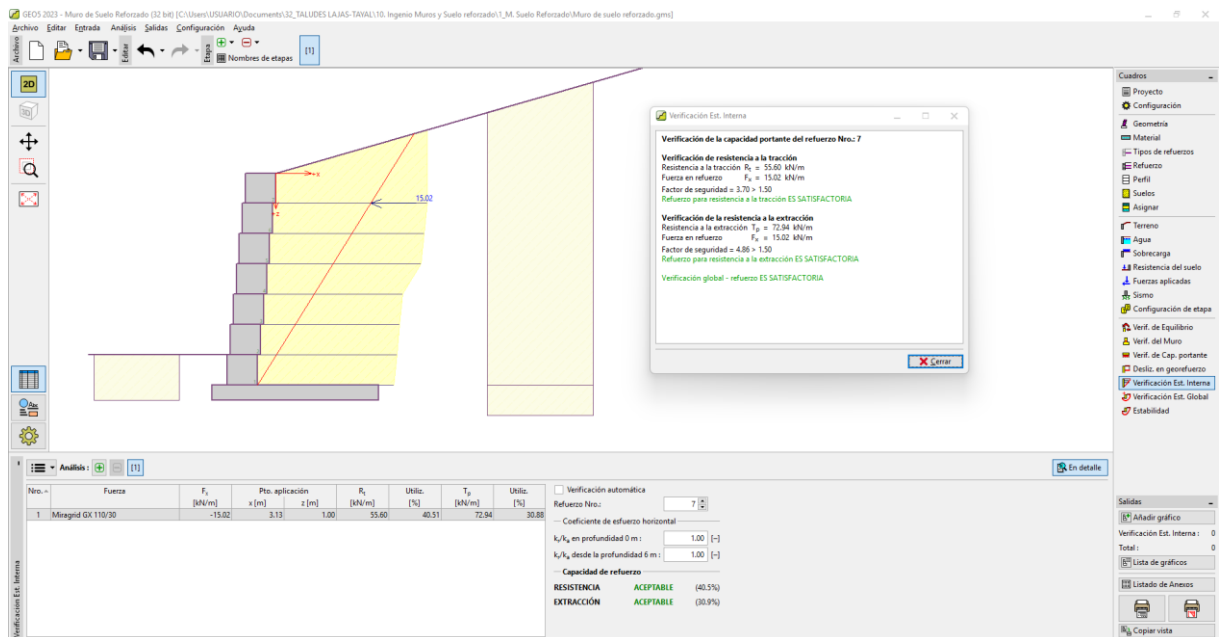


Figura 145

Verificación de la Estabilidad Global del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud El Ingenio

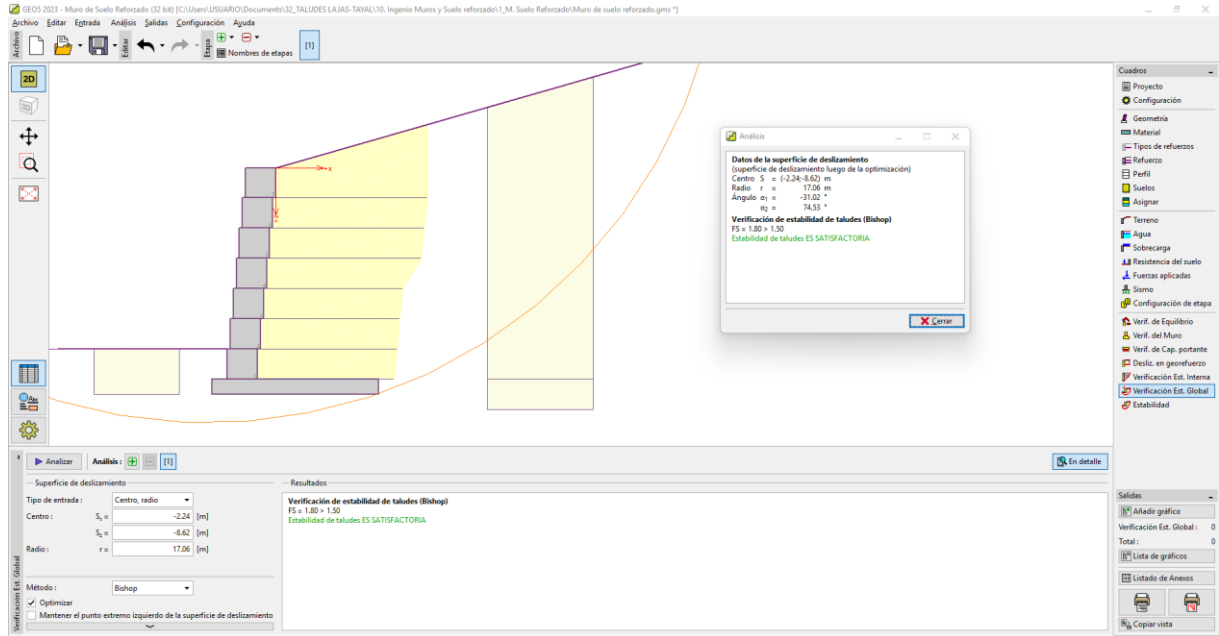


Figura 146

Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio

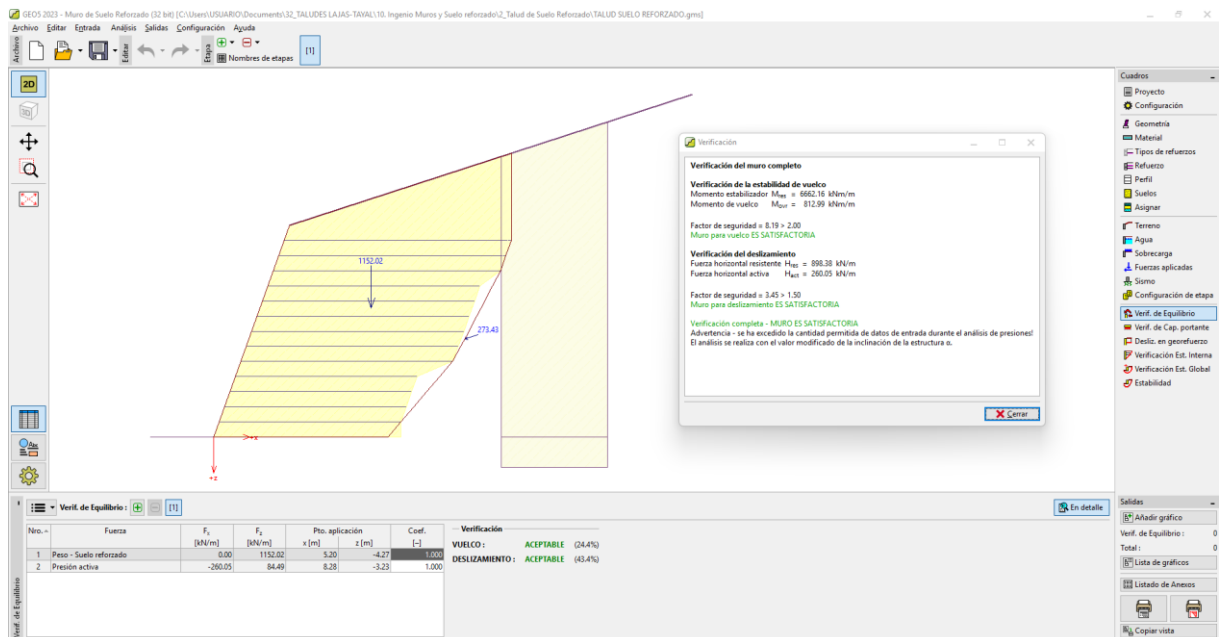


Figura 147

Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio

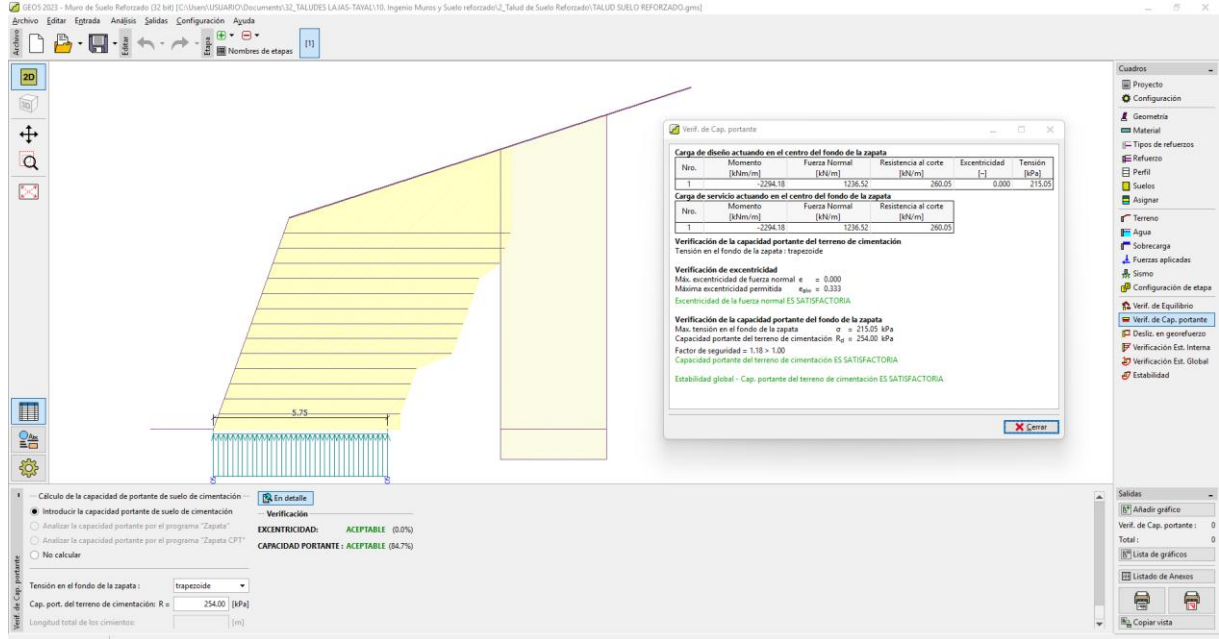


Figura 148

Verificación del Deslizamiento en el Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio

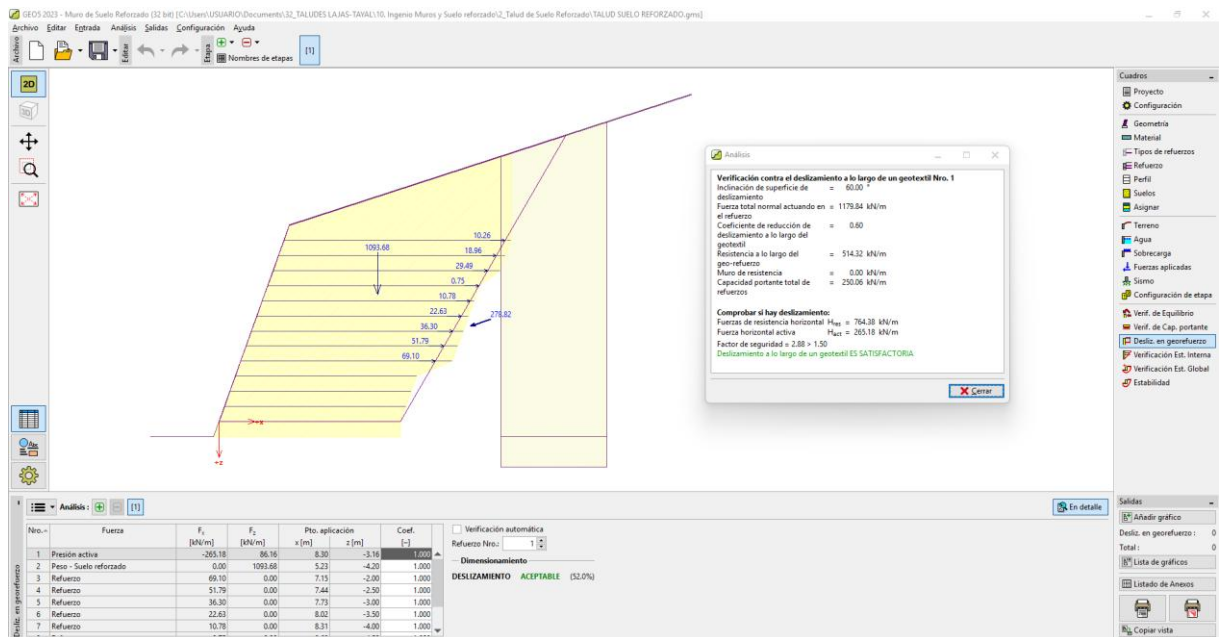


Figura 149

Verificación de la Estabilidad Interna del Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio

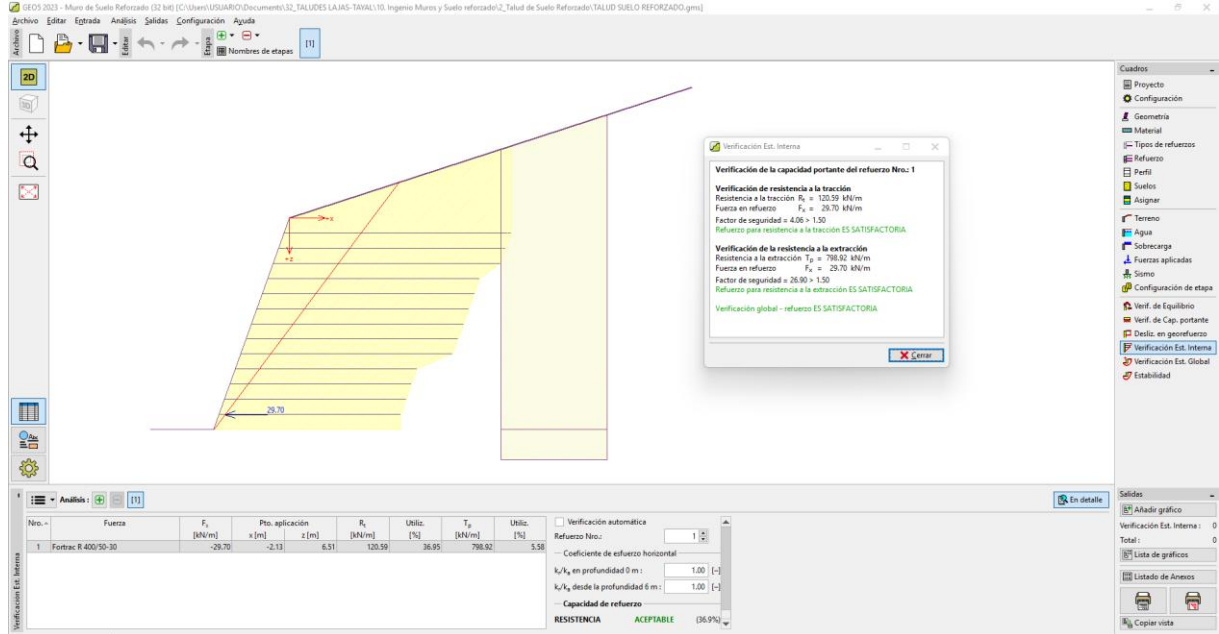
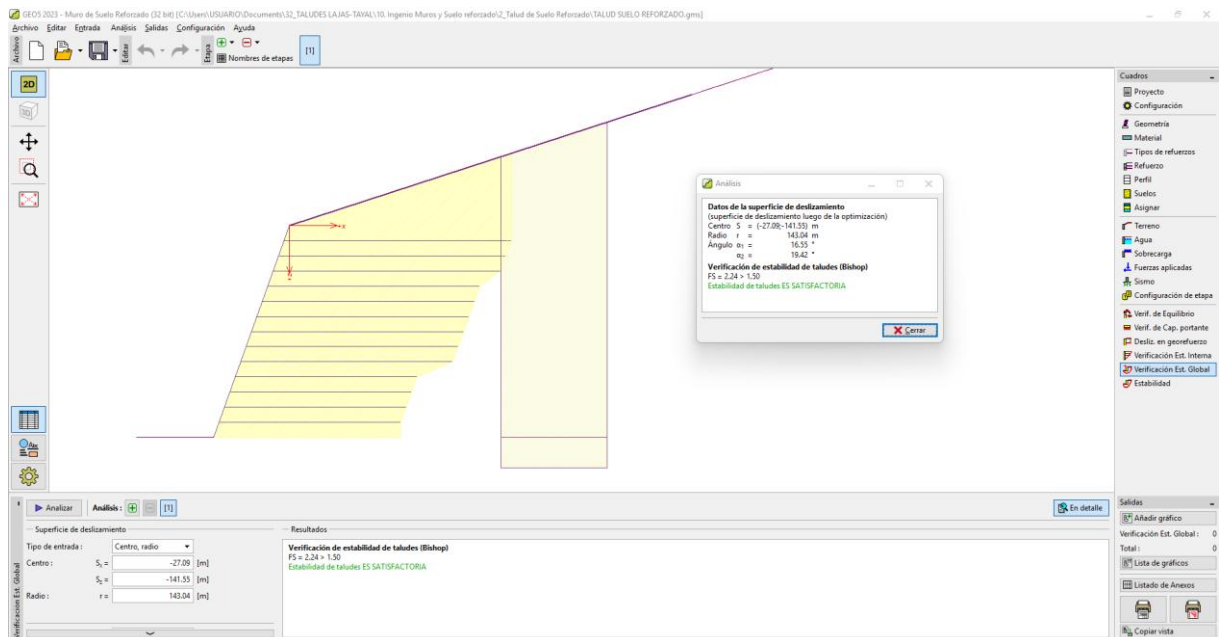


Figura 150

Verificación de la Estabilidad Global del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud El Ingenio



c) Análisis de estabilización de taludes

Como parte de la evaluación de soluciones de estabilización mediante el sistema Terramesh, se analizaron dos configuraciones: un muro sin inclinación (MSR) con frente vertical (90°) y un muro inclinado a 70° (TSR). Ambos diseños fueron sometidos a análisis de estabilidad considerando condiciones estáticas, dinámicas (sísmicas) y con infiltración por lluvias, utilizando cinco métodos de equilibrio límite (Bishop, Morgenstern-Price, Janbu, Fellenius y Spencer).

El muro de tierra reforzada sin inclinación mostró un desempeño satisfactorio en todas las condiciones analizadas. En condición estática, los factores de seguridad oscilaron entre 1.93 y 2.45, con un promedio de 2.35 según el método Bishop. En condición sísmica, los valores oscilaron entre 1.34 y 1.67, todos superiores al mínimo exigido por la norma CE.020 ($FS \geq 1.25$). En escenario de lluvia, se obtuvieron factores de seguridad elevados, con promedios cercanos a 1.92, e incluso un valor máximo de 2.21 en la sección 0+012. El análisis de mejora porcentual evidencia que el muro vertical proporcionó incrementos del 5.75% al 29.69% en condición estática, 3.73% al 19.54% en condición sísmica y mejoras aún más notables en condición de lluvia, con aumentos de hasta 55.52% en la sección 0+012. Estos resultados muestran que este diseño es altamente eficiente, particularmente bajo condiciones de infiltración pluvial.

Por su parte, el muro de tierra reforzada con inclinación de 70° también alcanzó factores de seguridad aceptables en todas las condiciones de análisis. En estado estático, los valores oscilaron entre 2.01 y 2.38, siendo el promedio general 2.24. En condición sísmica, se registraron factores entre 1.31 y 1.64, y en presencia de lluvias, entre 1.54 y 2.14, con un promedio de 1.88. En cuanto al porcentaje de mejora, el muro inclinado presentó aumentos más moderados que

el muro vertical. En condición estática, las mejoras oscilaron entre 2.68% y 9.61%, mientras que en condición sísmica los incrementos fueron de 2.18% a 4.14%. Sin embargo, al igual que el diseño anterior, en condición de lluvia se observó un desempeño destacado, con mejoras de hasta 37.65% (sección 0+012) y 34.34% (sección 0+018), lo que demuestra la eficacia de esta configuración frente a saturación del terreno.

Ambos muros de tierra reforzada diseñados con sistema Terramesh son técnicamente viables y cumplen con los requisitos mínimos de estabilidad establecidos por la normativa vigente. No obstante, el muro sin inclinación (MSR) ofrece mejor desempeño general, tanto en valores absolutos de factor de seguridad como en porcentajes de mejora, especialmente en las secciones más vulnerables del talud. Su rendimiento destaca particularmente bajo condiciones de infiltración pluvial, donde supera consistentemente al muro inclinado. En contraste, el muro inclinado a 70° (TSR) presenta ventajas constructivas y menor altura visual expuesta, pero su mejora en condiciones estáticas y sísmicas es más moderada. Sin embargo, sigue siendo una solución estable y funcional, con mejor comportamiento que el talud natural, por lo que puede considerarse en contextos donde se prioricen la estética o la adaptación al perfil del terreno.

Tabla 36

Factores de Seguridad del Talud El Ingenio con Reforzamiento por Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)

Secciones	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/Fellenius			Spencer		
	Factor de seguridad Condición														
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia
0+000	2.117	1.474	1.564	2.113	1.476	1.567	1.929	1.338	1.410	1.978	1.391	1.540	2.111	1.477	1.567
0+006	2.334	1.586	1.712	2.333	1.586	1.714	2.12	1.44	1.575	2.179	1.497	1.7	2.333	1.559	1.717
0+012	2.446	1.642	2.21	2.444	1.64	2.207	2.255	1.514	2.023	2.316	1.568	2.081	2.44	1.642	2.208
0+018	2.446	1.668	2.125	2.443	1.668	2.124	2.267	1.53	1.936	2.322	1.589	2.019	2.439	1.669	2.124
0+024	2.436	1.676	1.973	2.43	1.676	1.974	2.245	1.527	1.801	2.298	1.587	1.943	2.432	1.676	1.975
Promedio	2.356	1.609	1.917	2.353	1.609	1.917	2.163	1.470	1.749	2.219	1.526	1.857	2.351	1.605	1.918
Máximo	2.446	1.676	2.21	2.444	1.676	2.207	2.267	1.53	2.023	2.322	1.589	2.081	2.44	1.676	2.208
Mínimo	2.117	1.474	1.564	2.113	1.476	1.567	1.929	1.338	1.410	1.978	1.391	1.540	2.111	1.477	1.567

Tabla 37

Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud El Ingenio con Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)

Secciones	Estático			Dinámico			Lluvia		
	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora
	Talud natural	Talud con muro		Talud natural	Talud con muro		Talud natural	Talud con muro	
0+000	1.832	2.117	15.56%	1.377	1.474	7.04%	1.427	1.564	9.60%
0+006	2.070	2.334	12.75%	1.49	1.586	6.44%	1.328	1.712	28.92%
0+012	2.269	2.446	7.80%	1.574	1.642	4.32%	1.421	2.21	55.52%
0+018	2.313	2.446	5.75%	1.608	1.668	3.73%	1.593	2.125	33.40%
0+024	2.262	2.436	7.69%	1.598	1.676	4.88%	1.575	1.973	25.27%

Tabla 38

Factores de Seguridad del Talud El Ingenio con Reforzamiento por Muro de Tierra Reforzada Inclinado (TSR)

Secciones	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/Fellenius			Spencer		
	Factor de seguridad Condición														
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia
0+000	2.008	1.434	1.751	2.007	1.436	1.750	1880.000	1.311	1.598	1.913	1.360	1.661	2.008	1.438	1.753
0+006	2.127	1.525	1.696	2.125	1.528	1.699	1.99	1.39	1.538	2.024	1.442	1.671	2.126	1.531	1.7
0+012	2.349	1.618	1.956	2.344	1.619	1.958	2.182	1.486	1.794	2.235	1.54	1.871	2.346	1.62	1.958
0+018	2.375	1.643	2.14	2.372	1.641	2.137	2.197	1.504	1.951	2.249	1.558	2.005	2.374	1.646	2.138
0+024	2.326	1.642	1.838	2.325	1.645	1.839	2.178	1.499	1.656	2.212	1.554	1.806	2.326	1.646	1.839
Promedio	2.237	1.572	1.876	2.235	1.574	1.877	377.709	1.438	1.707	2.127	1.491	1.803	2.236	1.576	1.878
Máximo	2.375	1.643	2.14	2.372	1.645	2.137	1880	1.504	1.951	2.249	1.558	2.005	2.374	1.646	2.138
Mínimo	2.008	1.434	1.696	2.007	1.436	1.699	1.990	1.311	1.538	1.913	1.360	1.661	2.008	1.438	1.700

Tabla 39

Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud El Ingenio con Muro de Tierra Reforzada Inclinado (TSR)

Secciones	Estático			Dinámico			Lluvia		
	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora
	Talud natural	Talud con muro		Talud natural	Talud con muro		Talud natural	Talud con muro	
0+000	1.832	2.008	9.61%	1.377	1.434	4.14%	1.427	1.751	22.70%
0+006	2.070	2.127	2.75%	1.49	1.525	2.35%	1.328	1.696	27.71%
0+012	2.269	2.349	3.53%	1.574	1.618	2.80%	1.421	1.956	37.65%
0+018	2.313	2.375	2.68%	1.608	1.643	2.18%	1.593	2.14	34.34%
0+024	2.262	2.326	2.83%	1.598	1.642	2.75%	1.575	1.838	16.70%

MURO SUELO REFORZADO SIN INCLINACIÓN (MSR)

Figura 151

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro de Suelo Reforzado

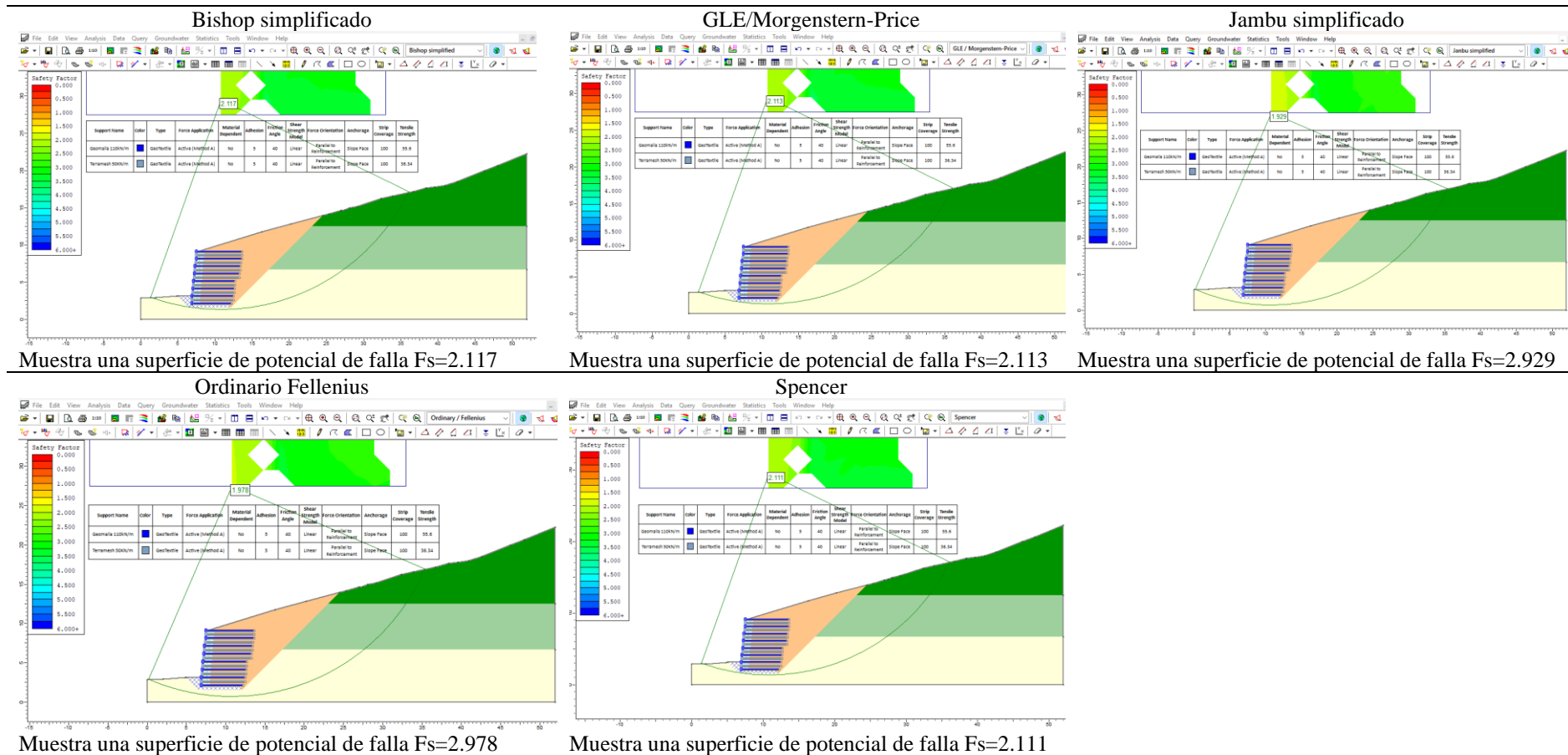


Figura 152

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro de Suelo Reforzado

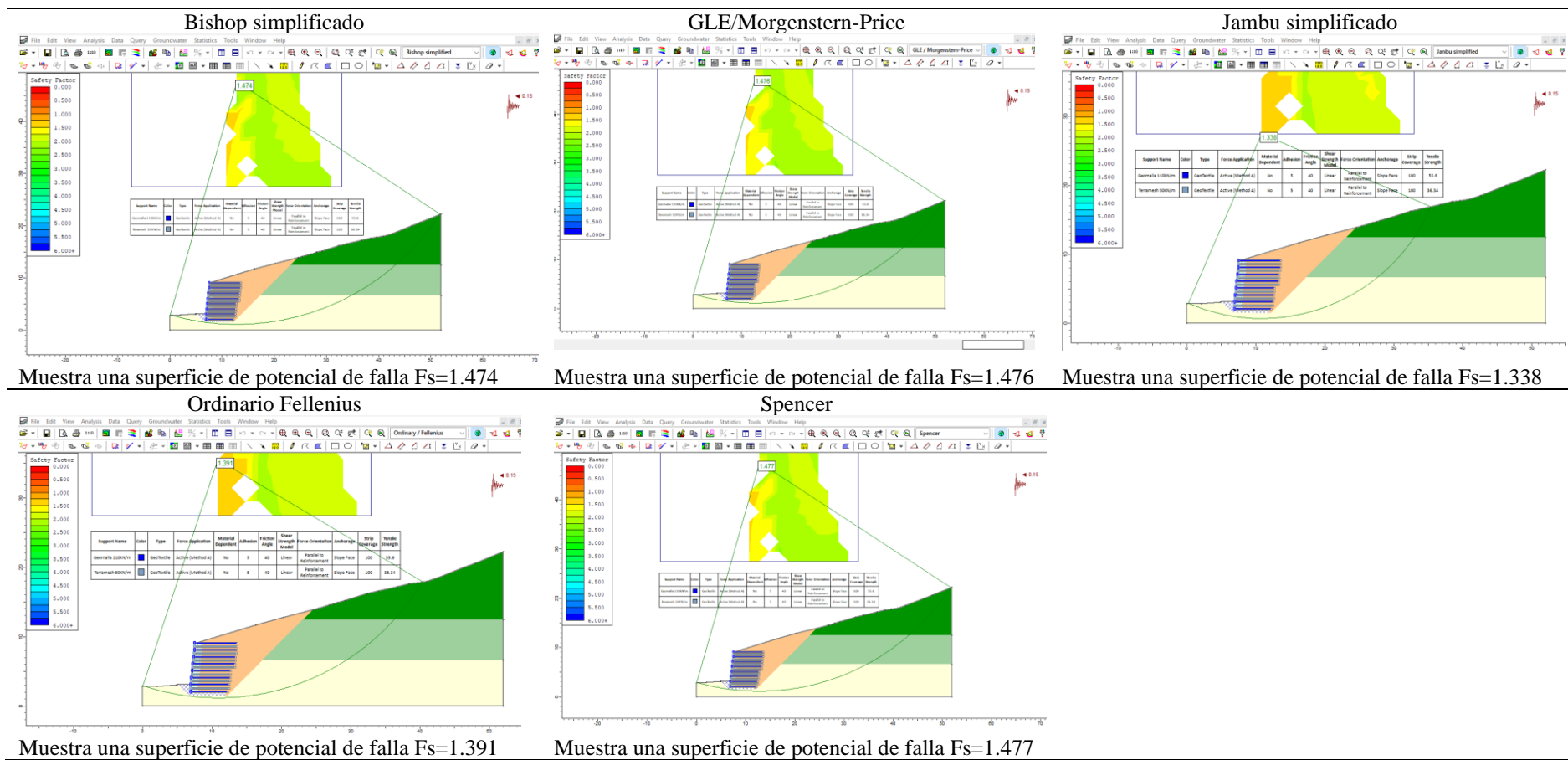
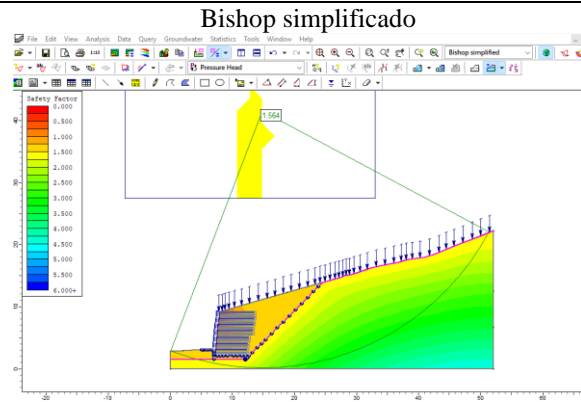
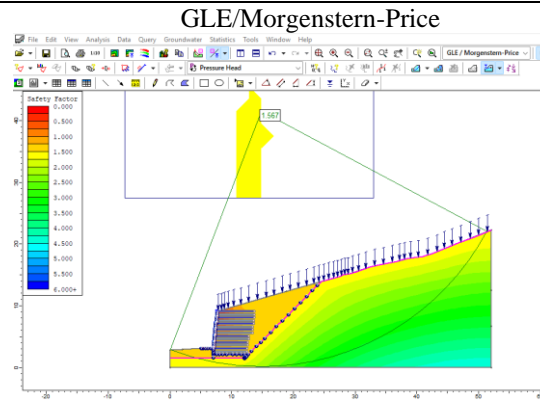


Figura 153

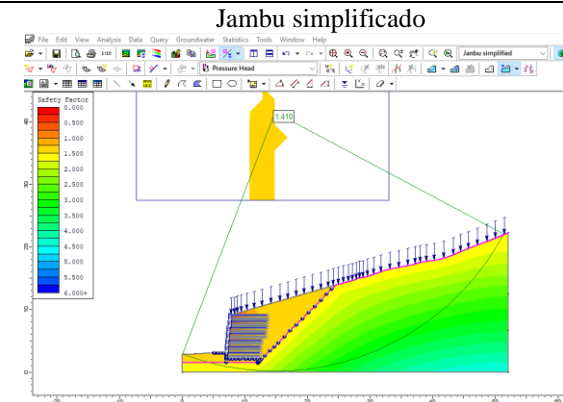
Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Muro de Suelo Reforzado



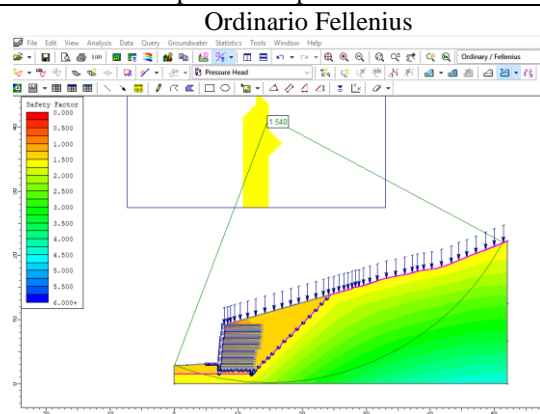
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.564$



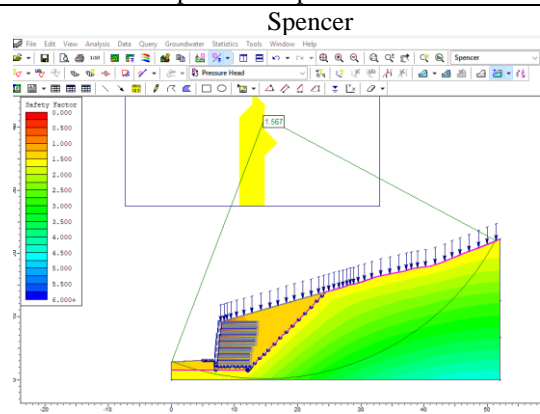
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.587$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.410$



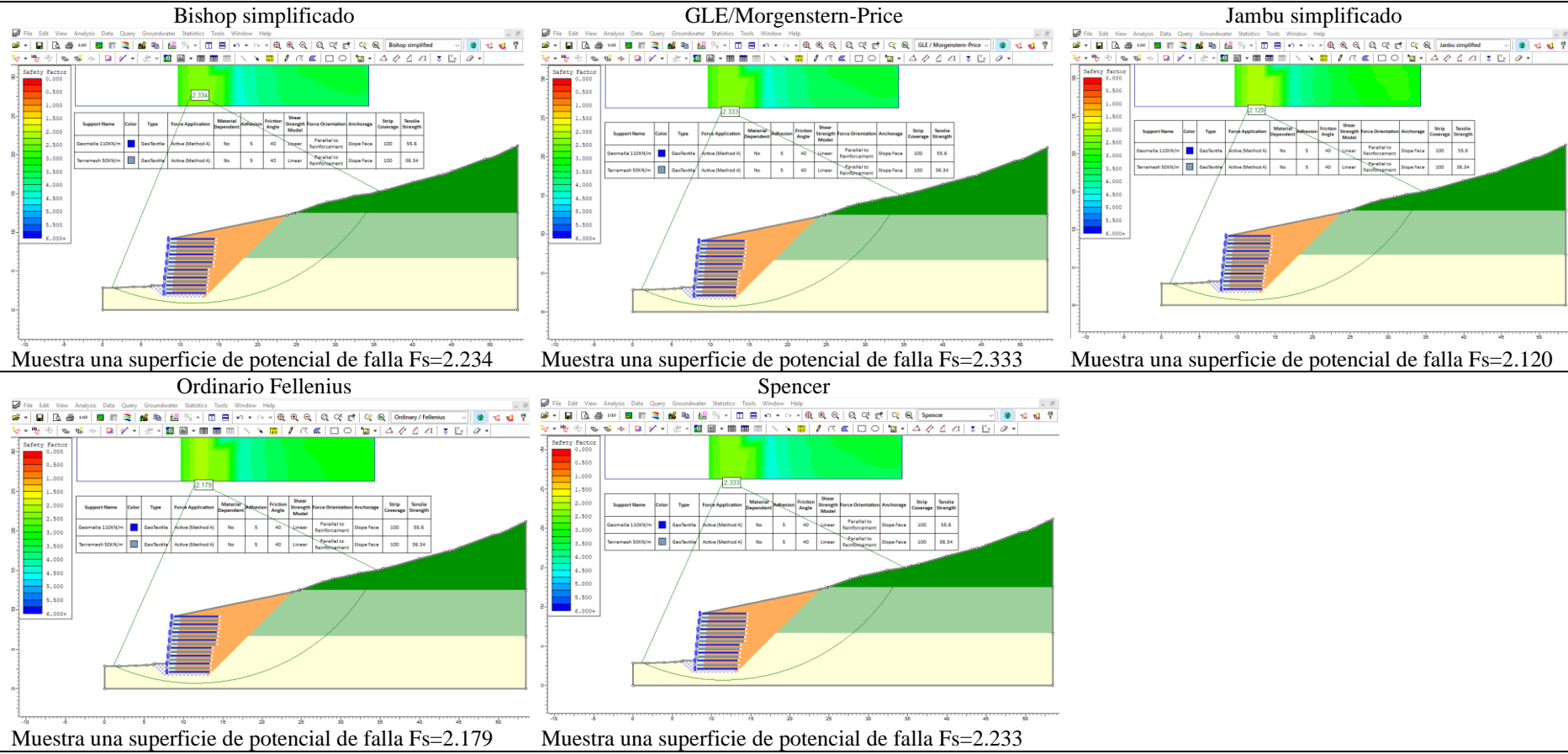
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.540$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.567$

Figura 154

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro de Suelo Reforzado



Muestra una superficie de potencial de falla Fs=2.234

Muestra una superficie de potencial de falla Fs=2.333

Muestra una superficie de potencial de falla Fs=2.120

Muestra una superficie de potencial de falla Fs=2.179

Muestra una superficie de potencial de falla Fs=2.333

Figura 155

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro de Suelo Reforzado

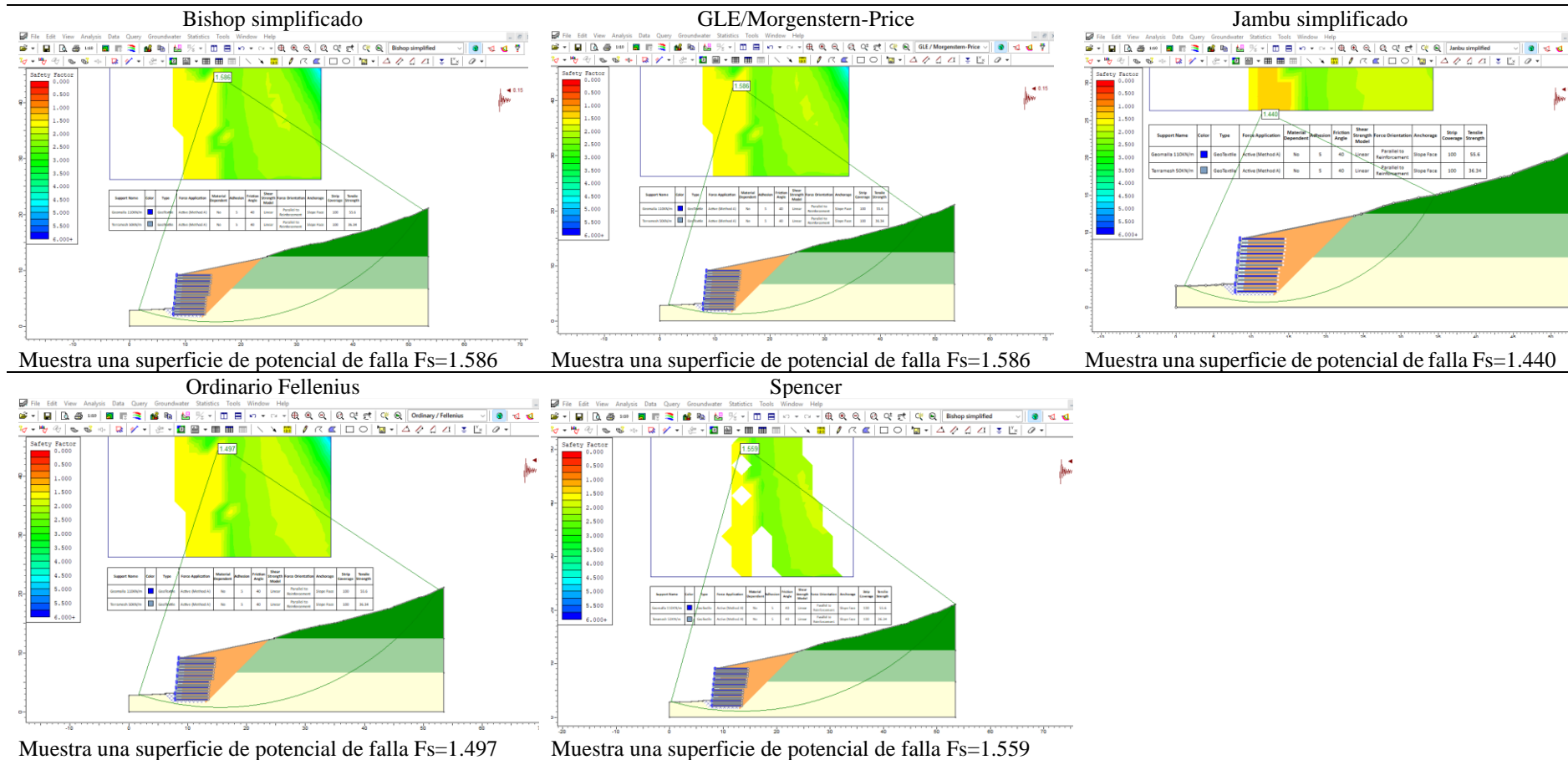
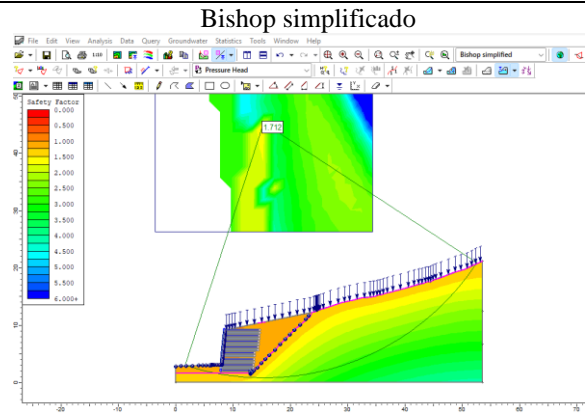
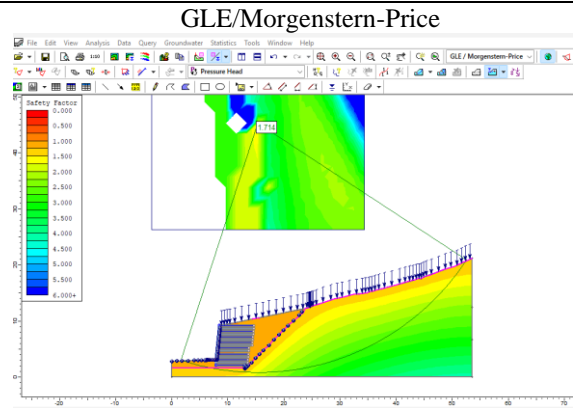


Figura 156

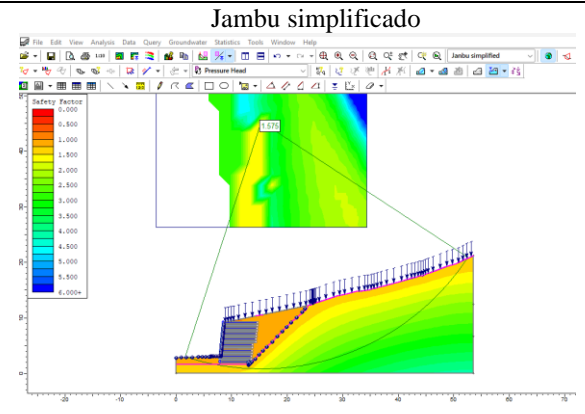
Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Muro de Suelo Reforzado



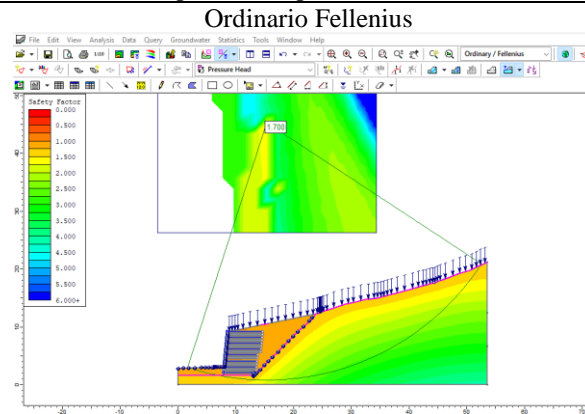
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.712$



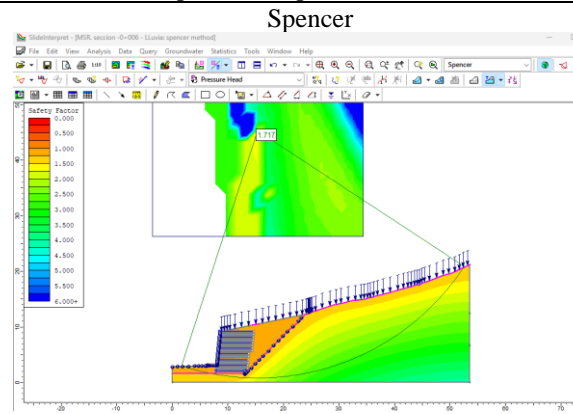
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.714$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.575$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.700$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.717$

Figura 157

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro de Suelo Reforzado

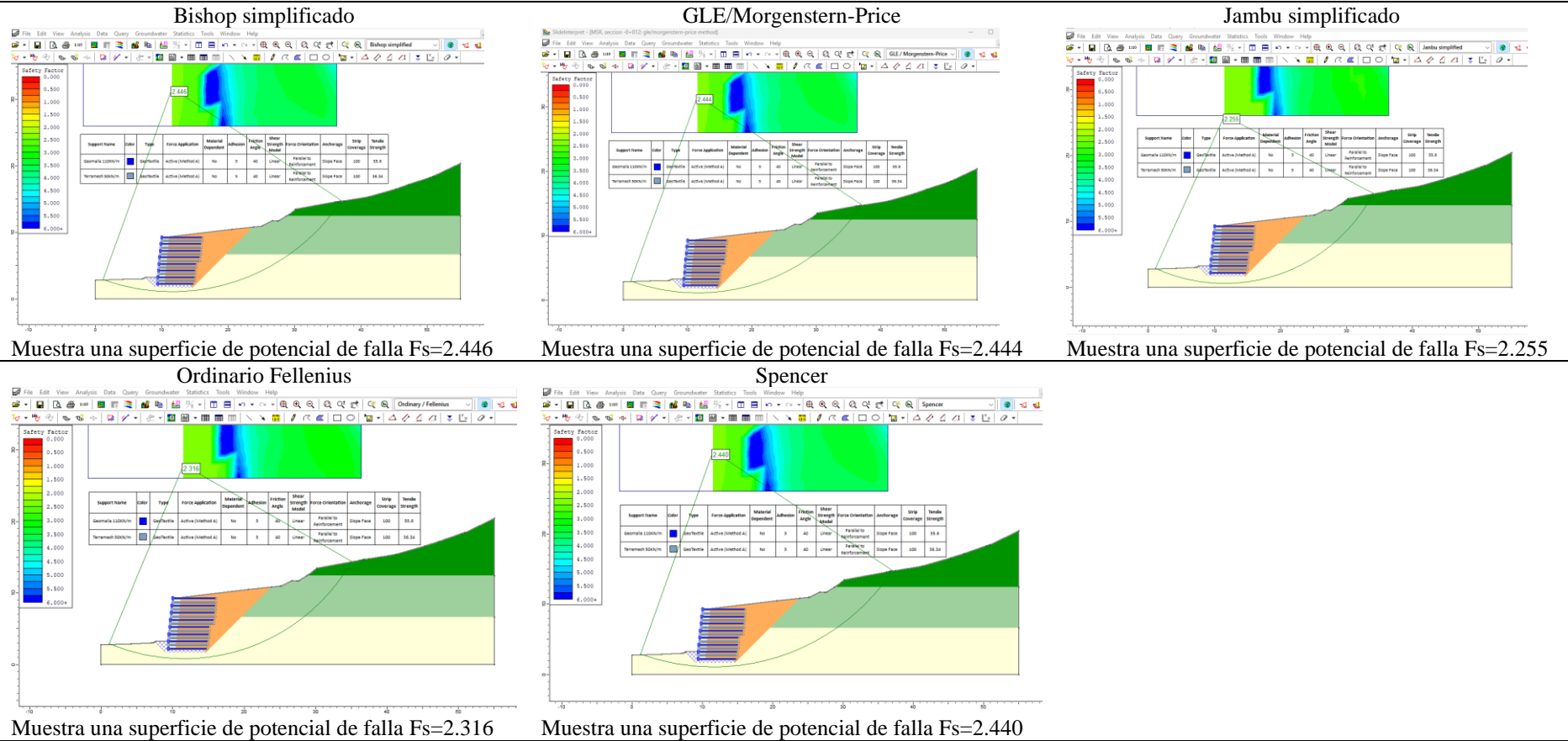


Figura 158

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro de Suelo Reforzado

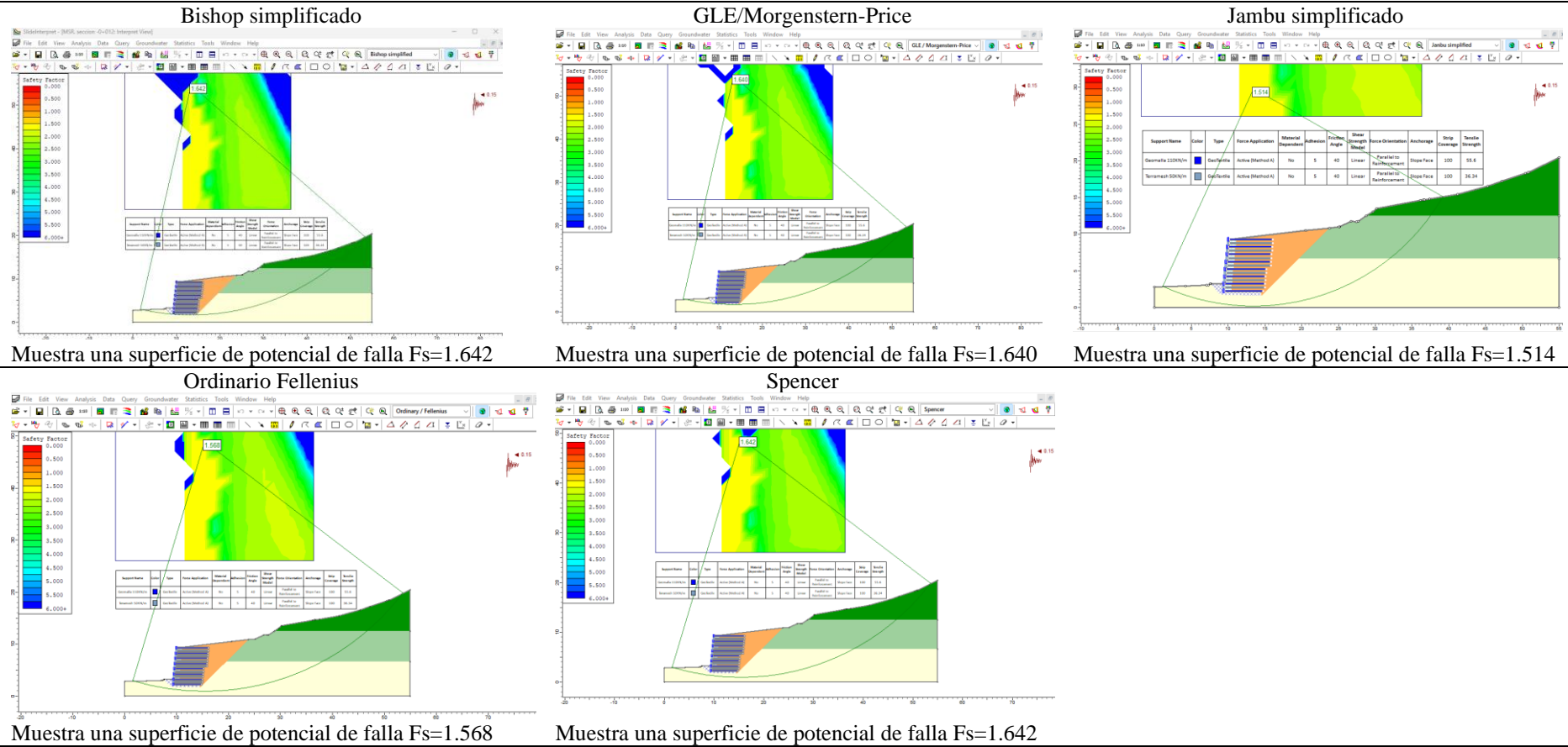


Figura 159

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Muro de Suelo Reforzado

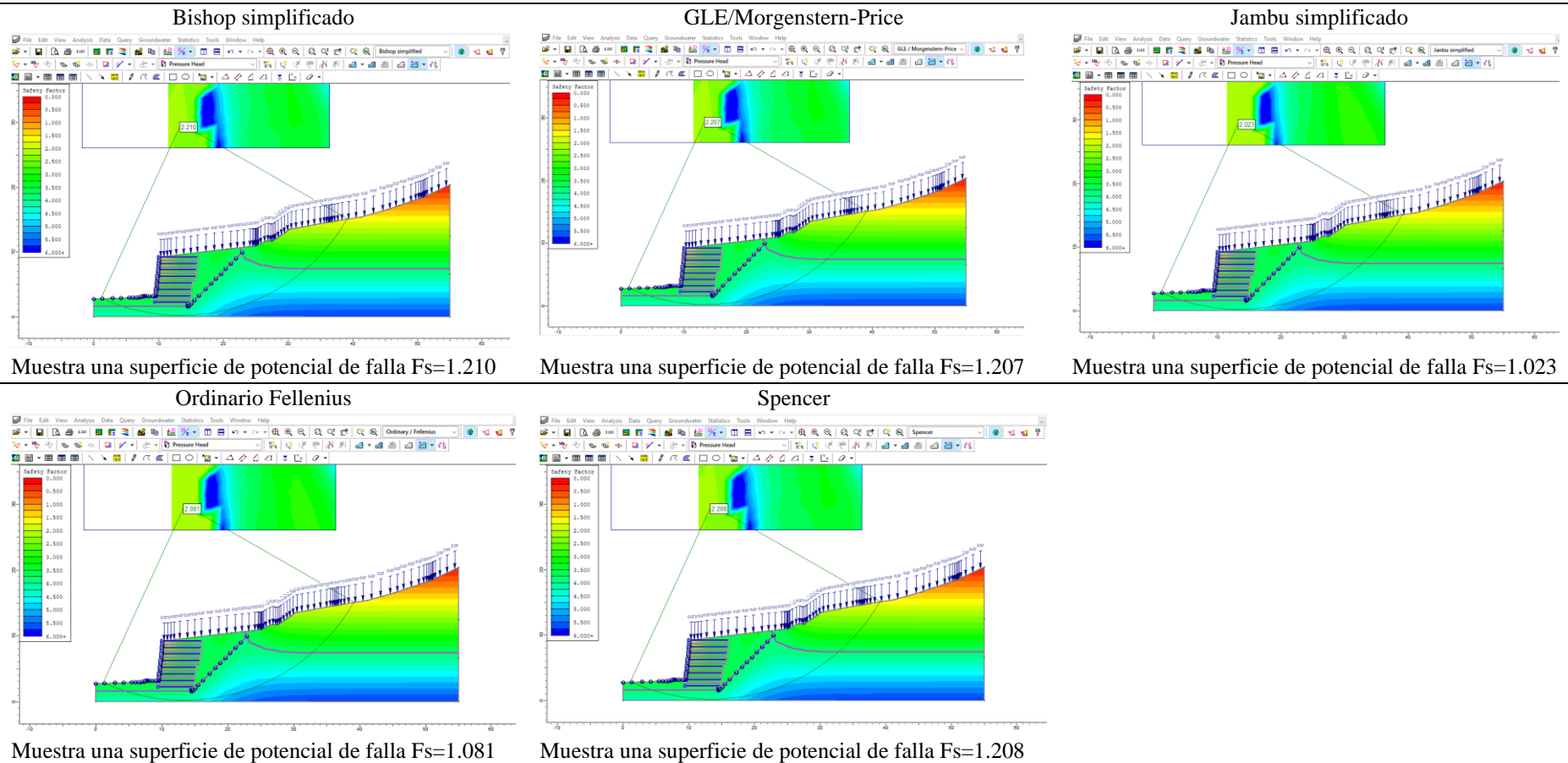


Figura 160

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro de Suelo Reforzado

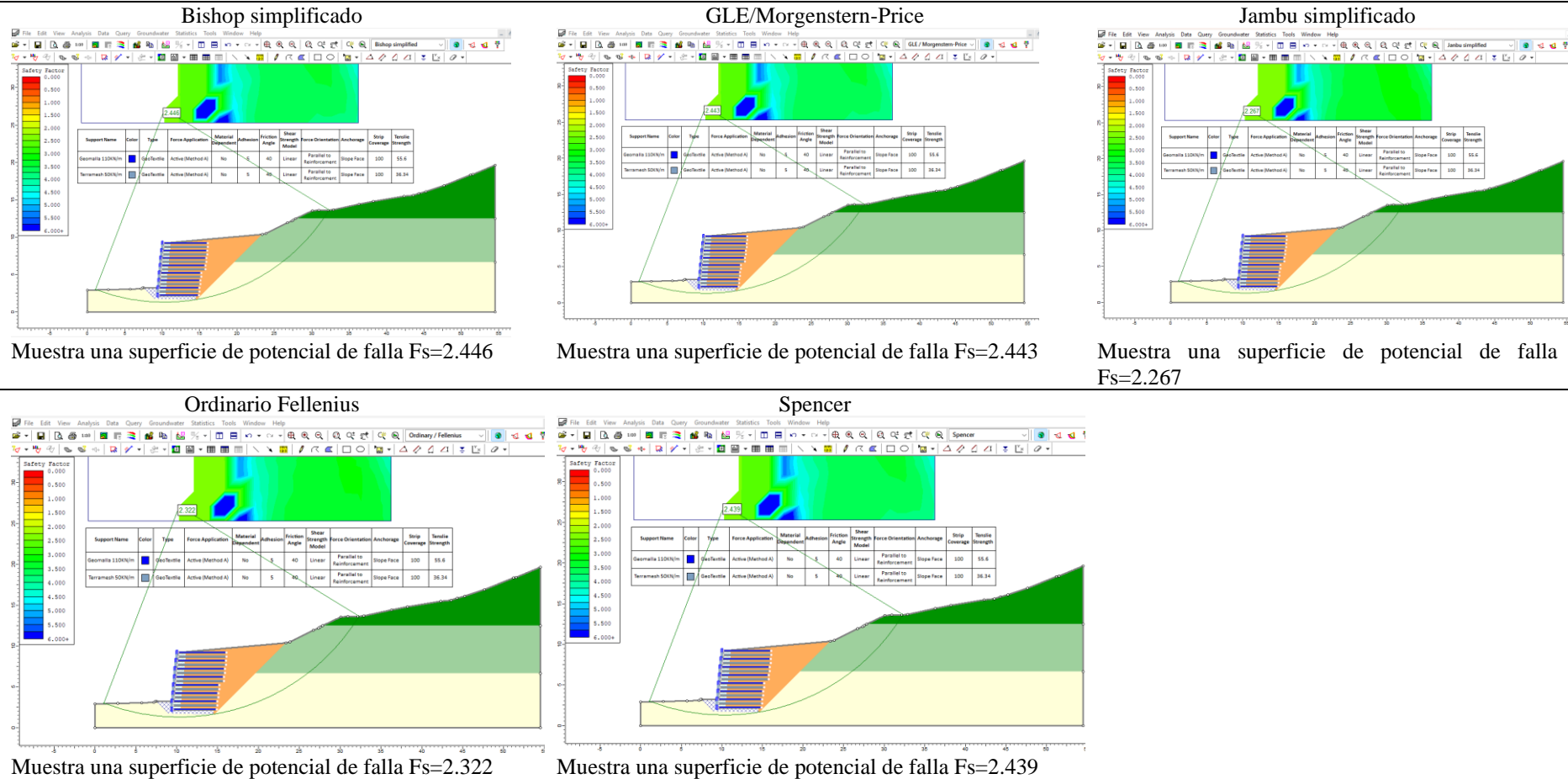


Figura 161

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro de Suelo Reforzado

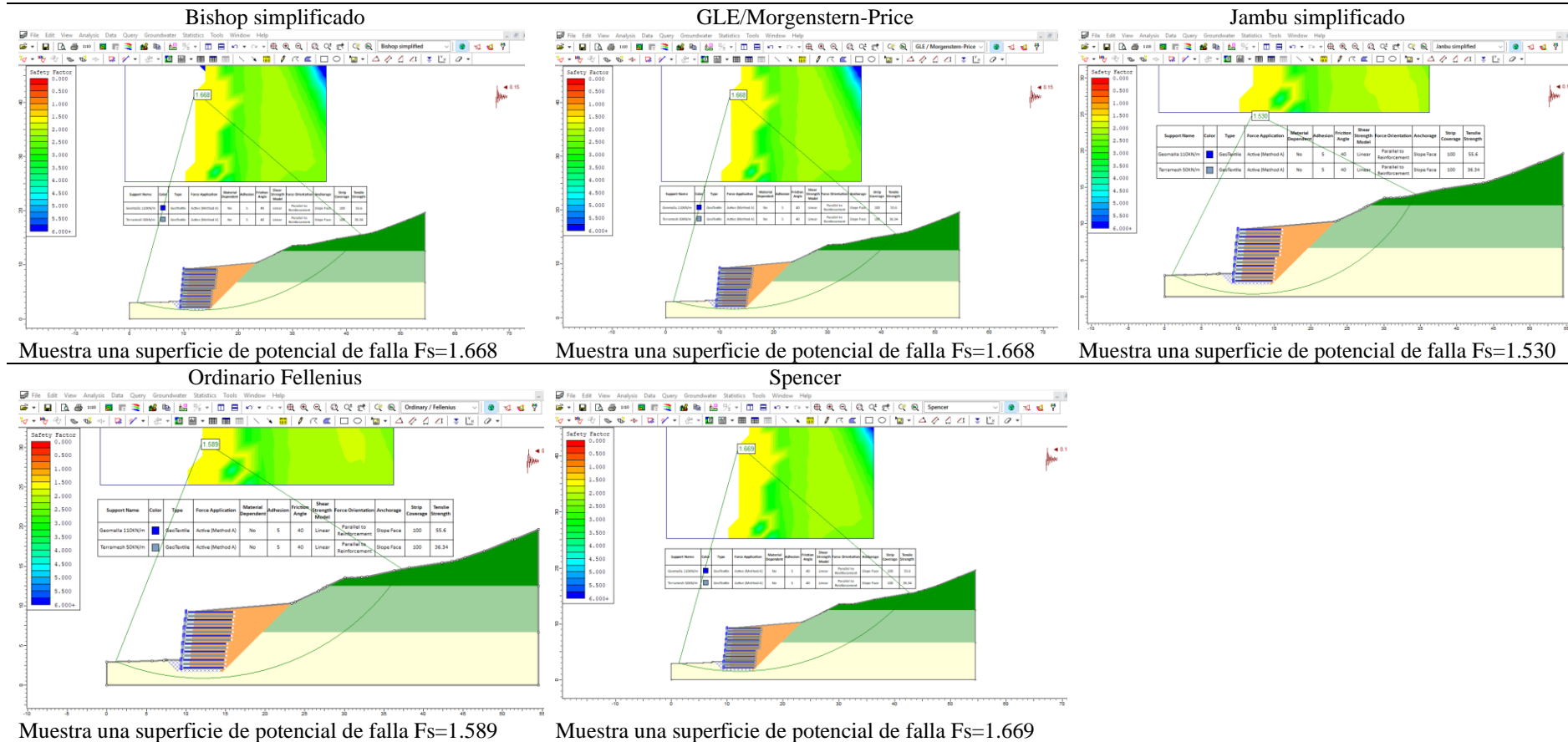


Figura 162

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Muro de Suelo Reforzado

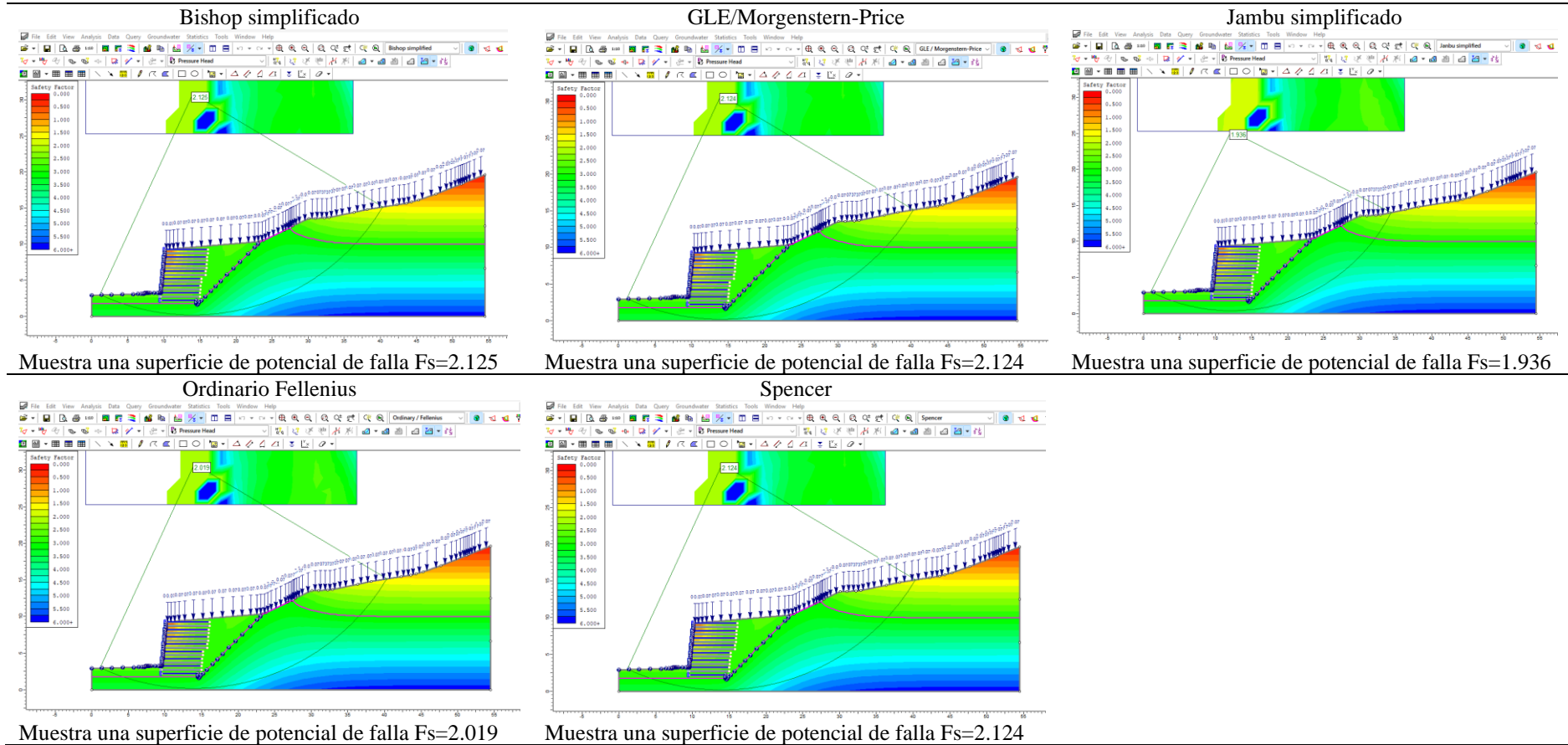


Figura 163

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro de Suelo Reforzado

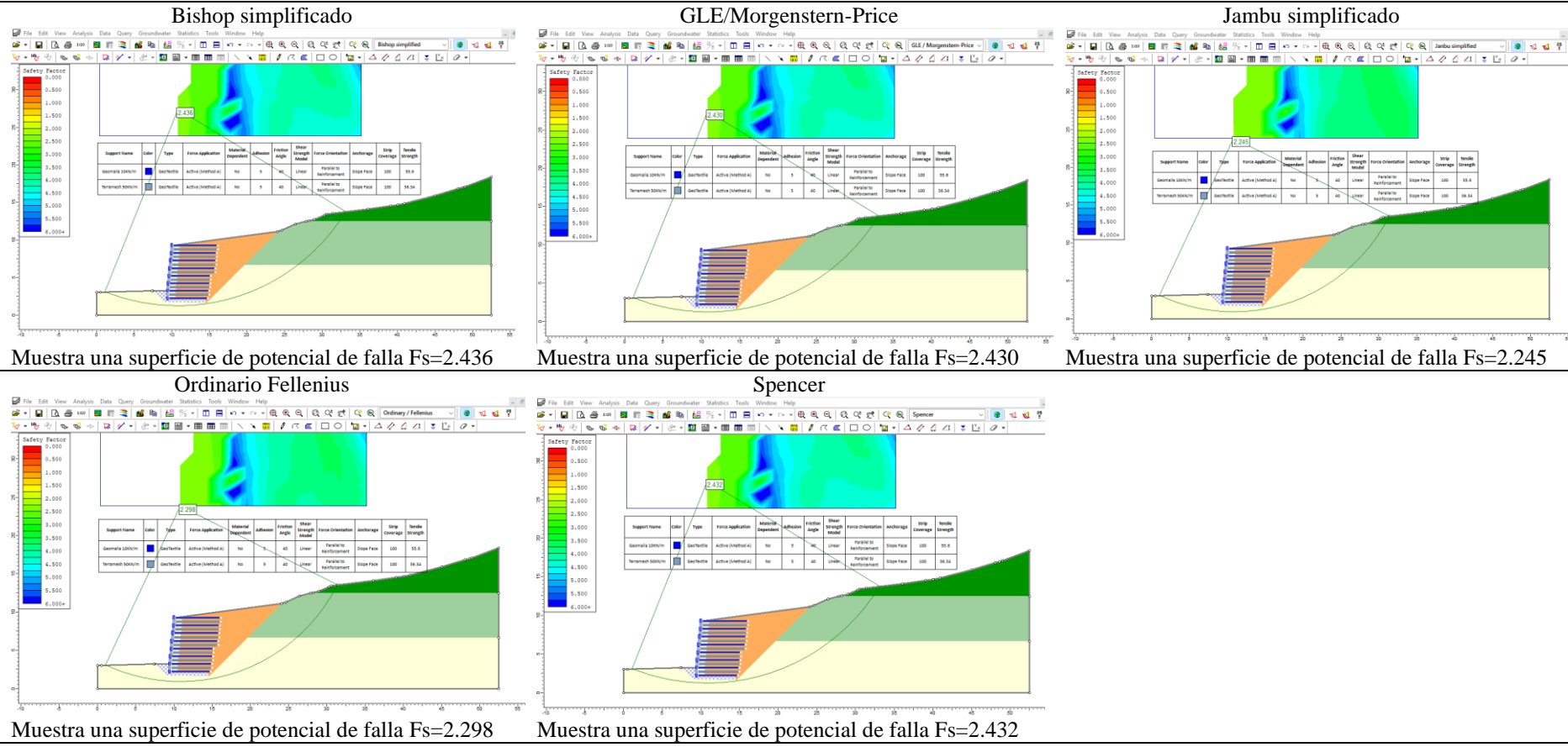
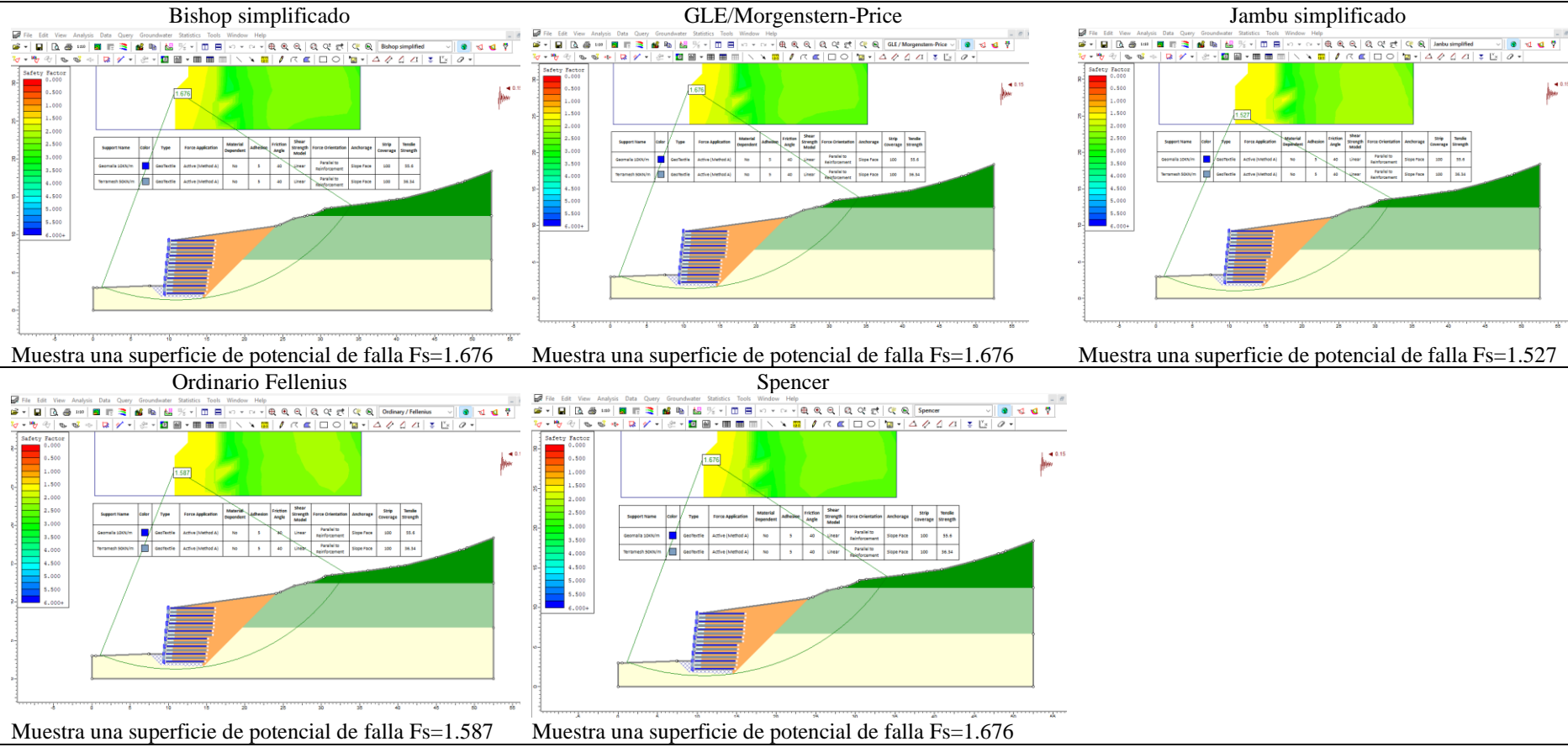


Figura 164

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro de Suelo Reforzado



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.676$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.676$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.527$

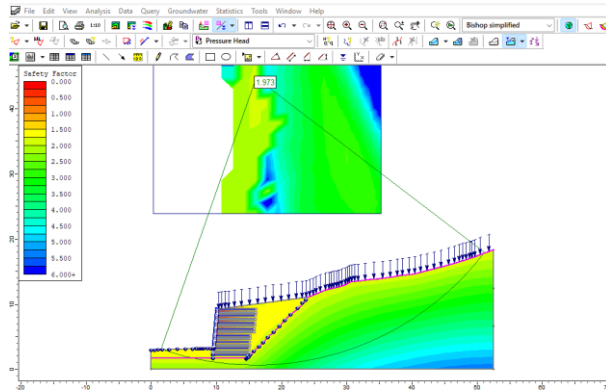
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.587$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.676$

Figura 165

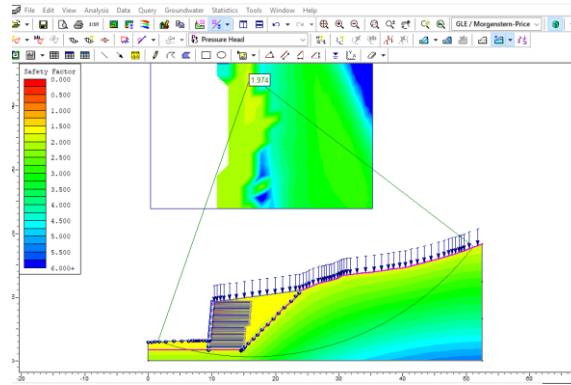
Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Muro de Suelo Reforzado

Bishop simplificado



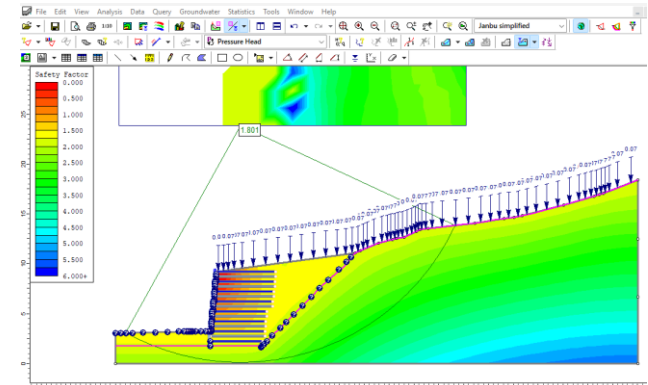
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.973$

GLE/Morgenstern-Price



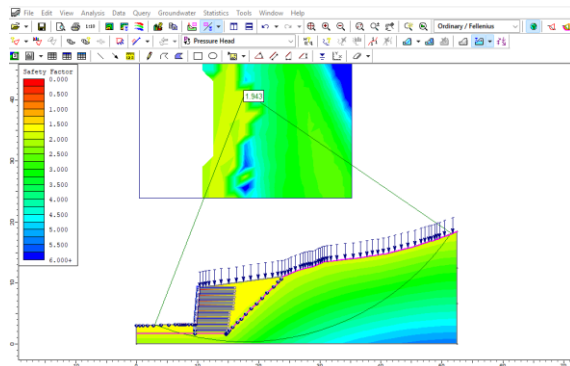
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.974$

Jambu simplificado



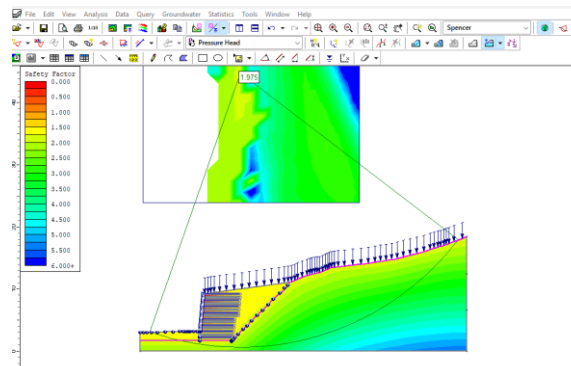
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.801$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.943$

Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.975$

MURO DE SUELO REFORZADO CON INCLINACIÓN (TSR)

Figura 166

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Talud de Suelo Reforzado con Inclinción

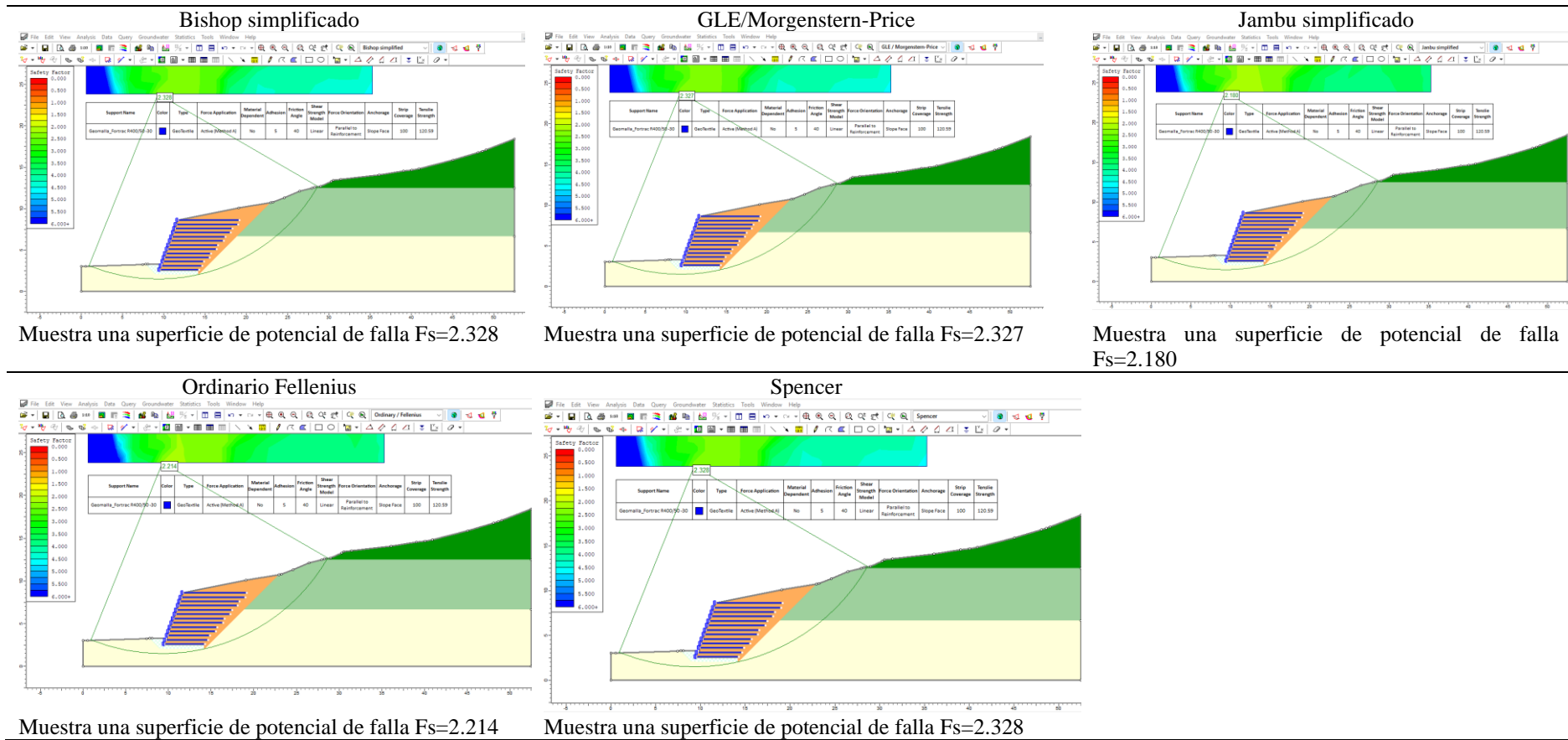


Figura 167

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

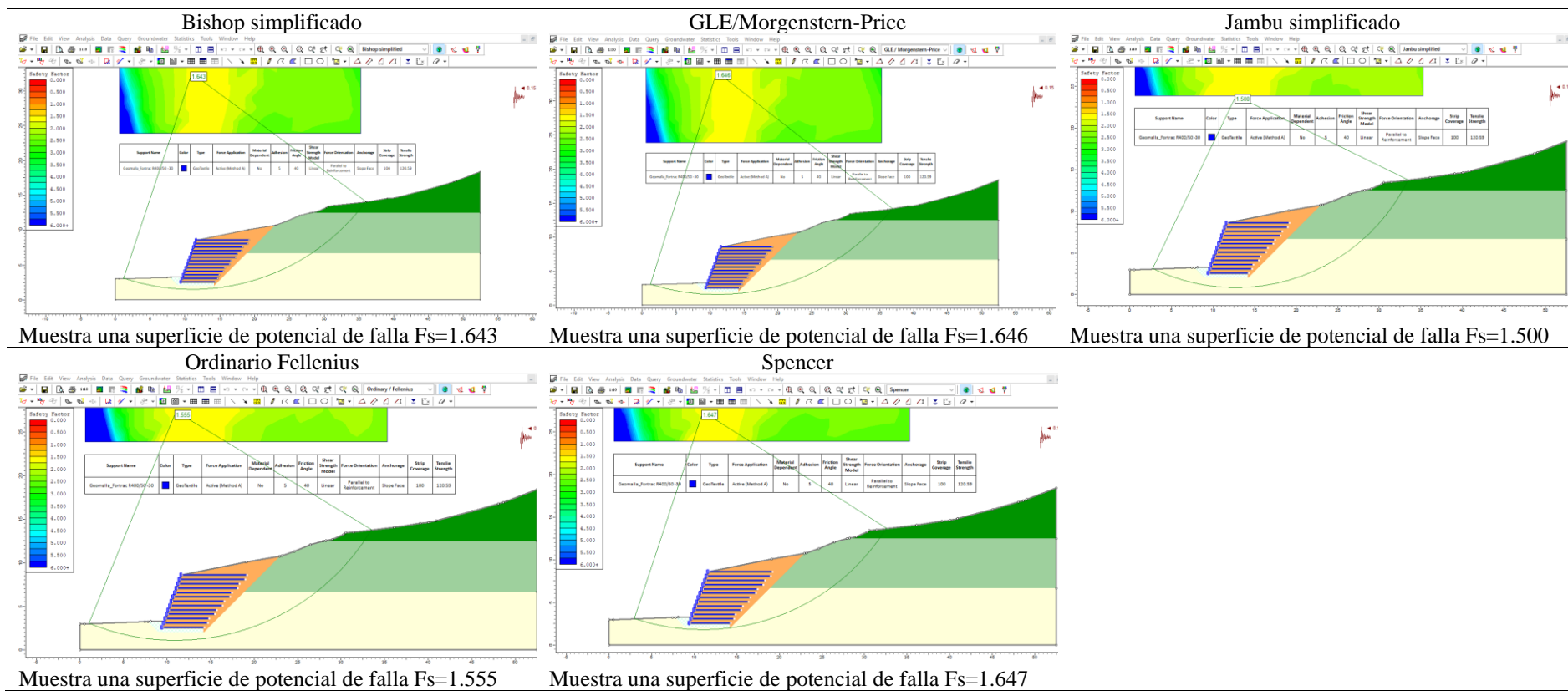


Figura 168

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+000, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

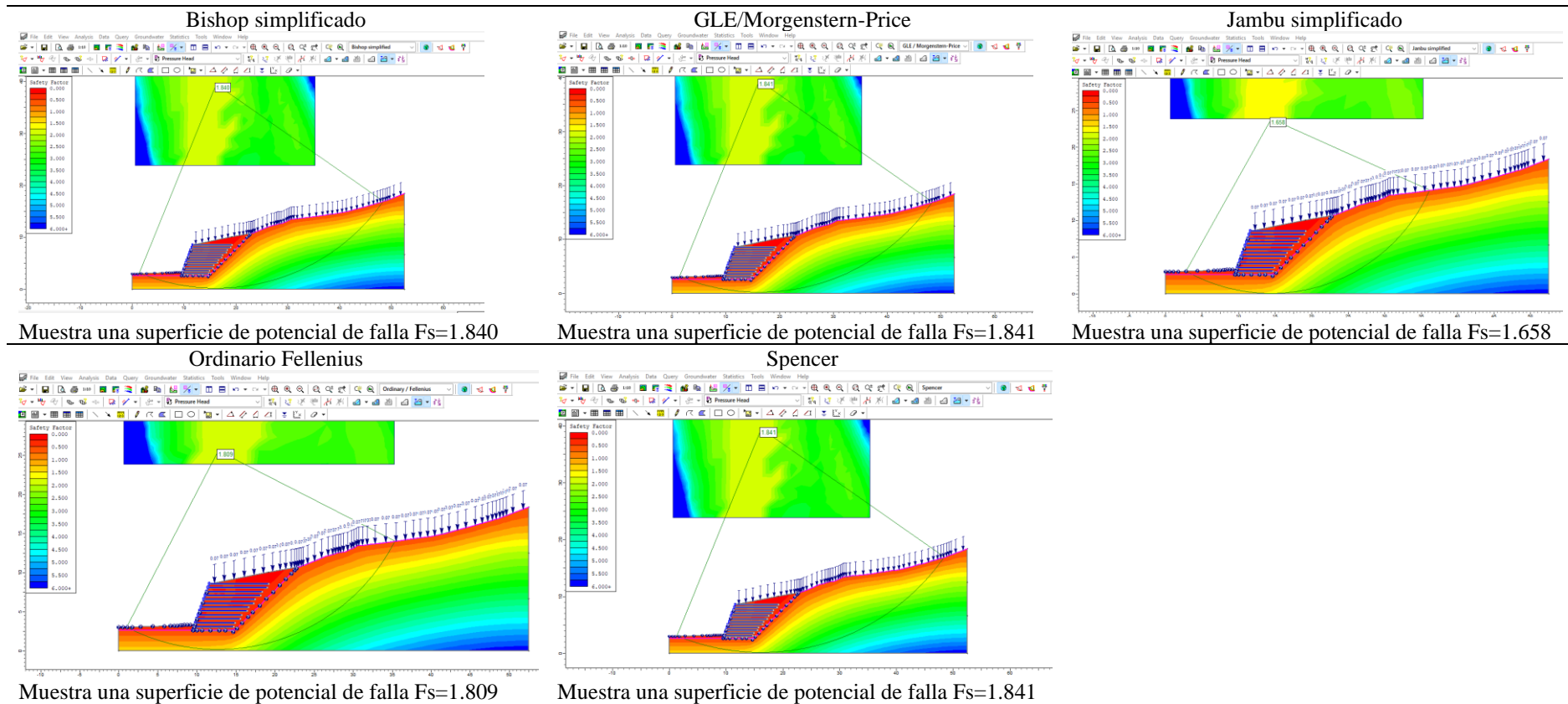


Figura 169

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

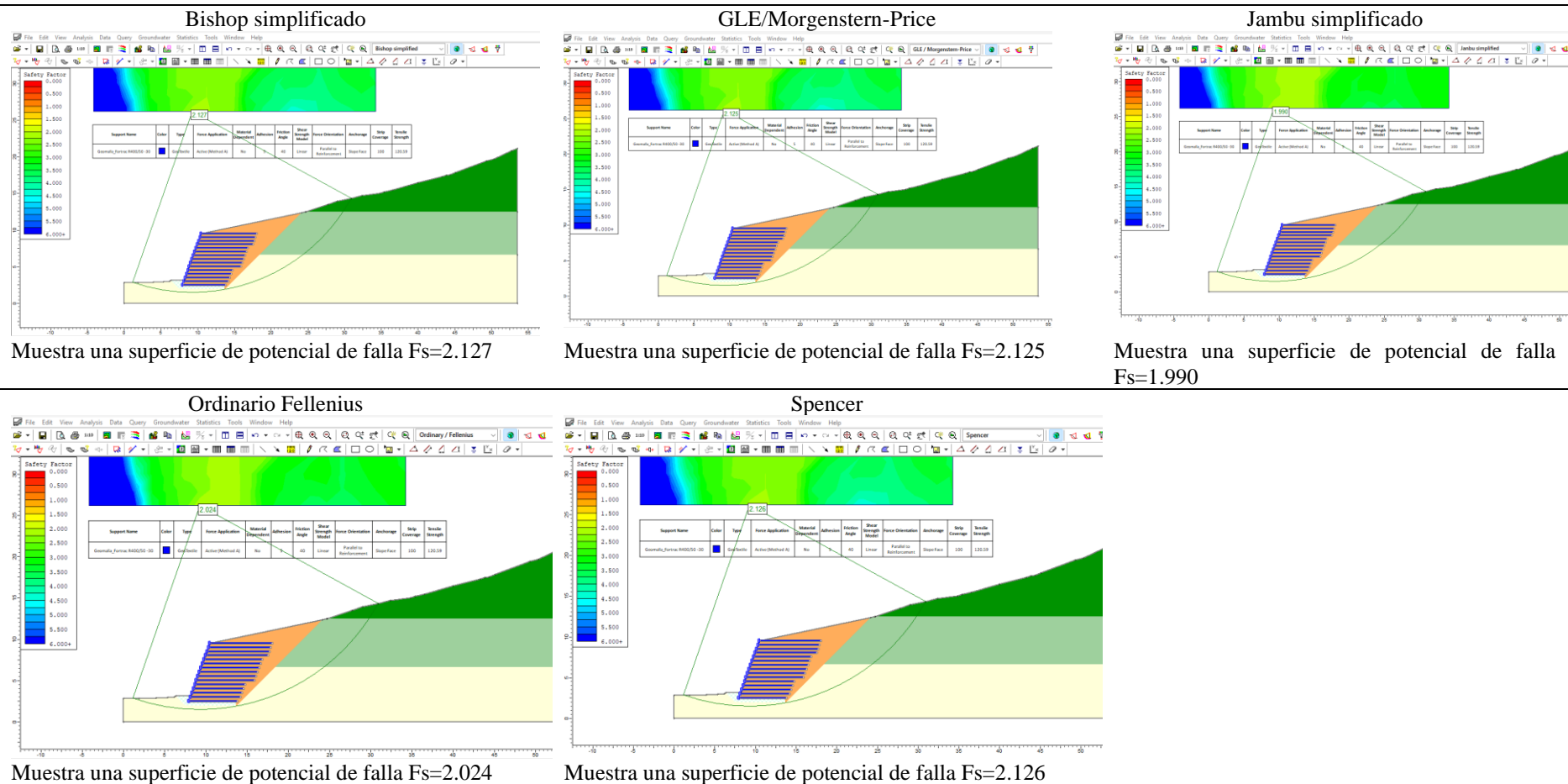


Figura 170

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

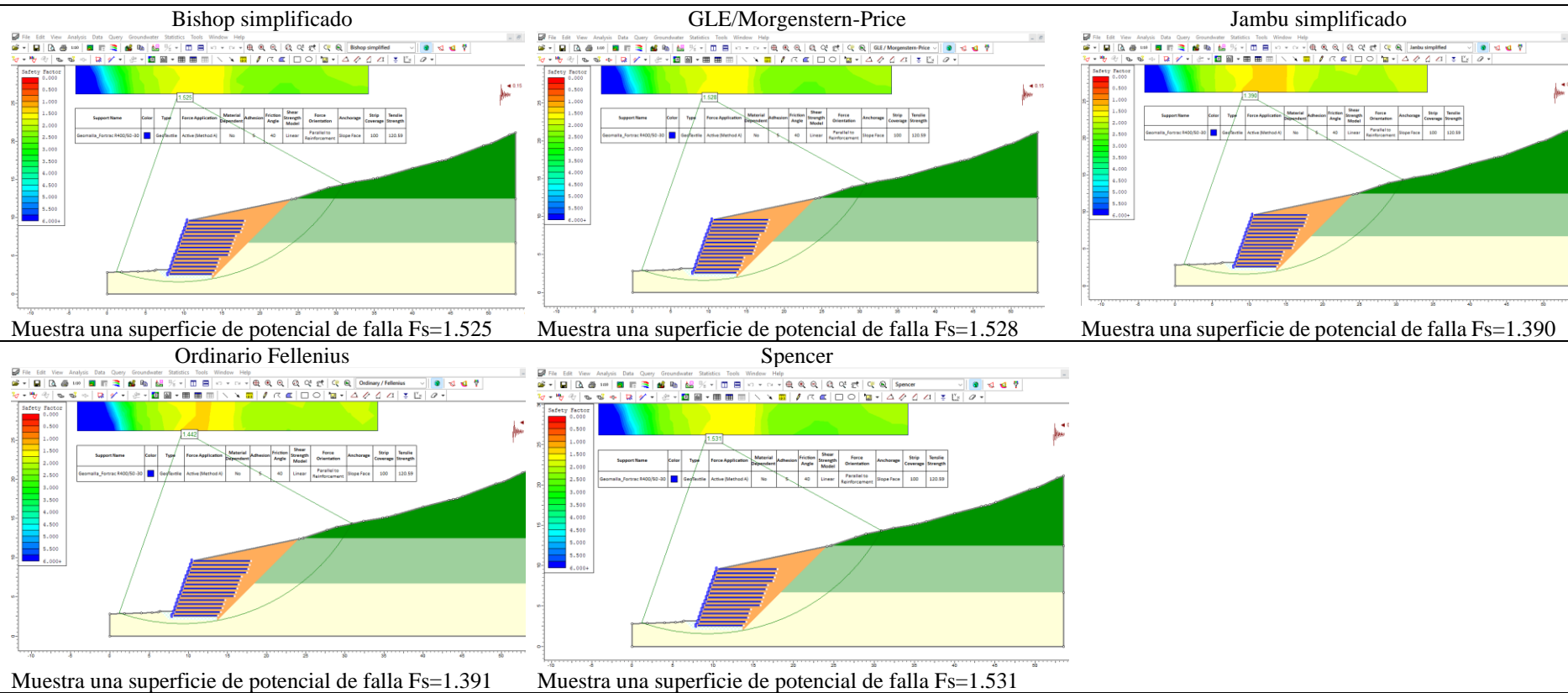


Figura 171

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+006, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

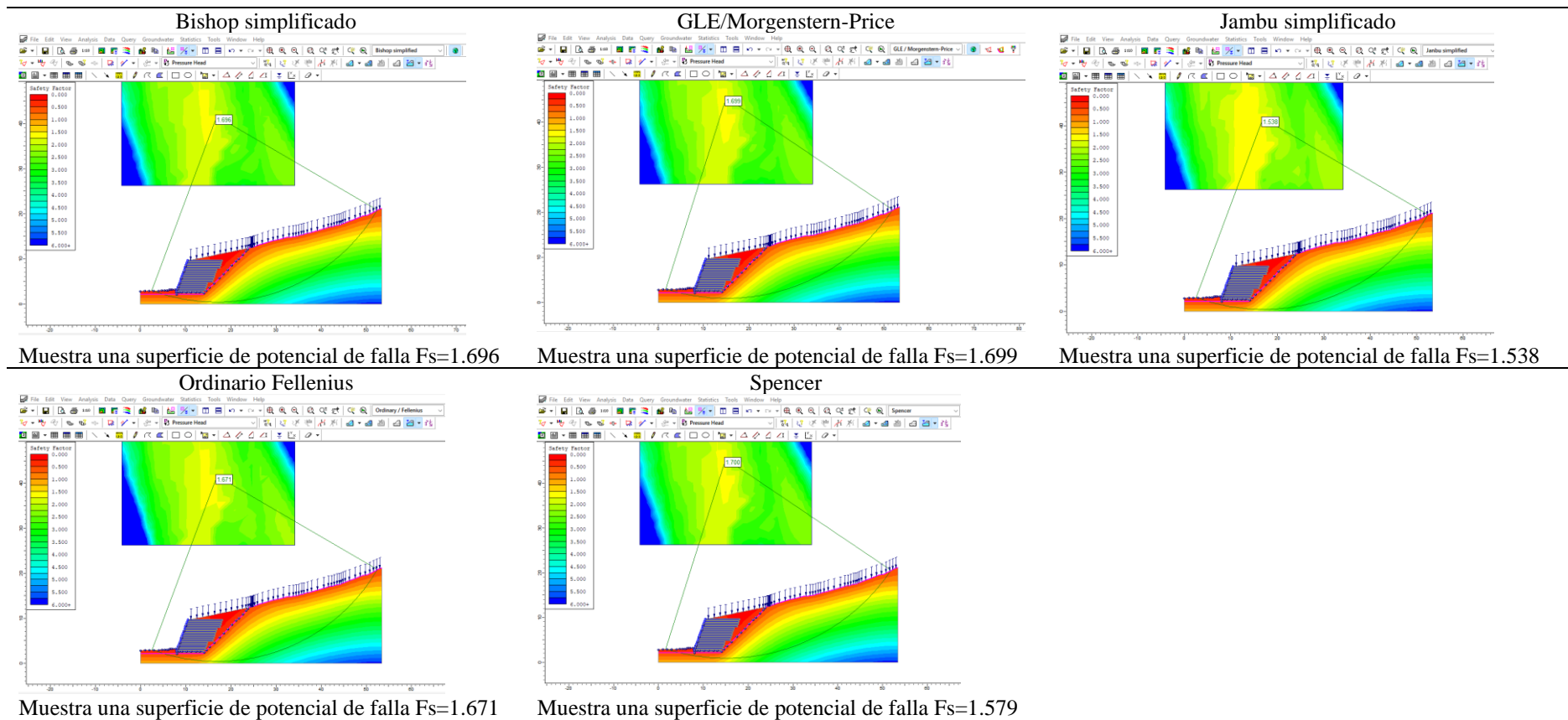
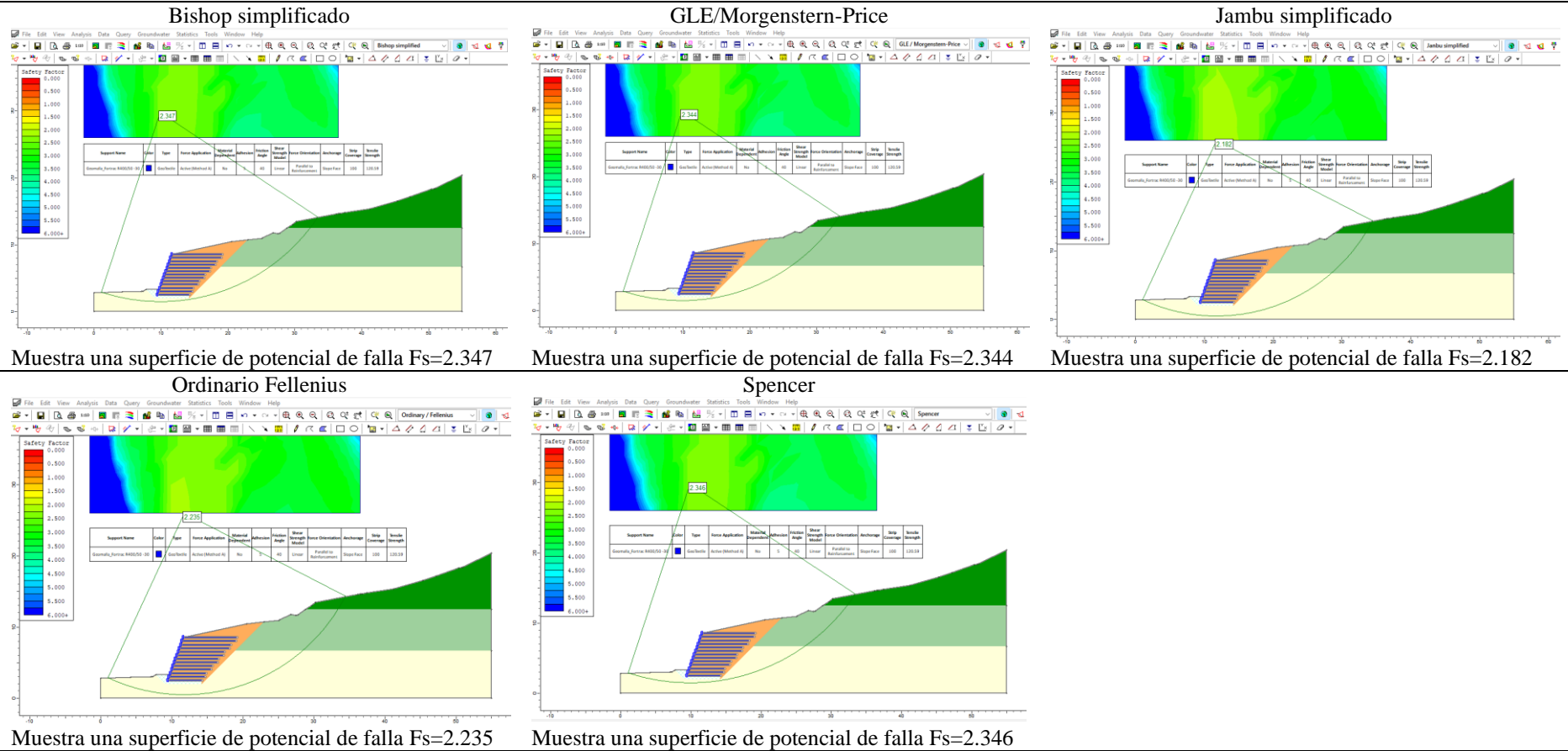


Figura 172

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.347$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.344$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.182$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.236$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.346$

Figura 173

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Genio, Sección K 0+012, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

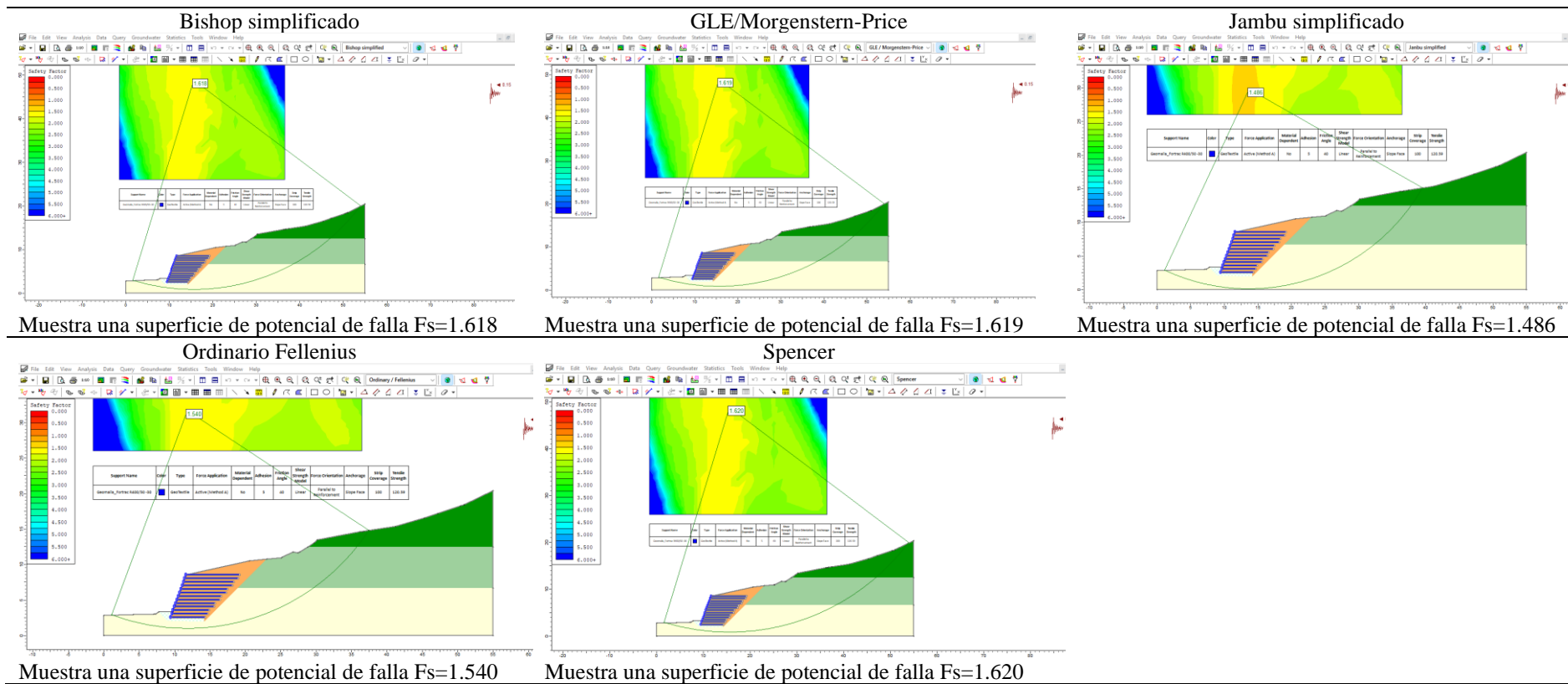


Figura 174

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+012, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

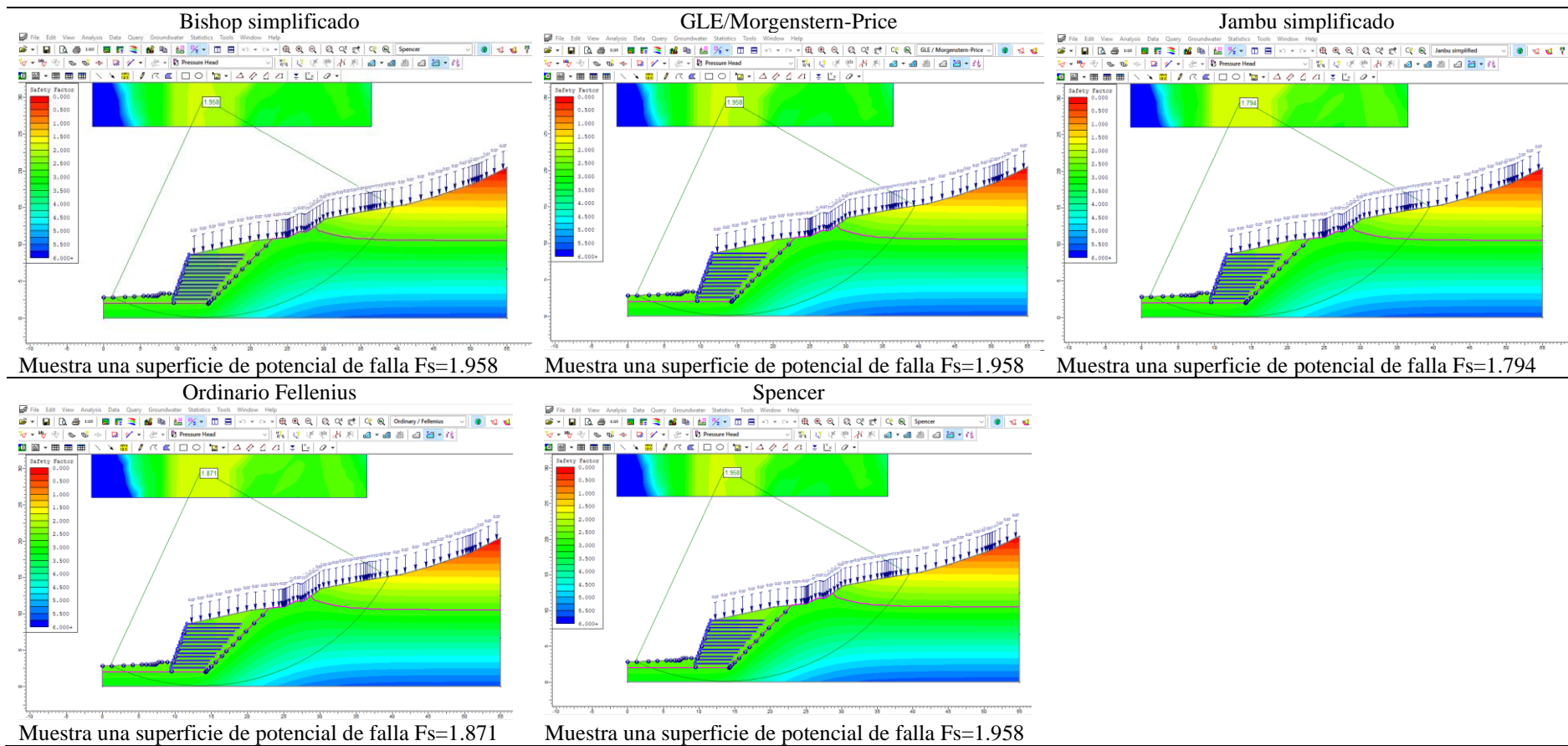
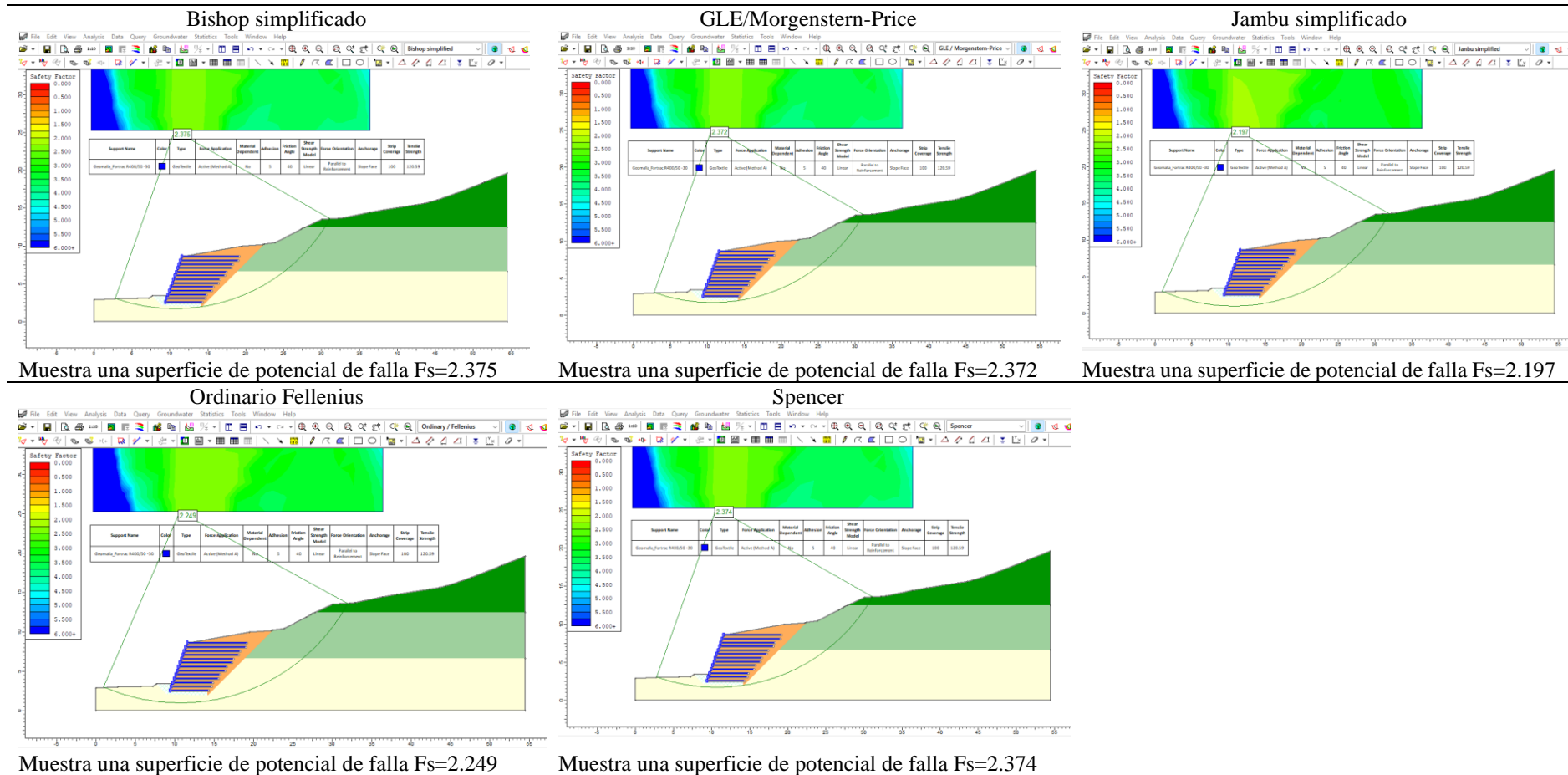


Figura 175

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.375$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.372$

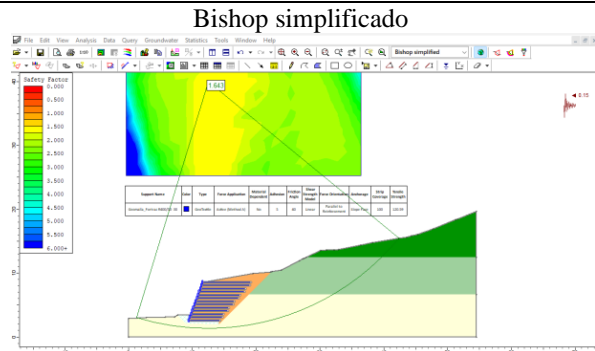
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.197$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.249$

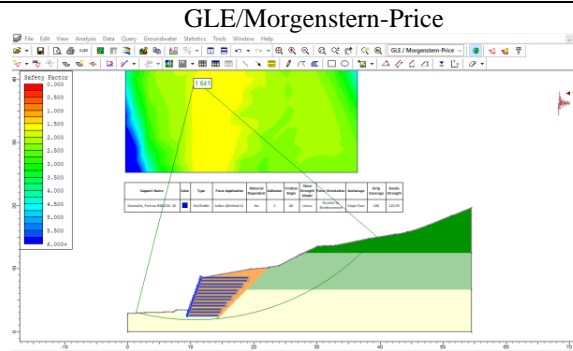
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.374$

Figura 176

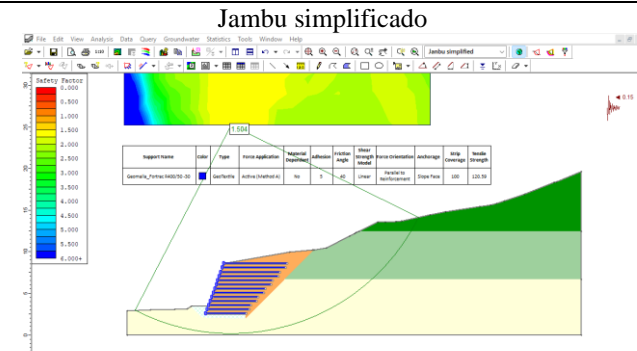
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación



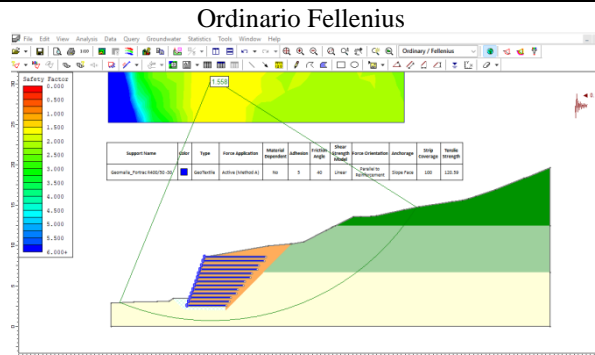
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.643$



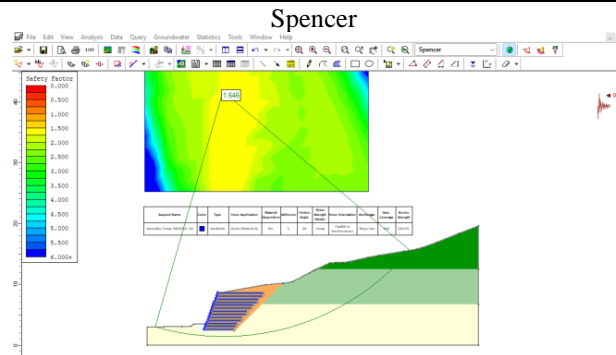
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.641$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.504$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.558$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.646$

Figura 177

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+018, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

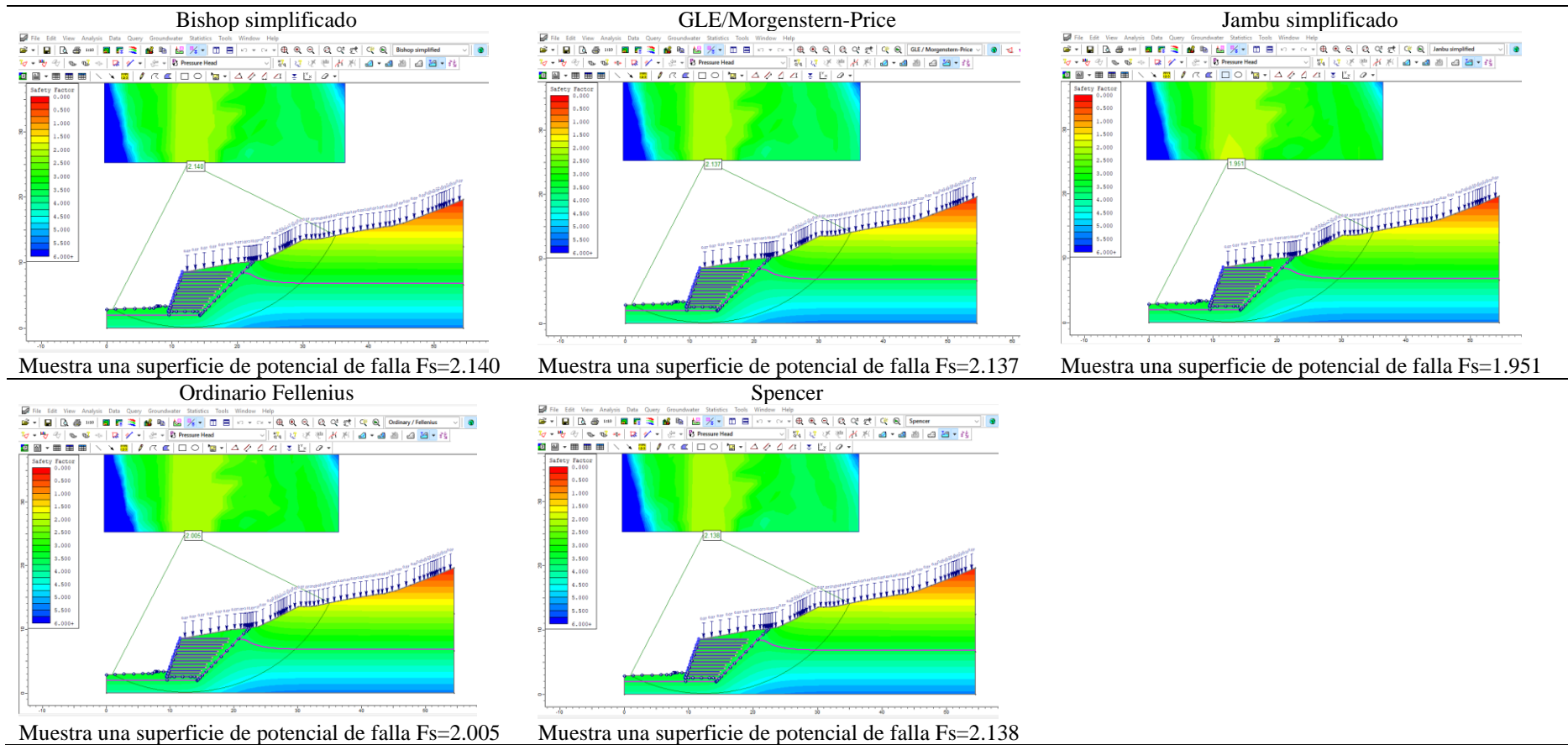


Figura 178

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

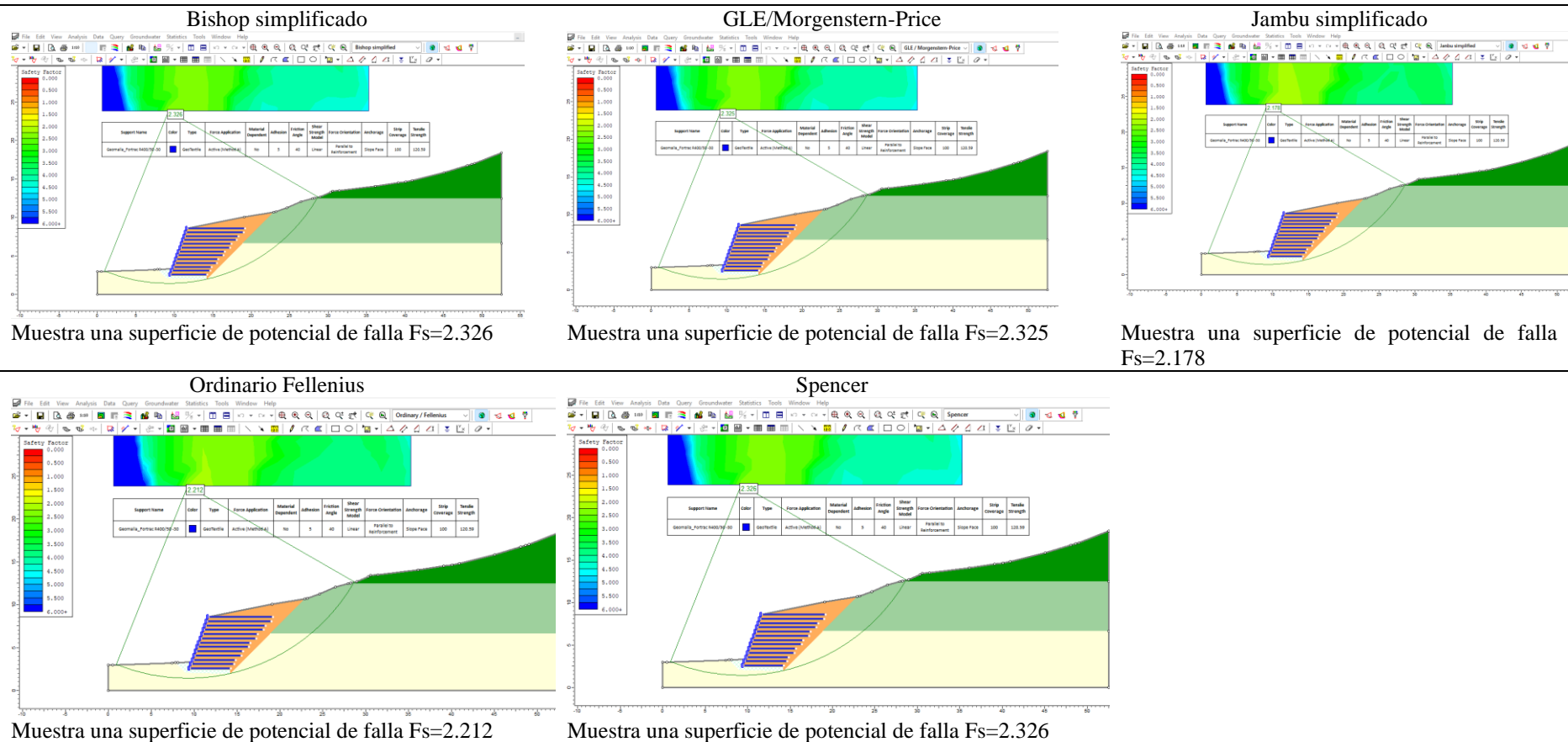


Figura 179

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación

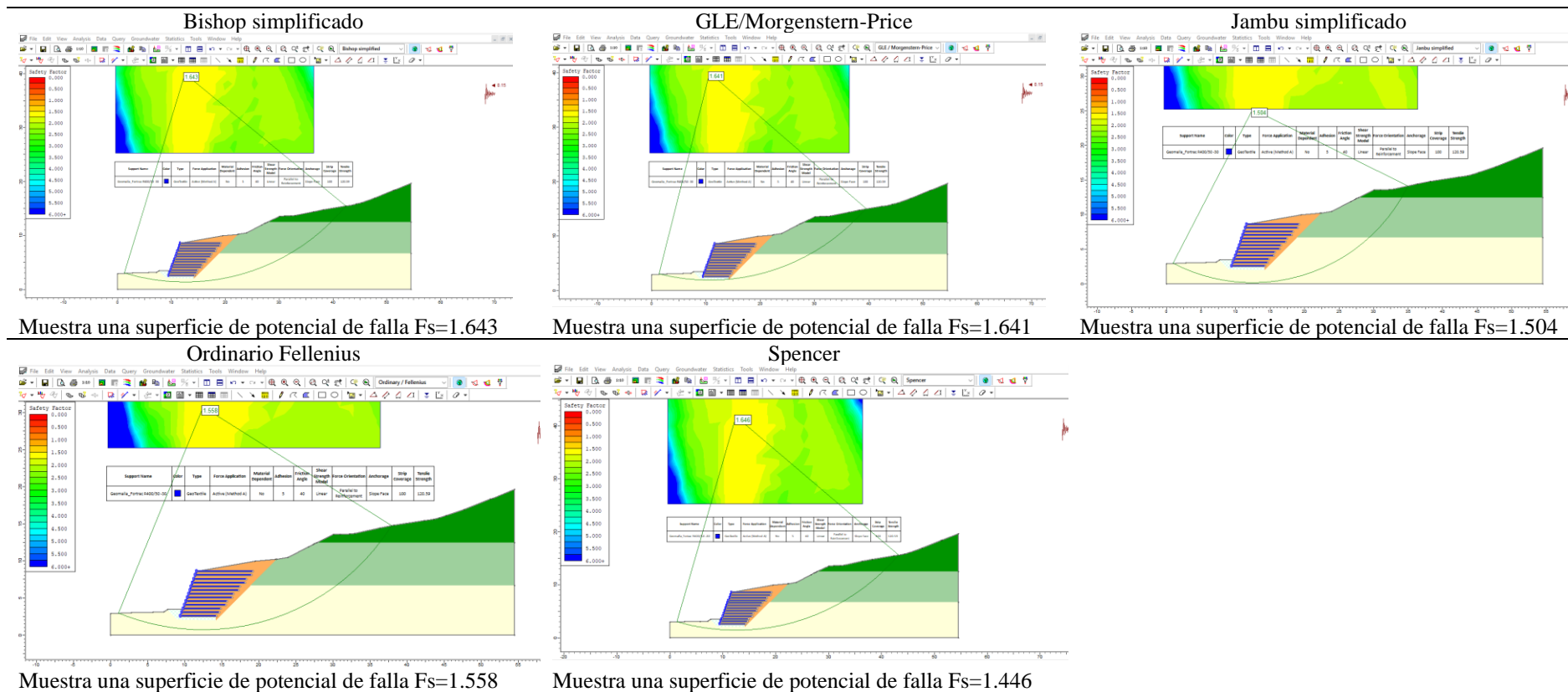
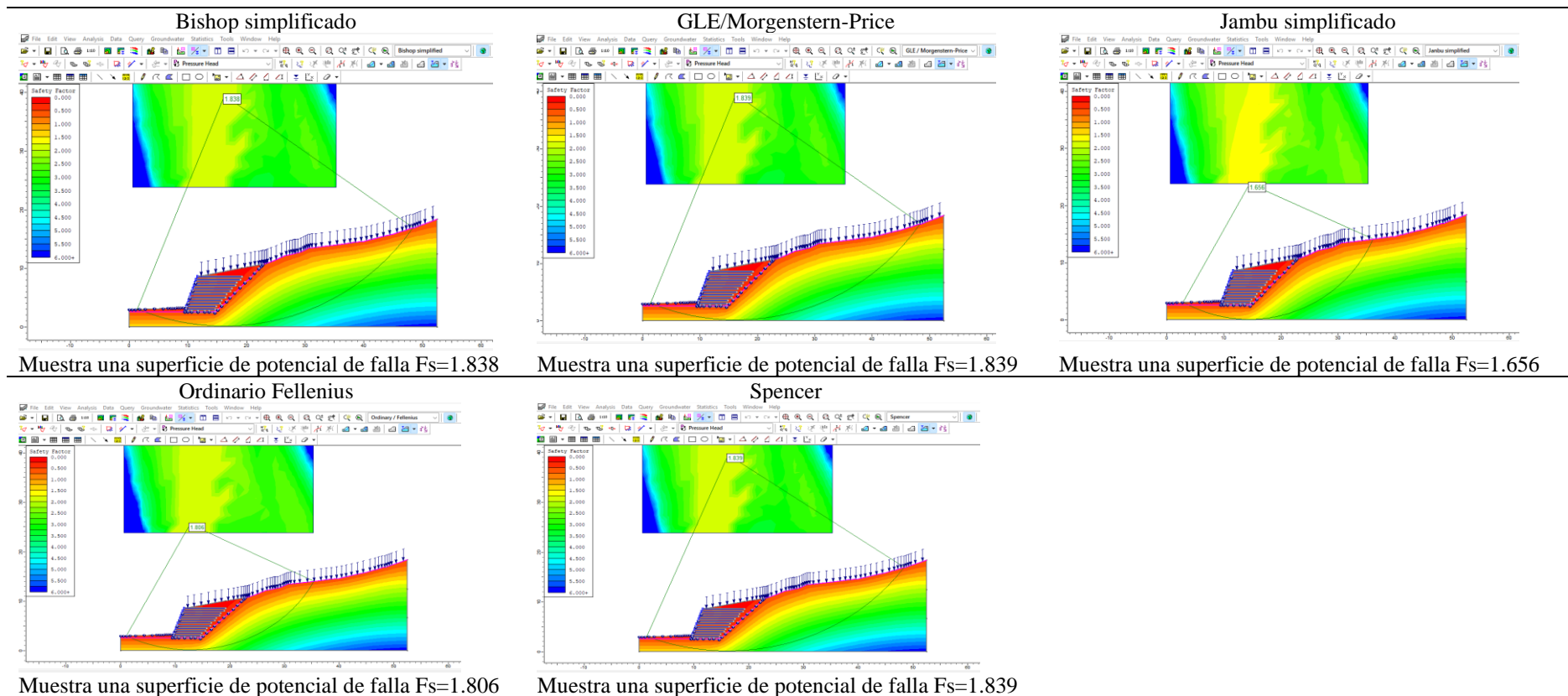


Figura 180

Análisis de Infiltración con Elementos Finitos para Verificar la Estabilidad del Talud El Ingenio, Sección K 0+024, Talud de Suelo Reforzado con Inclinación



4.1.3.2. Muro de Tierra Reforzada en el talud Tayal

a) Dimensionamiento

Para la estabilización del talud Tayal con el sistema Terramesh, se diseñaron dos configuraciones estructurales: un muro sin inclinación (vertical) y otro con una inclinación de 70° . Ambos muros tienen una altura total de 6 metros, adecuada para contener la masa del terreno inestable. El muro vertical presenta una base de 5.0 metros, mientras que el muro inclinado tiene una base ligeramente menor, de 4.5 metros, con el fin de compensar la inclinación de la cara frontal y asegurar un comportamiento estable. El ángulo de inclinación del segundo diseño, de 70° , responde a criterios de adaptación topográfica y reducción del empuje activo, sin comprometer la funcionalidad estructural. Estas dimensiones fueron determinadas con base en los lineamientos del sistema Terramesh y en las condiciones geotécnicas del sitio.

Tabla 40

Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal

Geometría del muro	Dimensiones
Altura del muro	6 m
Base del muro (0.7H-0.8H)	5 m
Talud sin inclinación	90°

Tabla 41

Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal

Geometría del muro	Dimensiones
Altura del muro	6 m
Base del muro (0.7H-0.8H)	4.50 m
Talud con inclinación	70°

Figura 181

Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para Talud Tayal

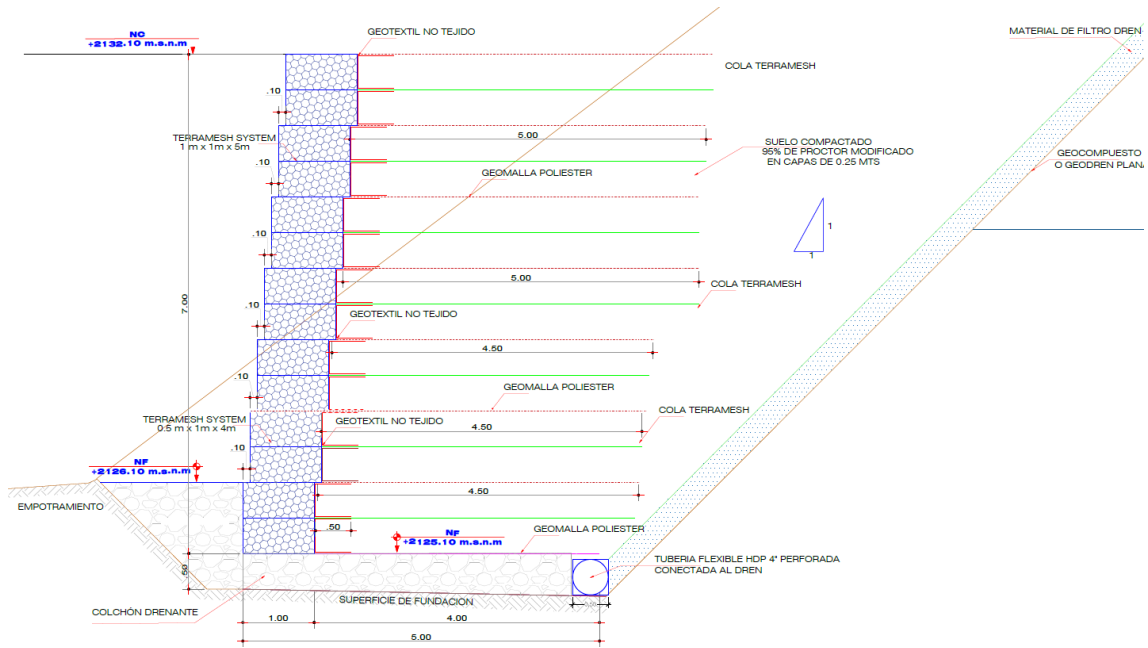
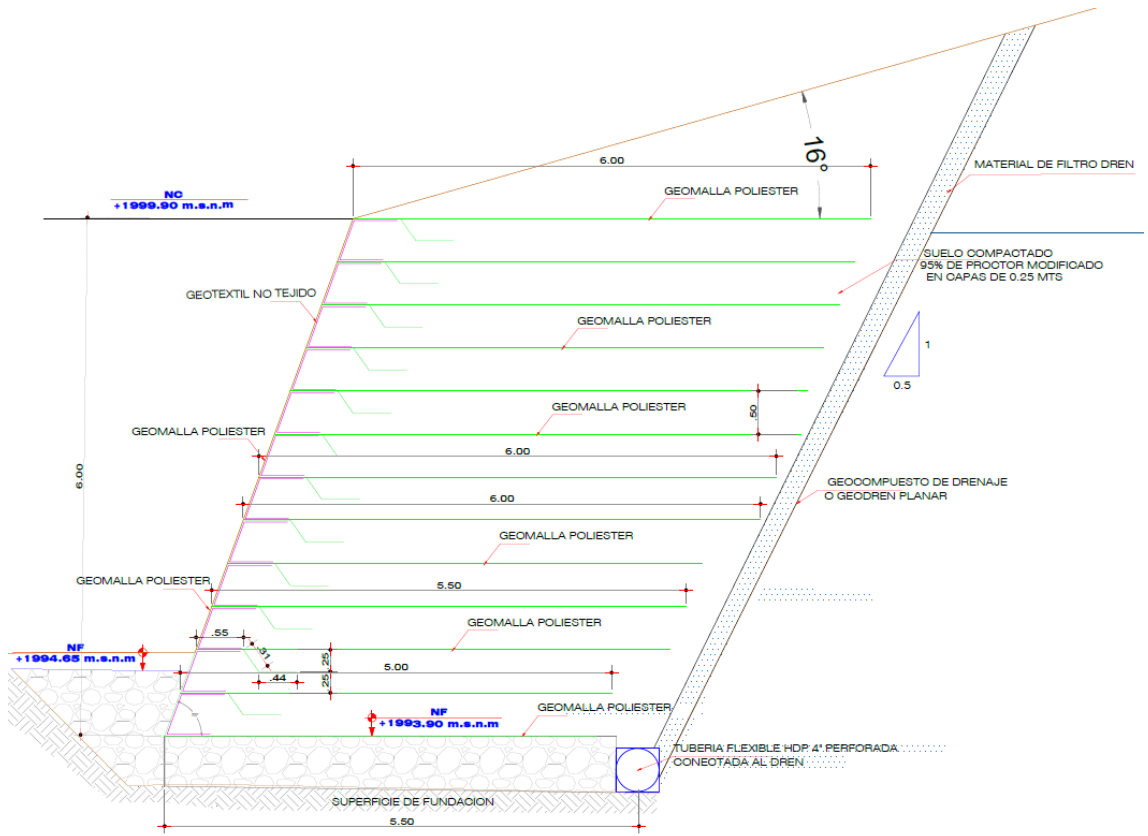


Figura 182

Dimensiones del Muro de Suelo Reforzado Inclinado para el Talud Tayal



b) Comportamiento estructural

El análisis estructural de ambos diseños indica que los muros cumplen con la norma CE.020. En el caso del muro sin inclinación (90°), se obtuvo factor de seguridad por volteo de 6.81 y por deslizamiento de 4.58, ambos muy por encima de los mínimos exigidos. La excentricidad fue prácticamente nula ($e = 0.001$ m), y el análisis de capacidad portante arrojó factor de 1.80, confirmando que el suelo puede soportar la estructura sin fallas. El desempeño del geotextil fue igualmente satisfactorio, con factores de seguridad de 3.45 frente al deslizamiento, 6.50 en tracción, y 9.78 en extracción.

Tabla 42

Análisis de Estabilidad del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el

Talud Tayal

FS	Criterio	Datos	Valor	
Muro				
Por volteo	> 2.00	Momento estabilizador 2676.08 KN.m/m Momento de vuelco 393.25 KN.m/m	6.81	Cumple
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 486.08 KN/m Fuerza horizontal activa 106.09 KN/m	4.58	Cumple
Excentricidad	$ea > e$	Máxima excentricidad normal (e) 0.001 Máxima excentricidad permitida (ea) 0.333		Cumple
Para capacidad portante	> 1	Máxima tensión fondo de la zapata 141.43 kPa Capacidad portante del terreno 254.00 kPa	1.80	Cumple
Geotextil				
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 57.67 KN/m Fuerza horizontal activa 16.70 KN/m	3.45	Cumple
Resistencia a tracción	> 1.5	Resistencia a tracción 36.34 kN/m Fuerza en refuerzo 5.59 kN/m	6.50	Cumple
Resistencia a extracción	> 1.5	Resistencia a la extracción 54.67 kN/m Fuerza en refuerzo 5.59 kN/m	9.78	Cumple
Estabilidad global	> 1.5		1.91	Cumple

Por otro lado, el muro inclinado (70°) mostró comportamiento estructural aún más favorable. Se alcanzó factor de seguridad por volteo de 8.5, evidenciando capacidad sobresaliente para resistir el empuje del suelo. El factor de deslizamiento fue de 3.60, y la capacidad portante alcanzó valor aceptable de 1.37. En términos de estabilidad global, el diseño obtuvo factor de seguridad de 1.58, superando con holgura el valor normativo. En cuanto al refuerzo geotextil, este diseño logró FS de 3.52 frente al deslizamiento, 4.90 en tracción y FS de 22.59 en extracción, lo que demuestra excelente anclaje.

Tabla 43

Análisis de Estabilidad del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud

Talay

Factor de seguridad	Criterio	Datos	Factor obtenido	
Muro				
Por volteo	> 2.00	Momento estabilizador 3670.86 KN.m/m Momento de vuelco 431.62 KN.m/m	8.50	Cumple
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 608.24 KN/m Fuerza horizontal activa 168.84 KN/m	3.60	Cumple
Excentricidad	ea>e	Máxima excentricidad normal (e) 0.001 Máxima excentricidad permitida (ea) 0.333		Cumple
Para capacidad portante	> 1	Máxima tensión fondo de la zapata 186.04 kPa Capacidad portante del terreno 254.00 kPa	1.37	Cumple
Geotextil				
Por deslizamiento	> 1.5	Fuerza horizontal resistente 588.78 KN/m Fuerza horizontal activa 167.17 KN/m	3.52	Cumple
Resistencia a tracción	> 1.5	Resistencia a tracción 120.59 kN/m Fuerza en refuerzo 24.63 kN/m	4.90	Cumple
Resistencia a extracción	> 1.5	Resistencia a la extracción 556.49 kN/m Fuerza en refuerzo 24.63 kN/m	22.59	Cumple
Estabilidad global	> 1.5		1.58	Cumple

Figura 183

Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal

Tayal

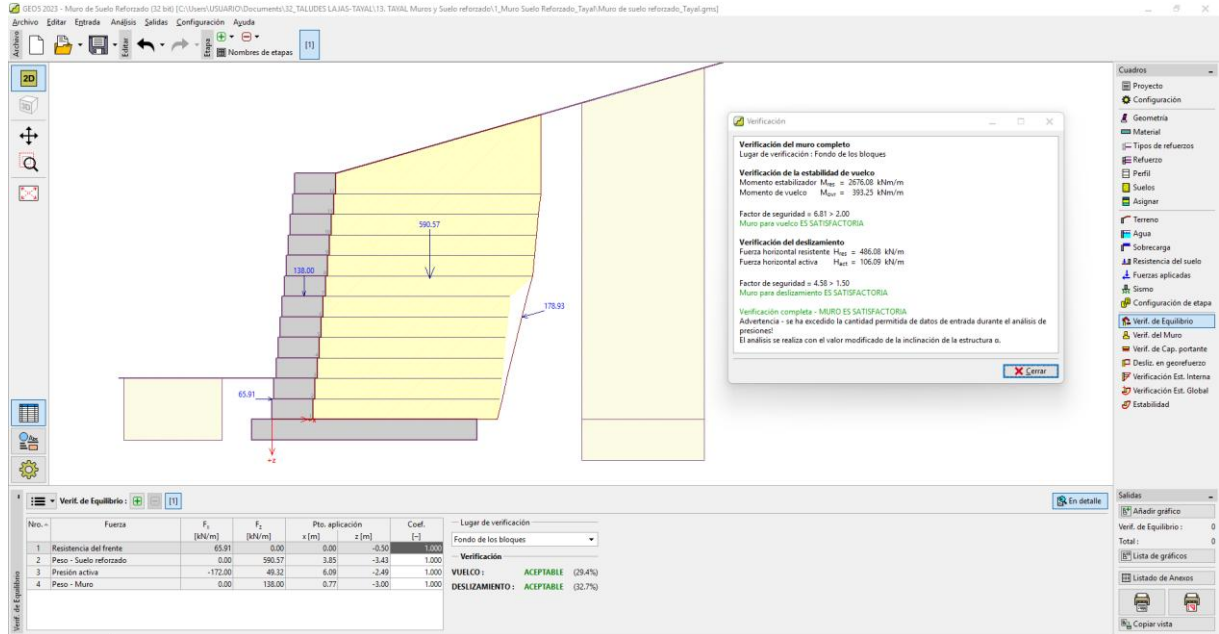


Figura 184

Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal

el Talud Tayal

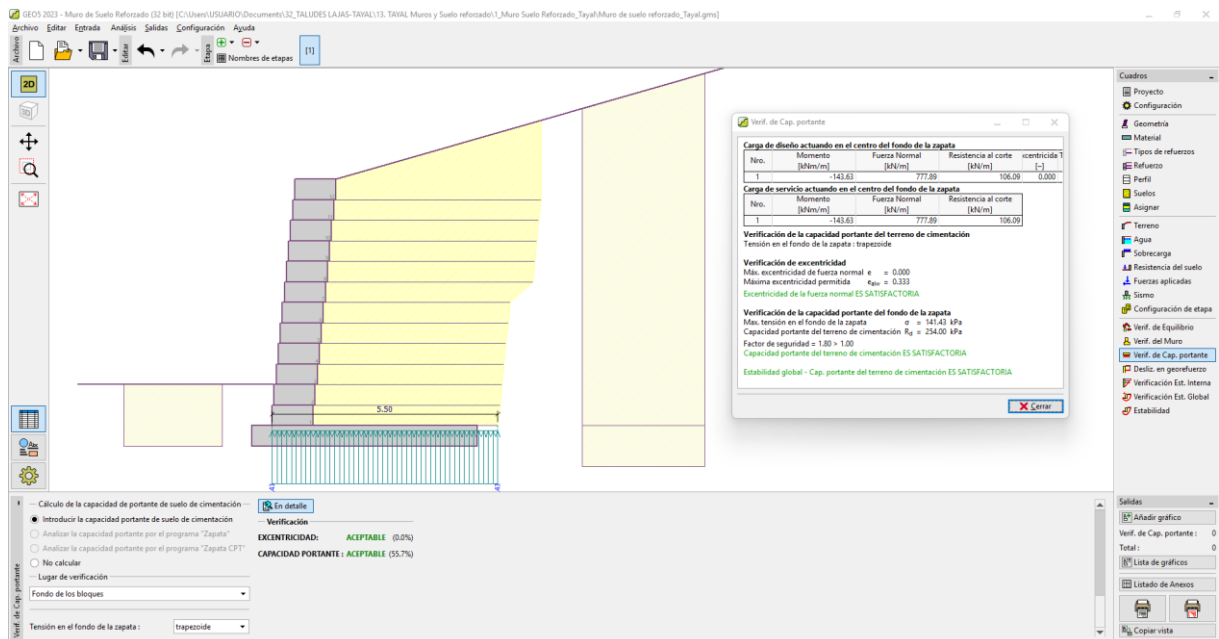


Figura 185

Verificación del Deslizamiento en el Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal

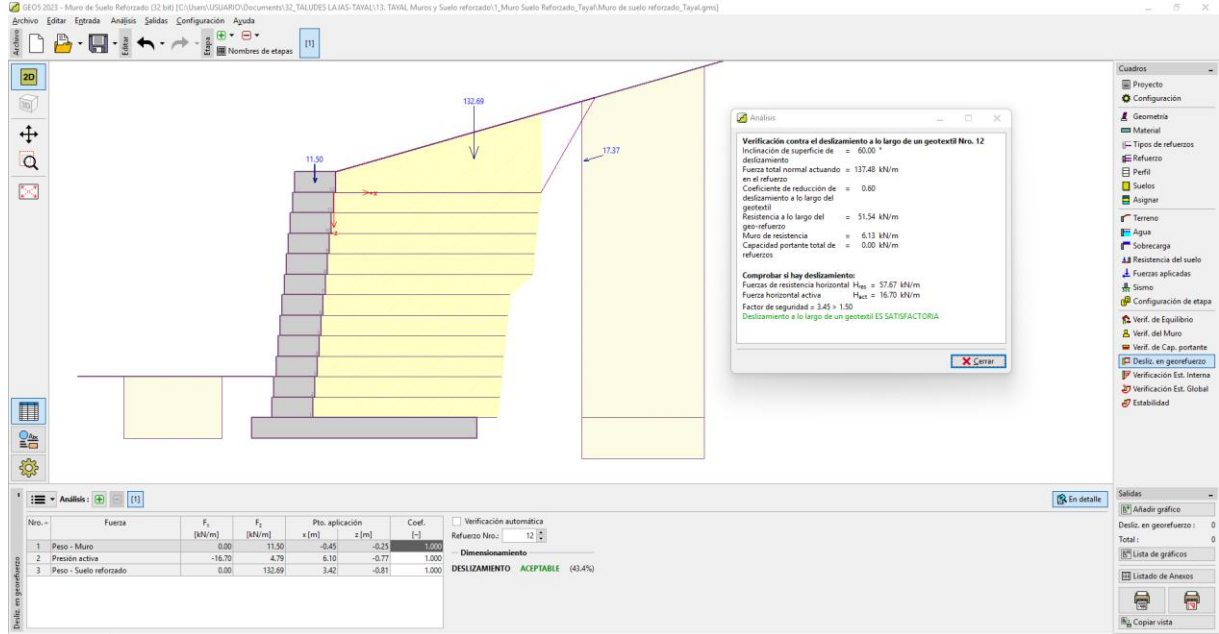


Figura 186

Verificación de la Estabilidad Interna del Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal

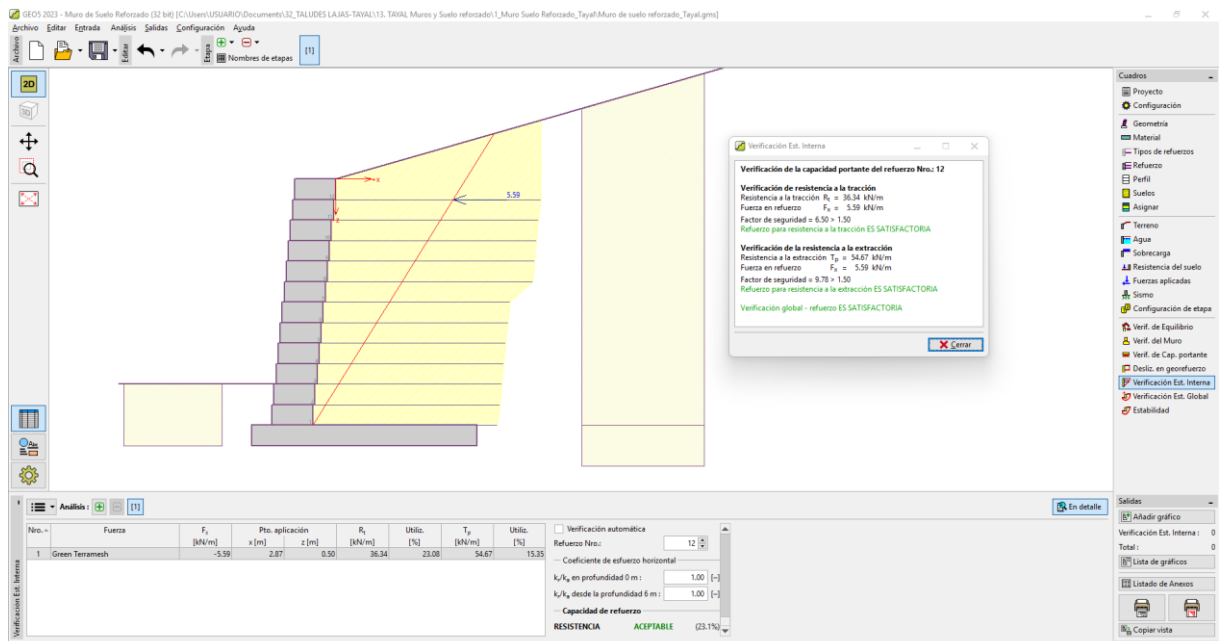


Figura 187

Verificación de la Estabilidad Global del Muro de Tierra Reforzada no Inclinado para el Talud Tayal

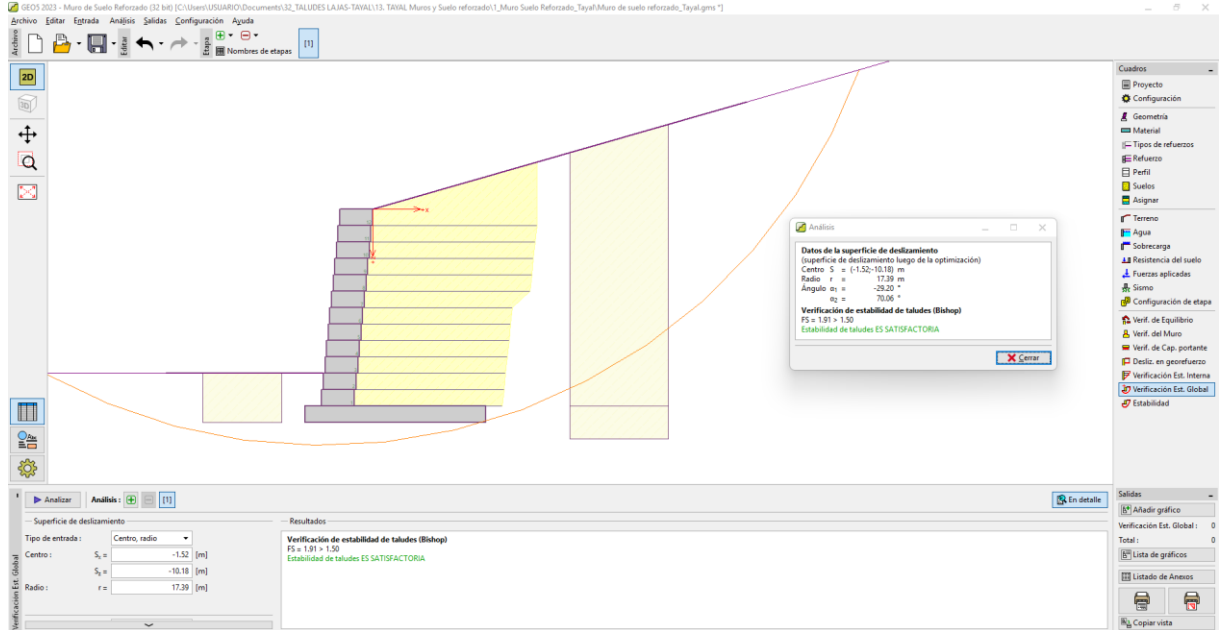


Figura 188

Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal

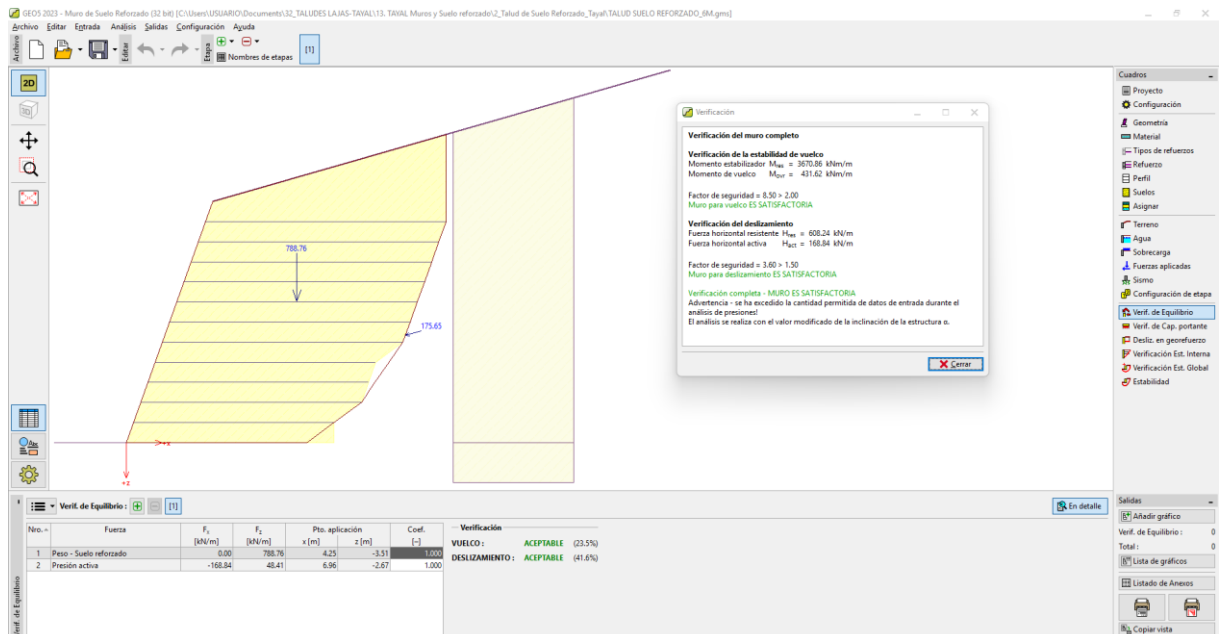


Figura 191

Verificación de la Estabilidad Interna del Geo Refuerzo del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal

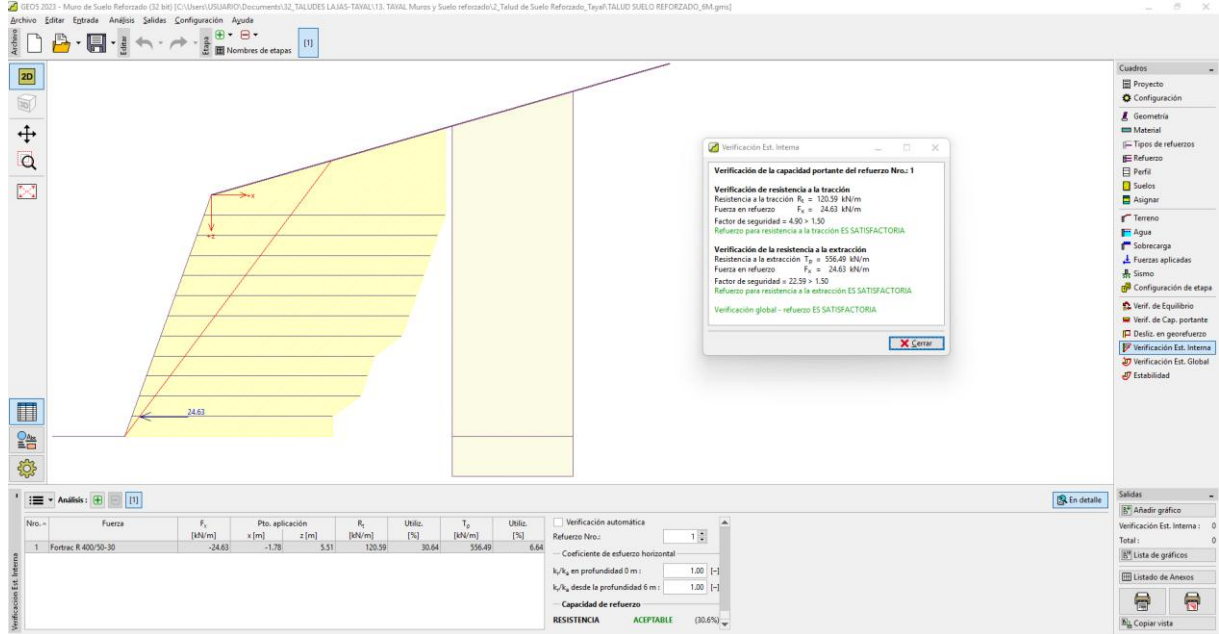
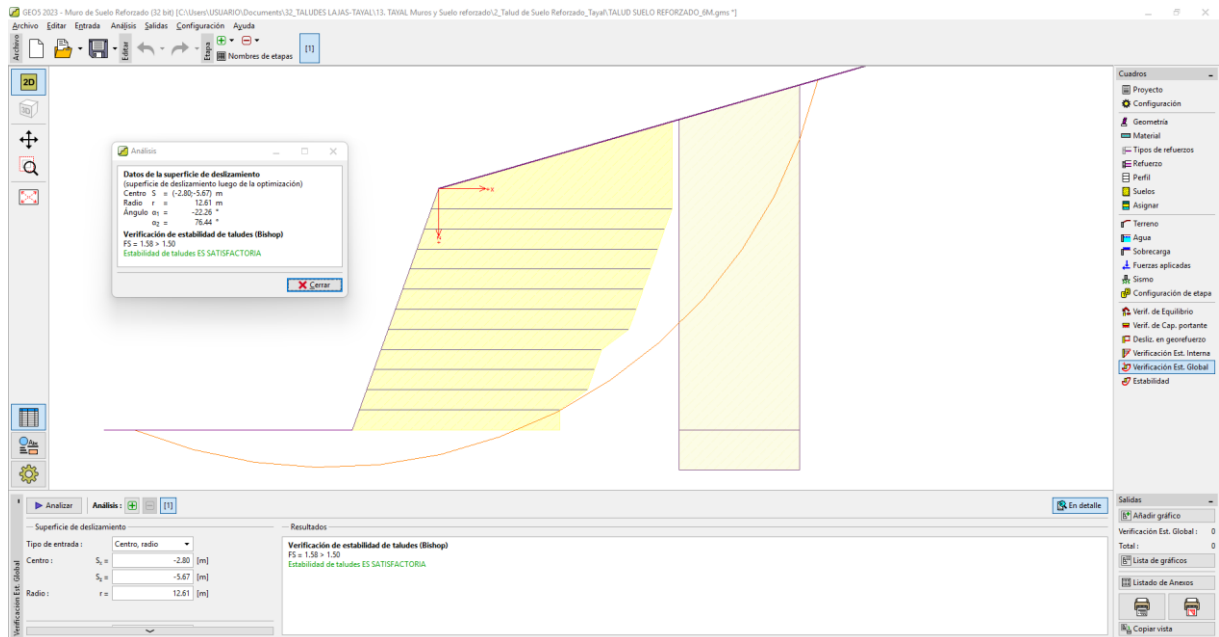


Figura 192

Verificación de la Estabilidad Global del Muro de Tierra Reforzada Inclinado para el Talud Tayal



c) Análisis de estabilización de taludes

Con el propósito de estabilizar el talud Tayal, se evaluaron dos variantes de muro con sistema Terramesh: uno sin inclinación (MSR) y otro inclinado a 70° (TSR). Ambos fueron sometidos a análisis de estabilidad en condiciones estáticas, dinámicas y con presencia de lluvias, a través de cinco métodos de equilibrio límite (Bishop, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price y Fellenius).

El muro de tierra reforzada sin inclinación mostró un comportamiento estable en todas las condiciones analizadas. Los factores de seguridad en condición estática según Bishop oscilaron entre 1.879 y 2.574, con un promedio de 2.230, superando el umbral normativo de 1.50. En condiciones sísmicas, los valores variaron entre 1.384 y 1.747 (promedio 1.571), también por encima del mínimo requerido (1.25). Para el escenario de lluvia, el promedio fue de 1.628, con un valor máximo de 1.908, lo que evidencia adecuada estabilidad frente a infiltración. En cuanto a la mejora del factor de seguridad respecto al talud natural, los aumentos más destacados se observaron en condición de lluvia, con mejoras de hasta 33.61% (sección 0+060). En condiciones estáticas, los incrementos oscilaron entre 6.72% y 16.27%, mientras que, en condiciones sísmicas, entre 2.37% y 11.43%. Estos resultados confirman que el muro vertical mejora de forma significativa la estabilidad del talud, particularmente en sectores vulnerables frente a precipitaciones.

El muro de tierra reforzada inclinado a 70° también presentó resultados favorables. En condición estática, los factores de seguridad oscilaron entre 1.683 y 2.518, con un promedio de 2.135 (Bishop). En condición sísmica, los valores estuvieron entre 1.270 y 1.704, y bajo infiltración por lluvia, entre 1.403 y 1.964, con un promedio general de 1.660. Respecto al porcentaje de mejora, este tipo de

muro mostró un desempeño ligeramente inferior al MSR. En condición estática, los aumentos estuvieron entre 3.42% y 7.79%; en condición dinámica, entre 2.16% y 4.02%; y en condición de lluvia, entre 11.81% y 31.61%, siendo la sección 0+060 la más beneficiada. Aunque los incrementos son más moderados, la solución inclinada sigue cumpliendo ampliamente con los requisitos normativos y ofrece una alternativa viable, especialmente cuando se desea una integración visual más favorable con el entorno natural.

Tanto el muro sin inclinación como el inclinado proporcionan una mejora sustancial en la estabilidad del talud Tayal frente a condiciones estáticas, sísmicas y pluviales. El muro sin inclinación (MSR) se destaca por alcanzar los mayores factores de seguridad y mejores porcentajes de mejora, especialmente en tramos críticos y en presencia de lluvias. El muro inclinado (TSR), si bien ofrece un desempeño ligeramente inferior, sigue siendo estructuralmente confiable y técnicamente aceptable.

Tabla 44

Factores de Seguridad del Talud Tayal con Reforzamiento por Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)

Secciones	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/Fellenius			Spencer		
	Factor de seguridad Condición														
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia
0+010	1.940	1.437	1.422	1.936	1.440	1.422	1.683	1.221	1.212	1.751	1.293	1.383	1.931	1.545	1.419
0+020	2.295	1.623	1.542	2.287	1.624	1.536	2.046	1.439	1.343	2.128	1.513	1.513	2.289	1.624	1.539
0+030	2.574	1.747	1.908	2.568	1.745	1.906	2.302	1.547	1.696	2.403	1.631	1.885	2.569	1.747	1.907
0+040	2.493	1.688	1.84	2.49	1.685	1.84	2.245	1.5	1.648	2.323	1.571	1.806	2.488	1.691	1.839
0+050	2.198	1.545	1.586	2.194	1.543	1.586	1.972	1.356	1.406	2.038	1.427	1.563	2.198	1.547	1.585
0+060	1.879	1.384	1.471	1.874	1.381	1.469	1.674	1.186	1.309	1.728	1.265	1.413	1.874	1.39	1.468
Promedio	2.230	1.571	1.628	2.225	1.570	1.627	1.987	1.375	1.436	2.062	1.450	1.594	2.225	1.591	1.626
Máximo	2.574	1.747	1.908	2.568	1.745	1.906	2.302	1.547	1.696	2.403	1.631	1.885	2.569	1.747	1.907
Mínimo	1.879	1.384	1.422	1.874	1.381	1.422	1.674	1.186	1.212	1.728	1.265	1.383	1.874	1.390	1.419

Tabla 45

Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud Tayal con Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)

Secciones	Estático			Dinámico			Lluvia		
	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora
	Talud natural	Talud con muro		Talud natural	Talud con muro		Talud natural	Talud con muro	
0+010	1.783	1.940	8.81%	1.344	1.437	6.92%	1.206	1.422	17.91%
0+020	2.079	2.295	10.39%	1.493	1.623	8.71%	1.405	1.542	9.75%
0+030	2.319	2.574	11.00%	1.616	1.747	8.11%	1.587	1.908	20.23%
0+040	2.336	2.493	6.72%	1.649	1.688	2.37%	1.643	1.84	11.99%
0+050	2.018	2.198	8.92%	1.439	1.545	7.37%	1.346	1.586	17.83%
0+060	1.616	1.879	16.27%	1.242	1.384	11.43%	1.101	1.471	33.61%

Tabla 46

Factores de Seguridad del Talud Tayal con Reforzamiento por Muro de Tierra Reforzada Inclinado (TSR)

Secciones	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/Fellenius			Spencer		
	Factor de seguridad Condición														
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia
0+010	1.865	1.373	1.403	1.875	1.390	1.401	1.667	1.213	1.403	1.732	1.280	1.375	1.880	1.401	1.403
0+020	2.15	1.526	1.737	2.165	1.541	1.748	2.054	1.452	1.649	2.096	1.49	1.776	2.169	1.554	1.762
0+030	2.473	1.681	1.964	2.483	1.696	1.977	2.353	1.572	1.779	2.401	1.639	1.965	2.492	1.715	1.982
0+040	2.518	1.704	1.837	2.514	1.704	1.835	2.242	1.489	1.835	2.334	1.576	1.8	2.518	1.707	1.836
0+050	2.121	1.496	1.571	1.235	1.521	1.573	1.962	1.348	1.395	2.029	1.415	1.554	2.148	1.53	1.575
0+060	1.683	1.27	1.449	1.704	1.288	1.471	1.602	1.174	1.35	1.642	1.228	1.562	1.71	1.306	1.482
Promedio	2.135	1.508	1.660	1.996	1.523	1.668	1.980	1.375	1.569	2.039	1.438	1.672	2.153	1.536	1.673
Máximo	2.518	1.704	1.964	2.514	1.704	1.977	2.353	1.572	1.835	2.401	1.639	1.965	2.518	1.715	1.982
Mínimo	1.683	1.270	1.403	1.235	1.288	1.401	1.602	1.174	1.350	1.642	1.228	1.375	1.710	1.306	1.403

Tabla 47

Porcentaje de Mejora del Factor de Seguridad por el Método de Bishop Simplificado para el Talud Tayal con Muro de Tierra Reforzada

Inclinado (TSR)

Secciones	Estático			Dinámico			Lluvia		
	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora	Factores de seguridad		Porcentaje de mejora
	Talud natural	Talud con muro		Talud natural	Talud con muro		Talud natural	Talud con muro	
0+010	1.783	1.865	4.60%	1.344	1.373	2.16%	1.206	1.403	16.33%
0+020	2.079	2.150	3.42%	1.493	1.526	2.21%	1.405	1.737	23.63%
0+030	2.319	2.473	6.64%	1.616	1.681	4.02%	1.587	1.964	23.76%
0+040	2.336	2.518	7.79%	1.649	1.704	3.34%	1.643	1.837	11.81%
0+050	2.018	2.121	5.10%	1.439	1.496	3.96%	1.346	1.571	16.72%
0+060	1.616	1.683	4.15%	1.242	1.27	2.25%	1.101	1.449	31.61%

MURO SUELO REFORZADO SIN INCLINACIÓN (MSR)

Figura 193

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+010, Muro de Suelo Reforzado

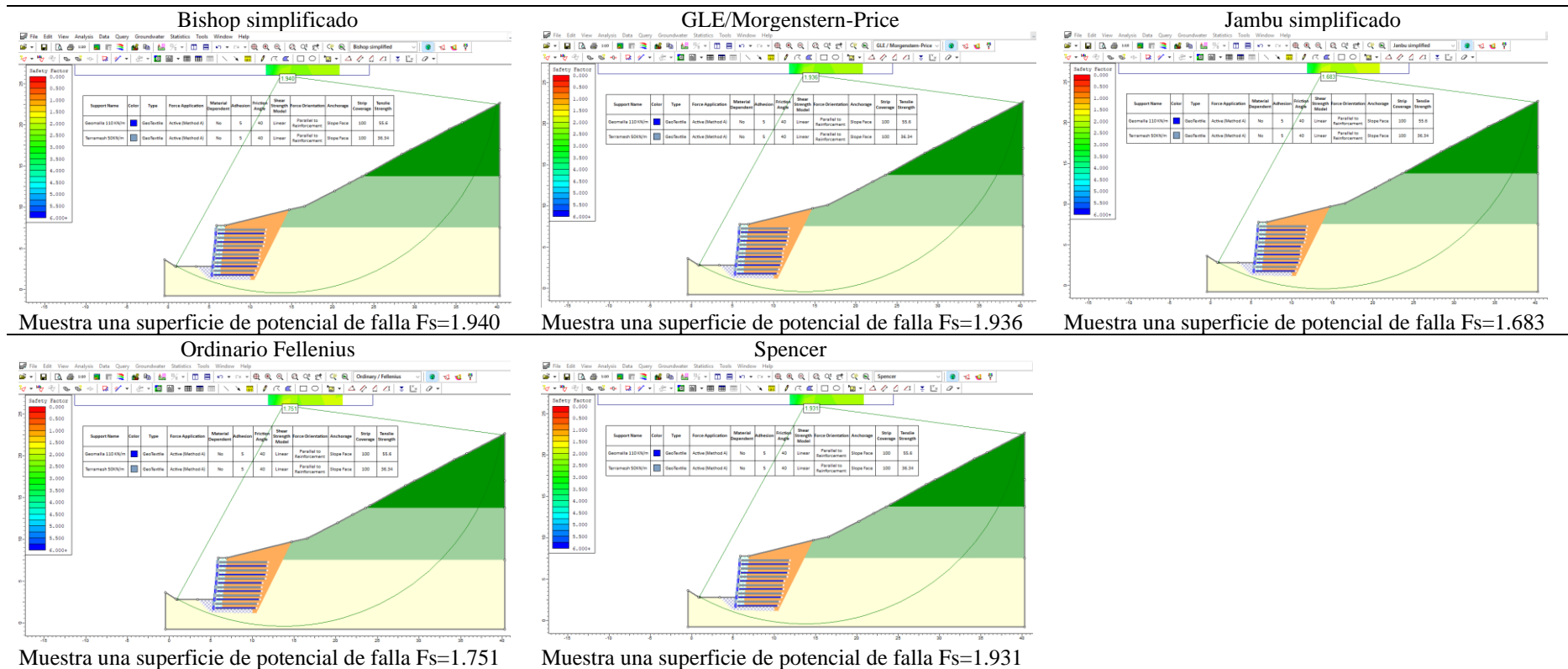
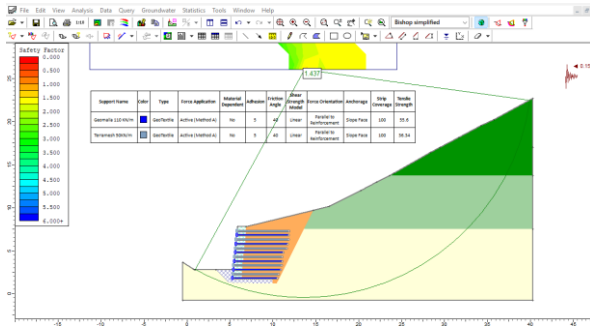


Figura 194

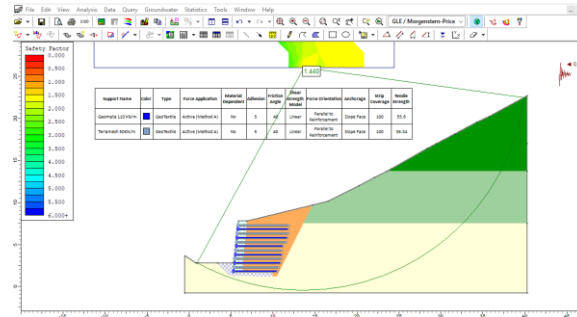
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+010, Muro de Suelo Reforzado

Bishop simplificado



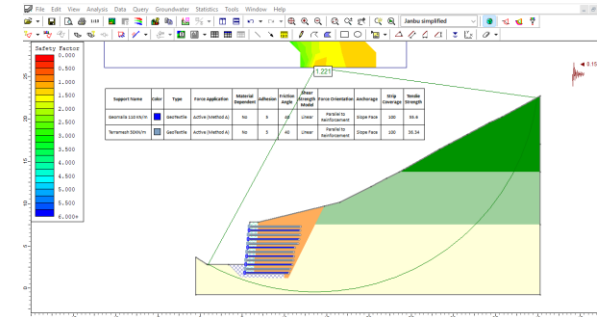
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.437$

GLE/Morgenstern-Price



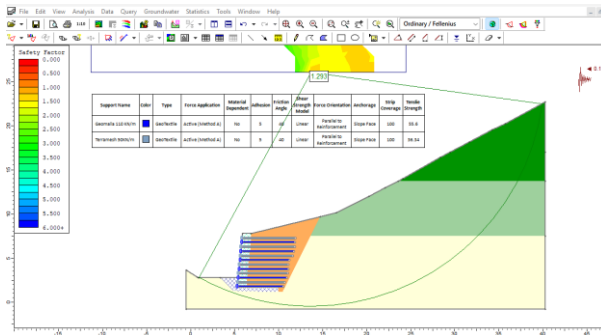
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.440$

Jambu simplificado



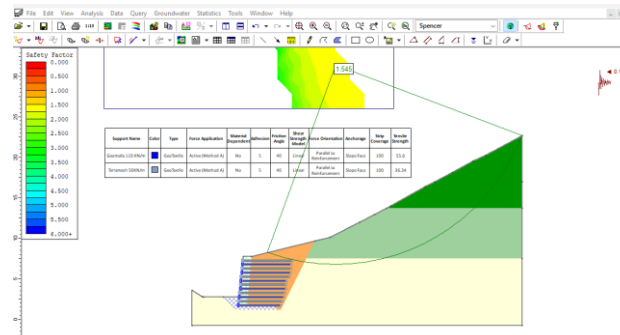
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.221$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.293$

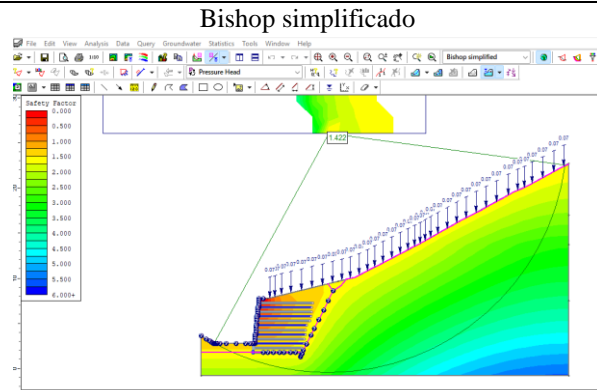
Spencer



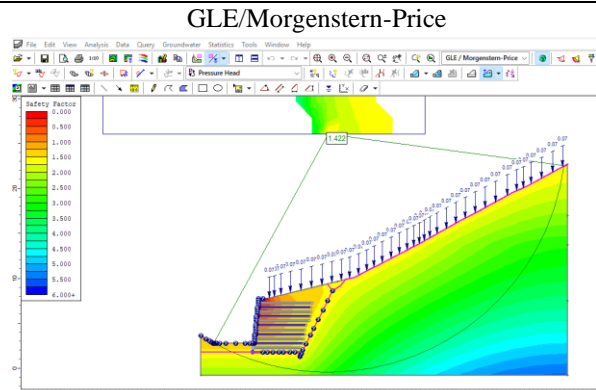
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.545$

Figura 195

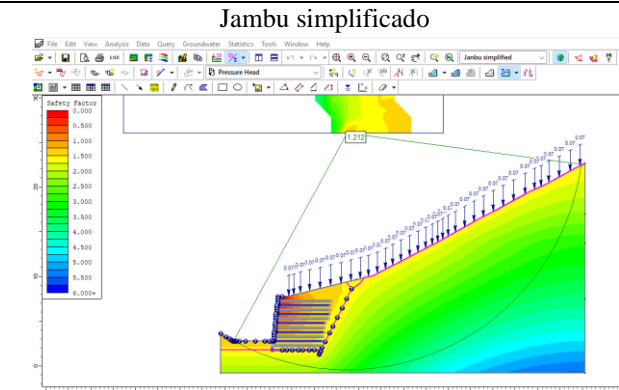
Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+010, Muro de Suelo Reforzado



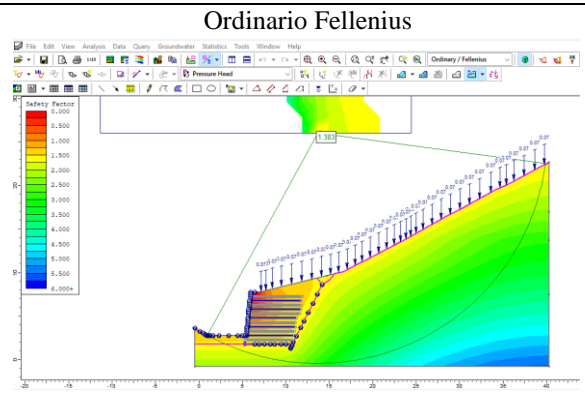
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.422$



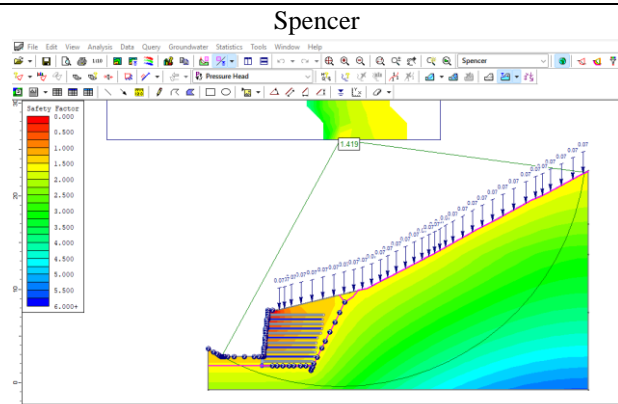
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.422$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.212$



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.383$

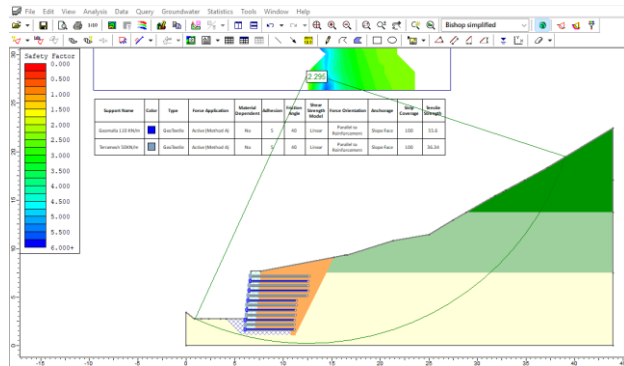


Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.419$

Figura 196

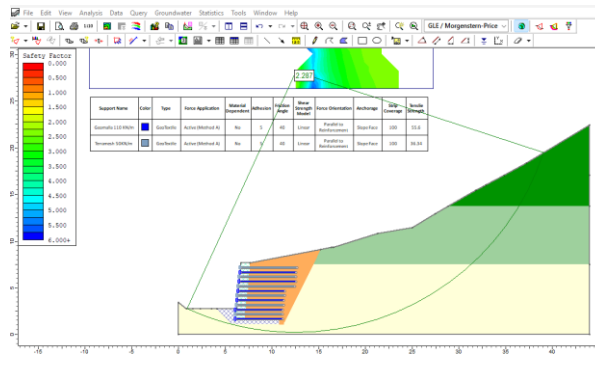
Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+020, Muro de Suelo Reforzado

Bishop simplificado



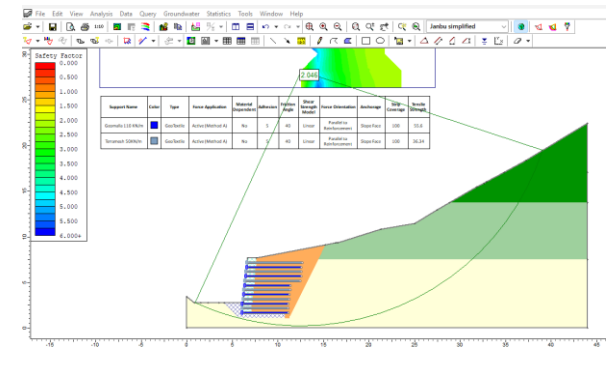
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.295$

GLE/Morgenstern-Price



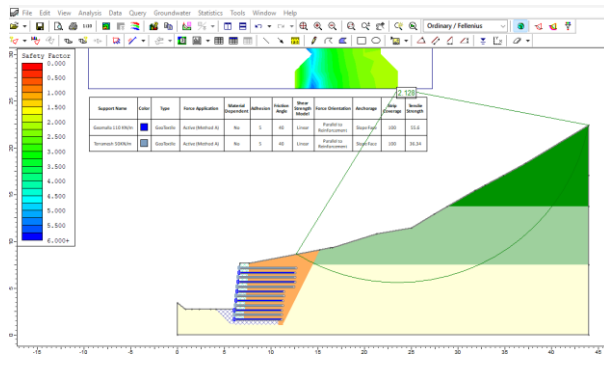
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.287$

Jambu simplificado



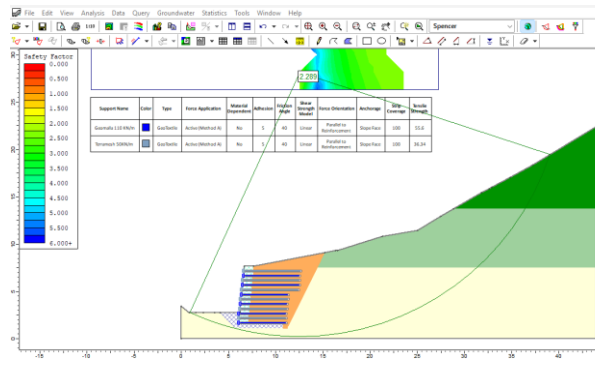
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.046$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.128$

Spencer

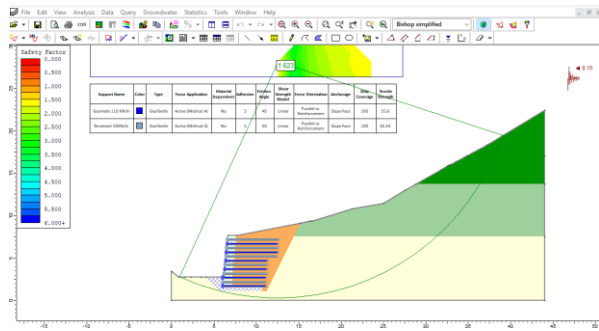


Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.289$

Figura 197

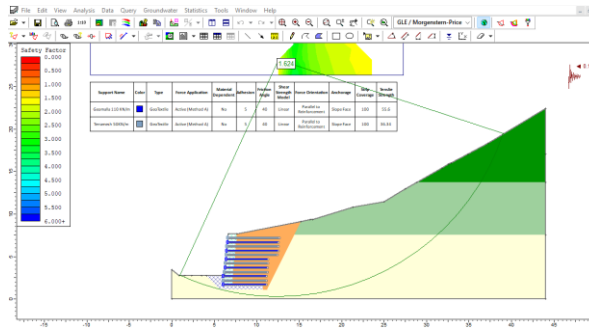
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+020, Muro de Suelo Reforzado

Bishop simplificado



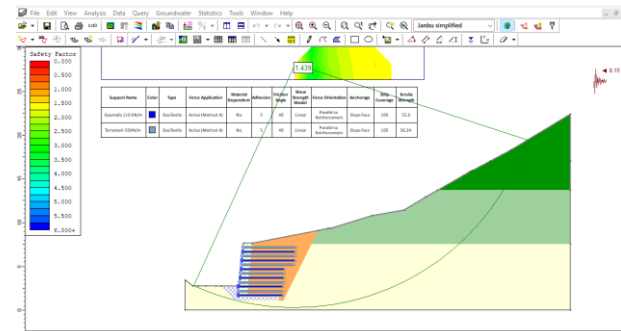
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.623$

GLE/Morgenstern-Price



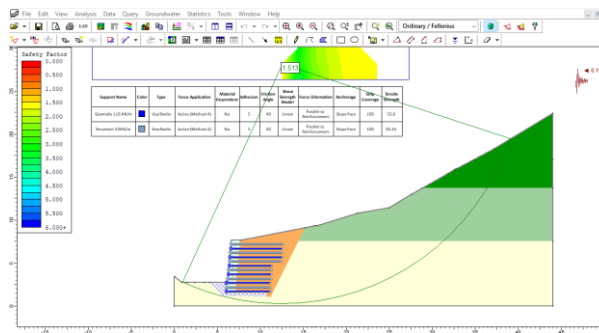
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.624$

Jambu simplificado



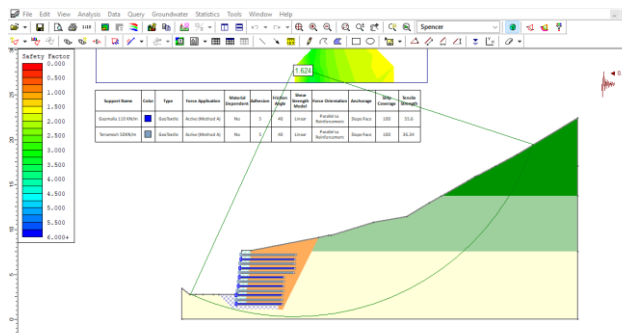
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.439$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.513$

Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.624$

Figura 198

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+020, Muro de Suelo Reforzado

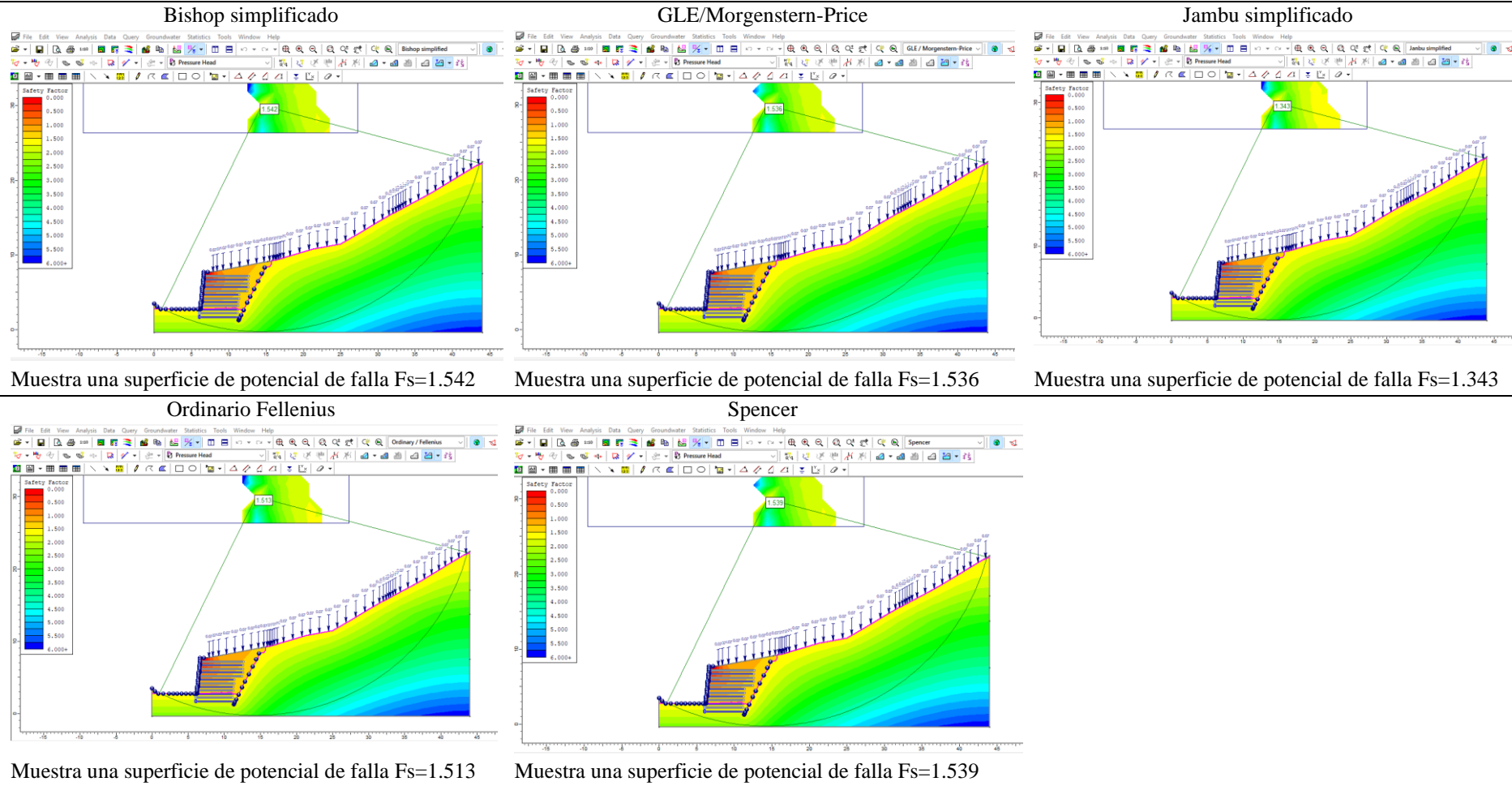
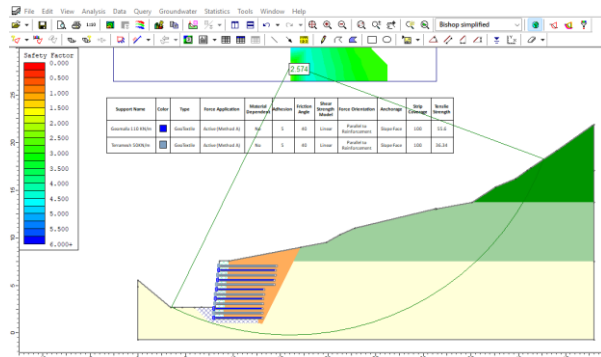


Figura 199

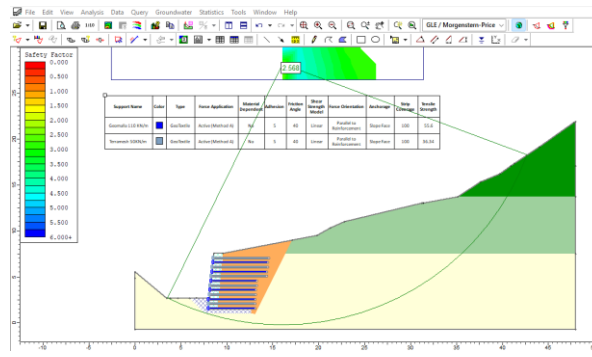
Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+030, Muro de Suelo Reforzado

Bishop simplificado



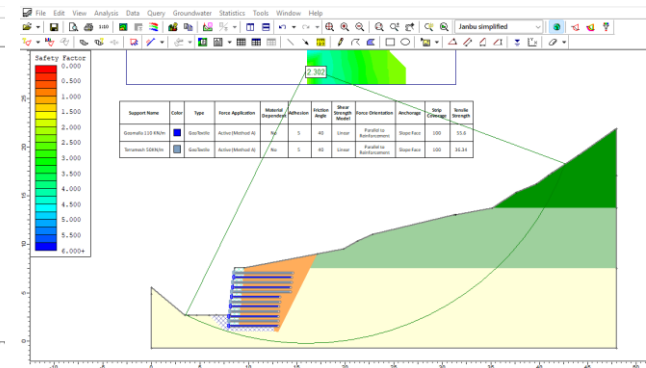
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.574$

GLE/Morgenstern-Price



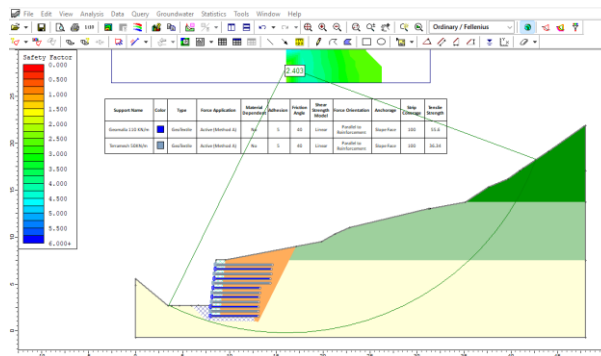
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.568$

Jambu simplificado



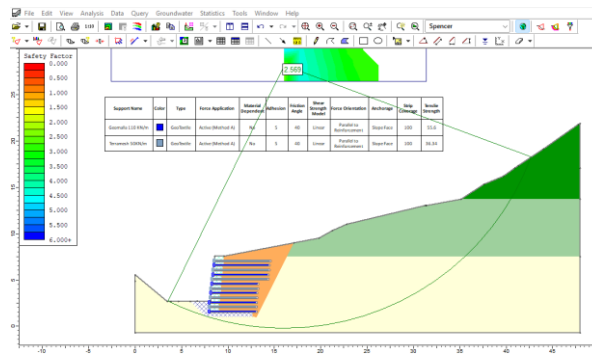
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.302$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.403$

Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.569$

Figura 200

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+030, Muro de Suelo Reforzado

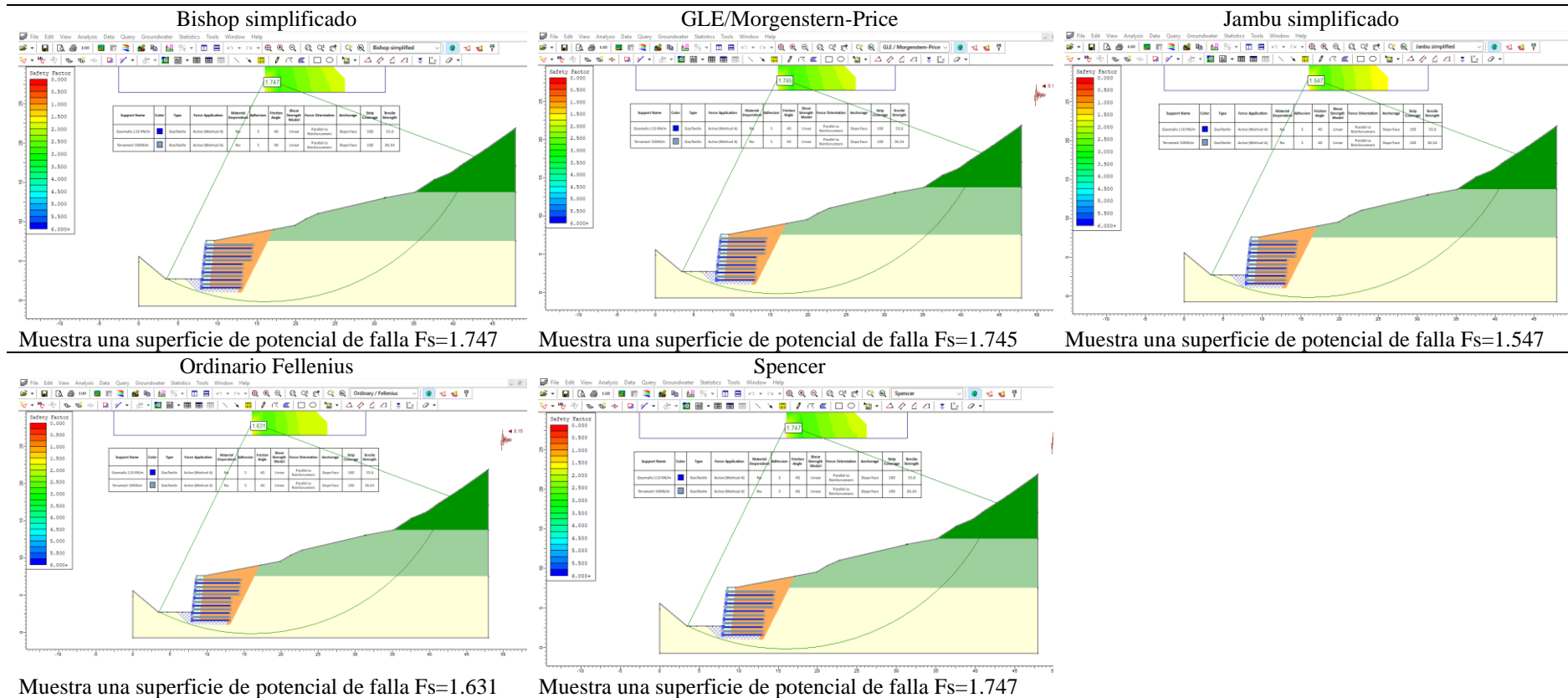


Figura 201

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+030, Muro de Suelo Reforzado

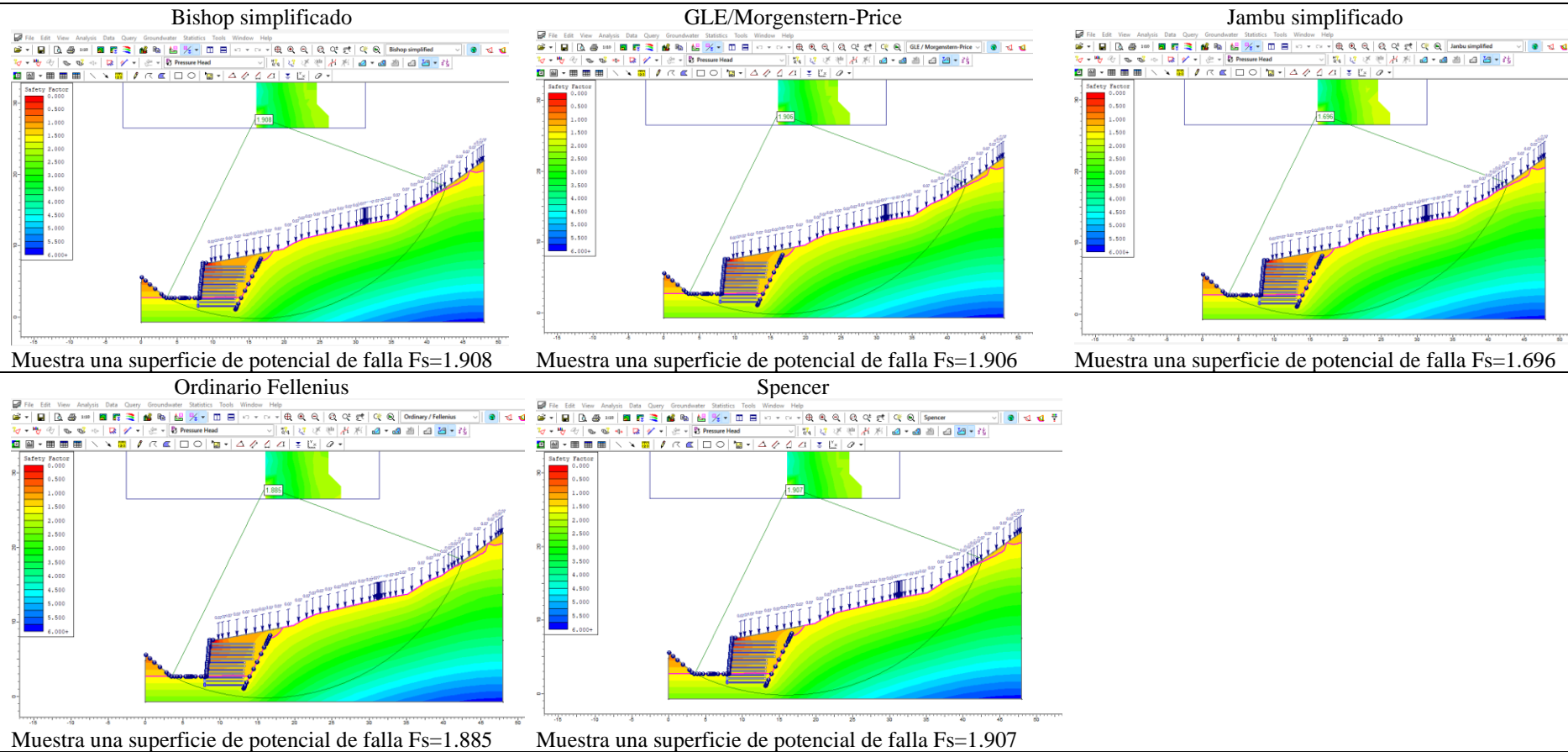
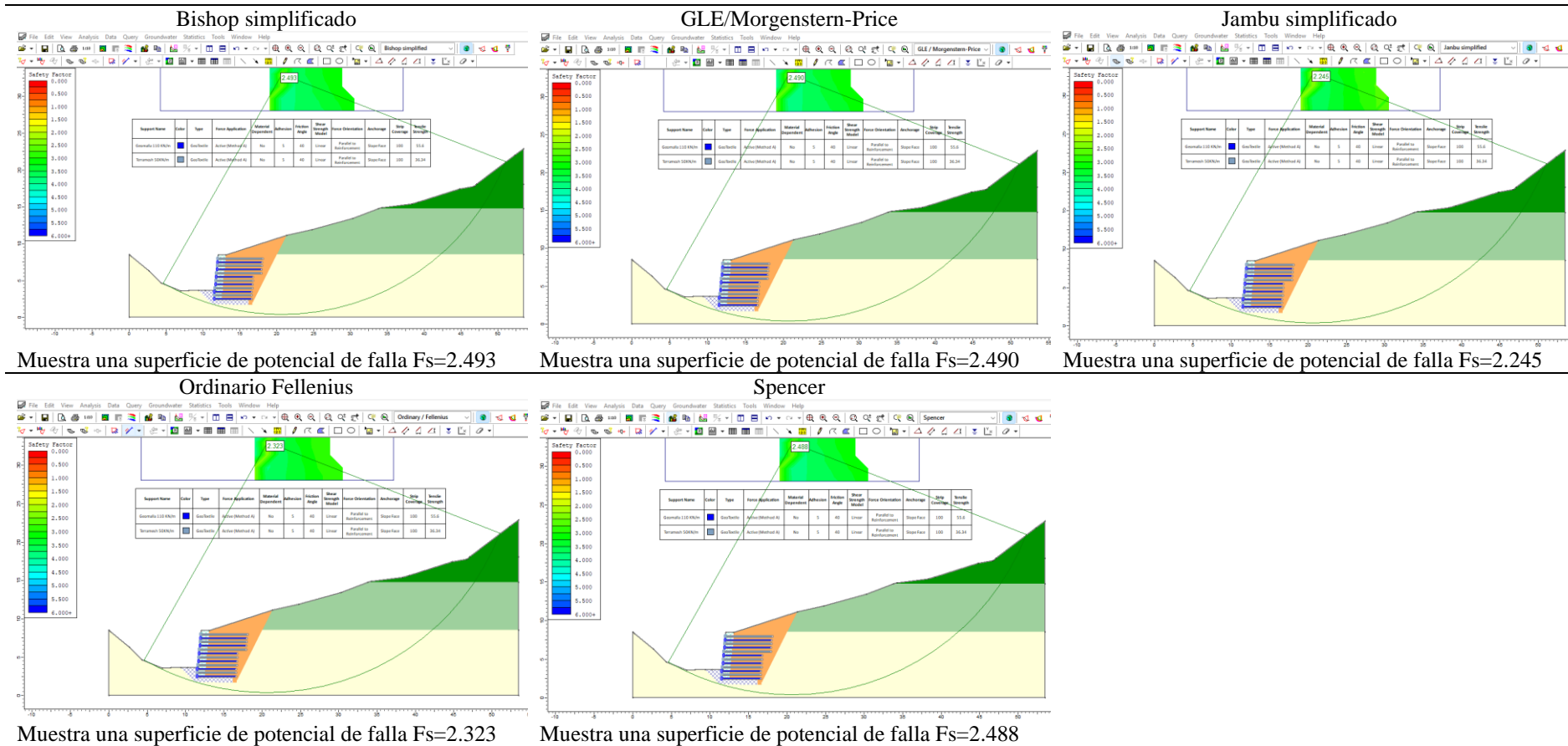


Figura 202

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+040, Muro de Suelo Reforzado



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.493$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.490$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.245$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.323$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.488$

Figura 203

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+040, Muro de Suelo Reforzado

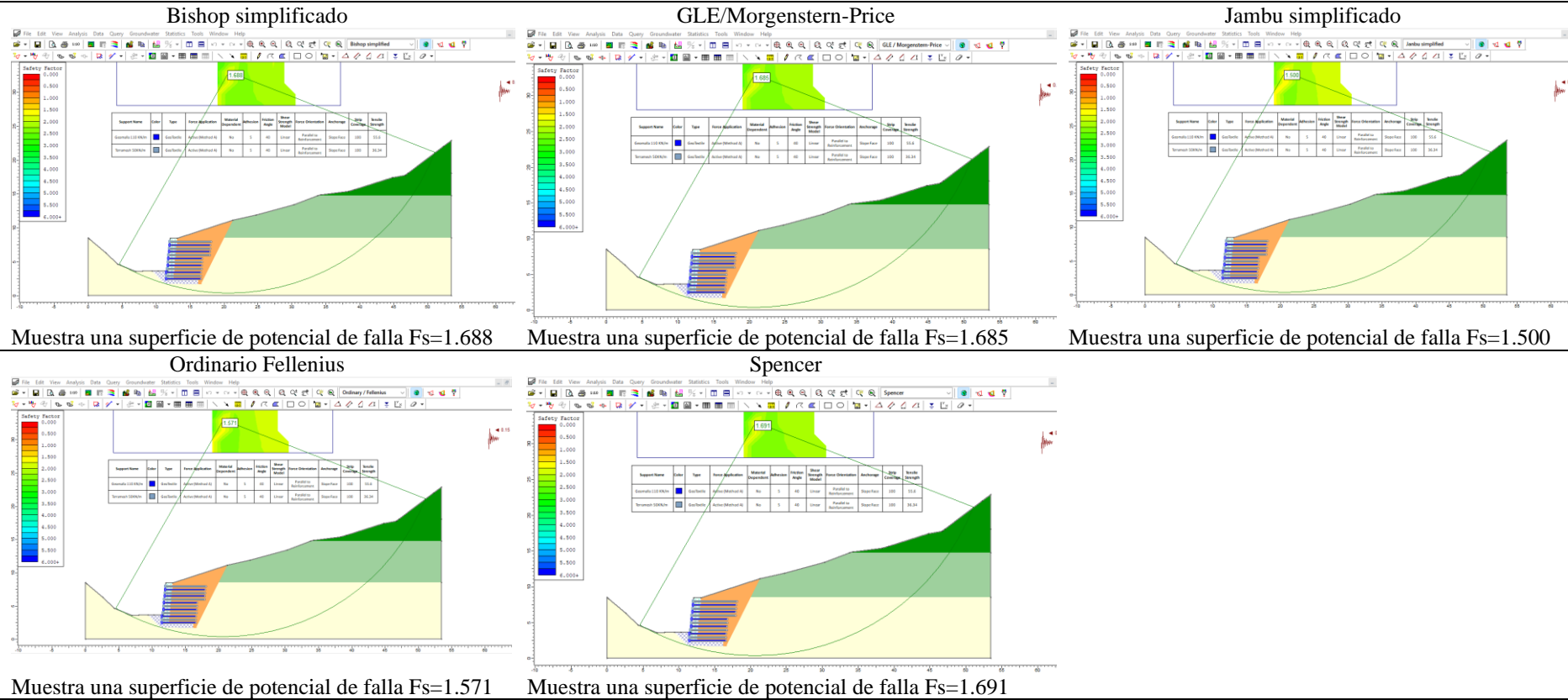


Figura 204

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+040, Muro de Suelo Reforzado

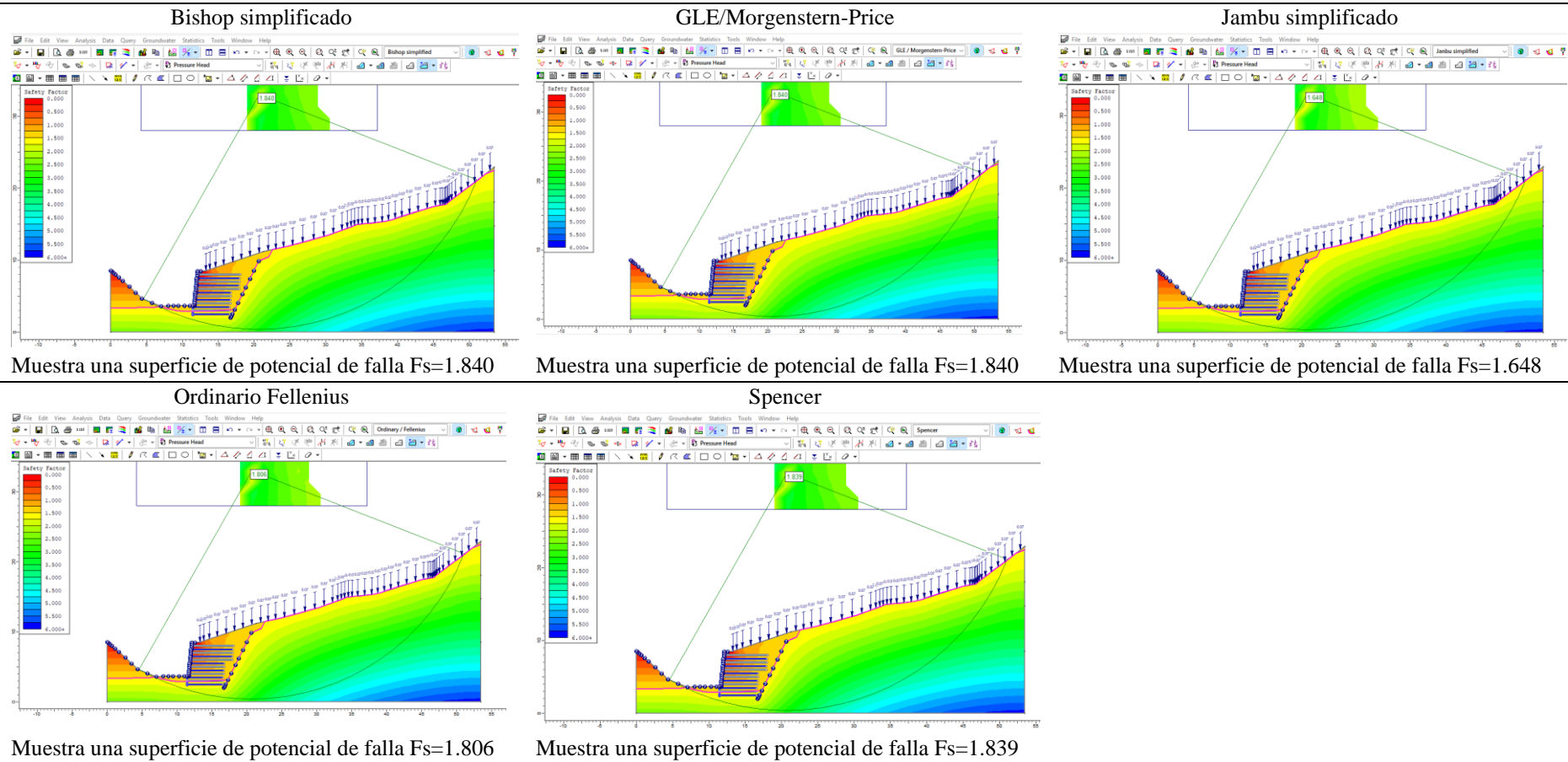
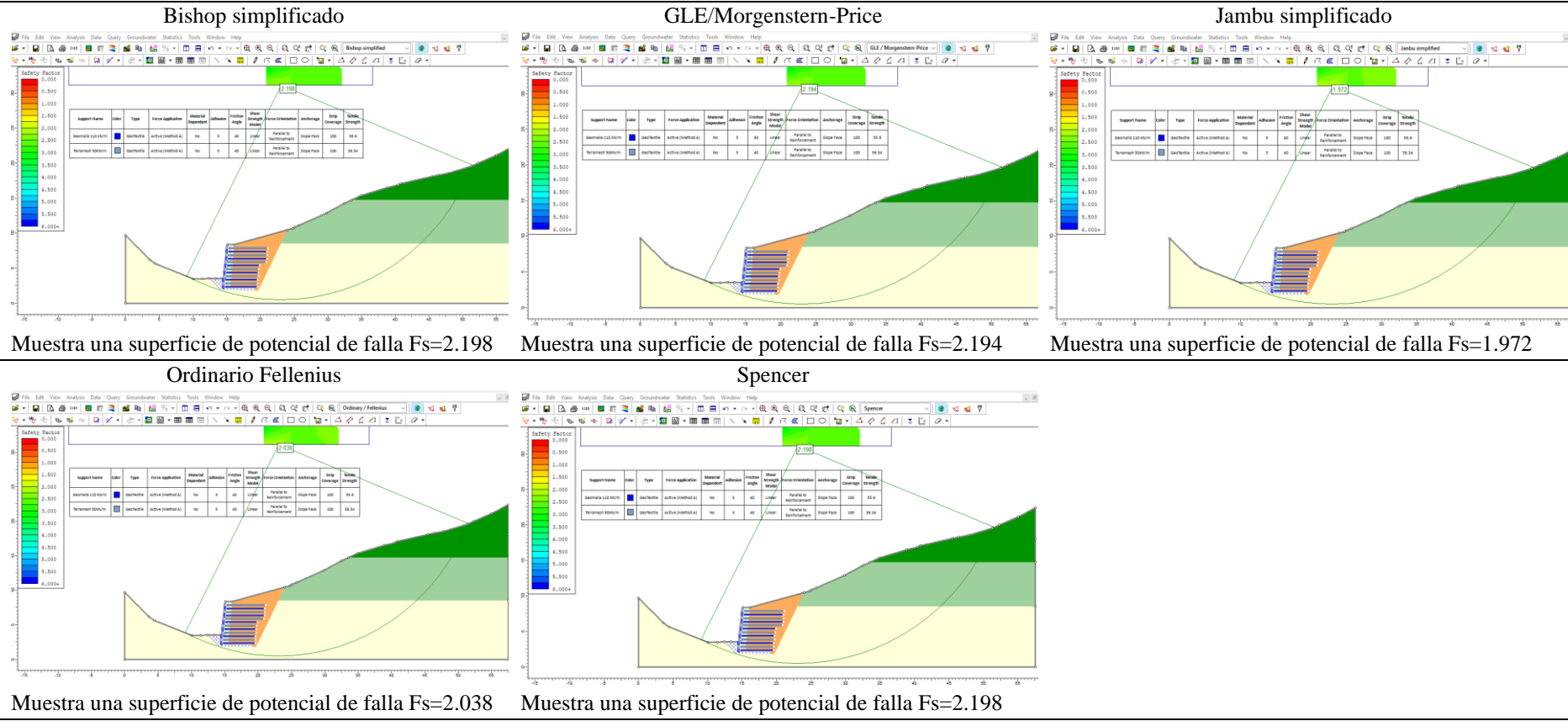


Figura 205

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+050, Muro de Suelo Reforzado



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.198$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.194$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.972$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.038$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=2.198$

Figura 206

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+050, Muro de Suelo Reforzado

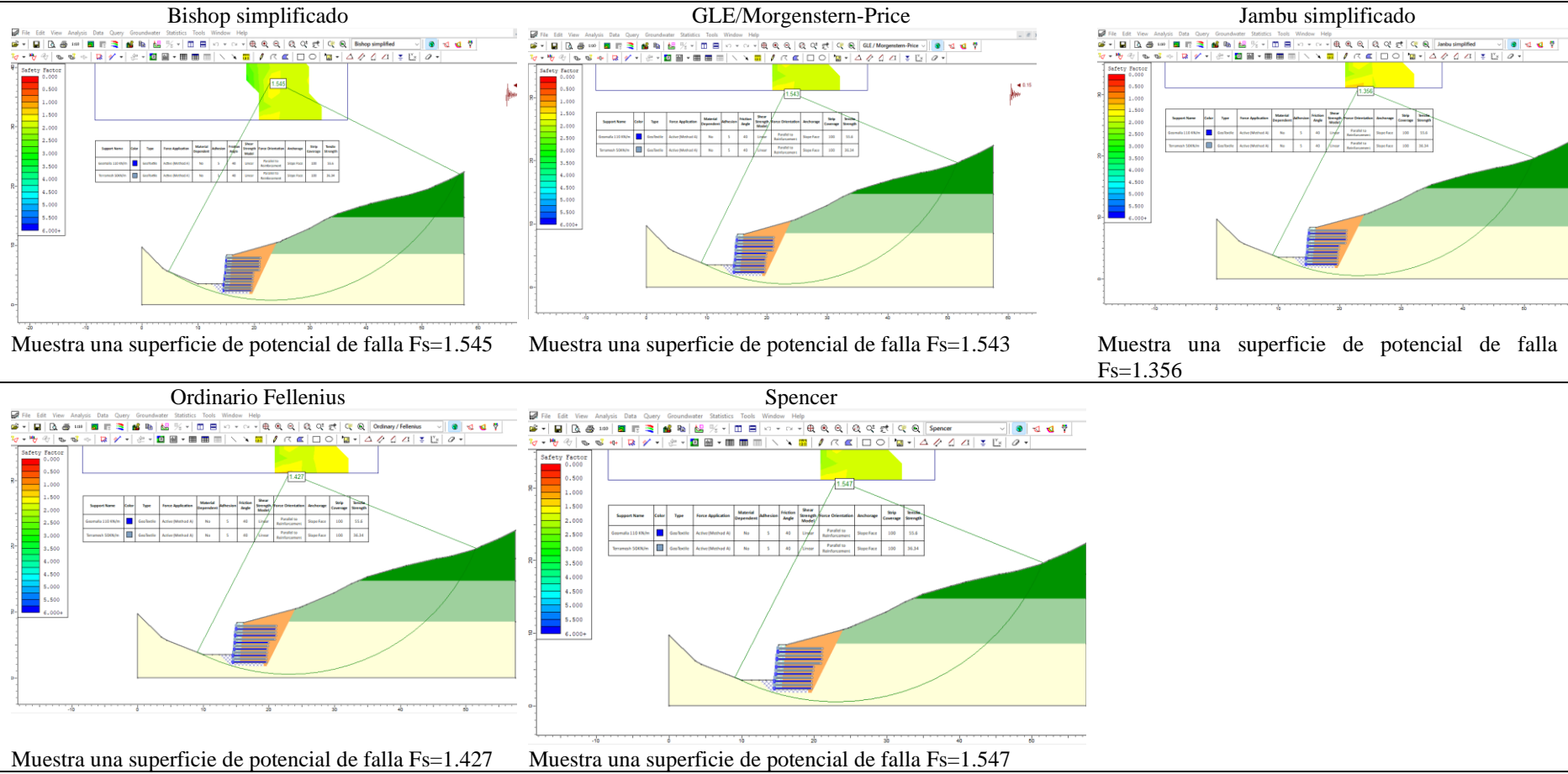


Figura 207

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+050, Muro de Suelo Reforzado

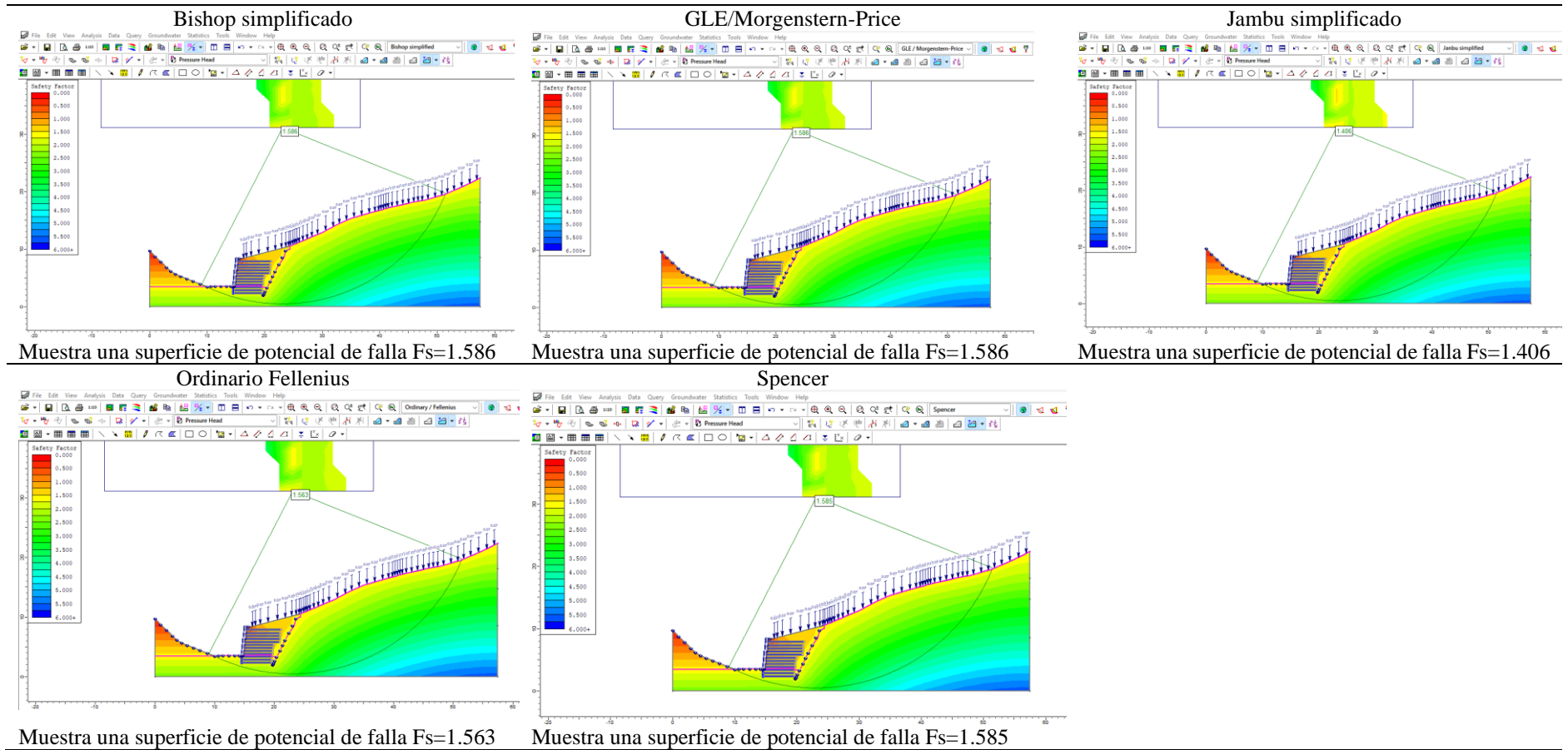


Figura 208

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+060, Muro de Suelo Reforzado

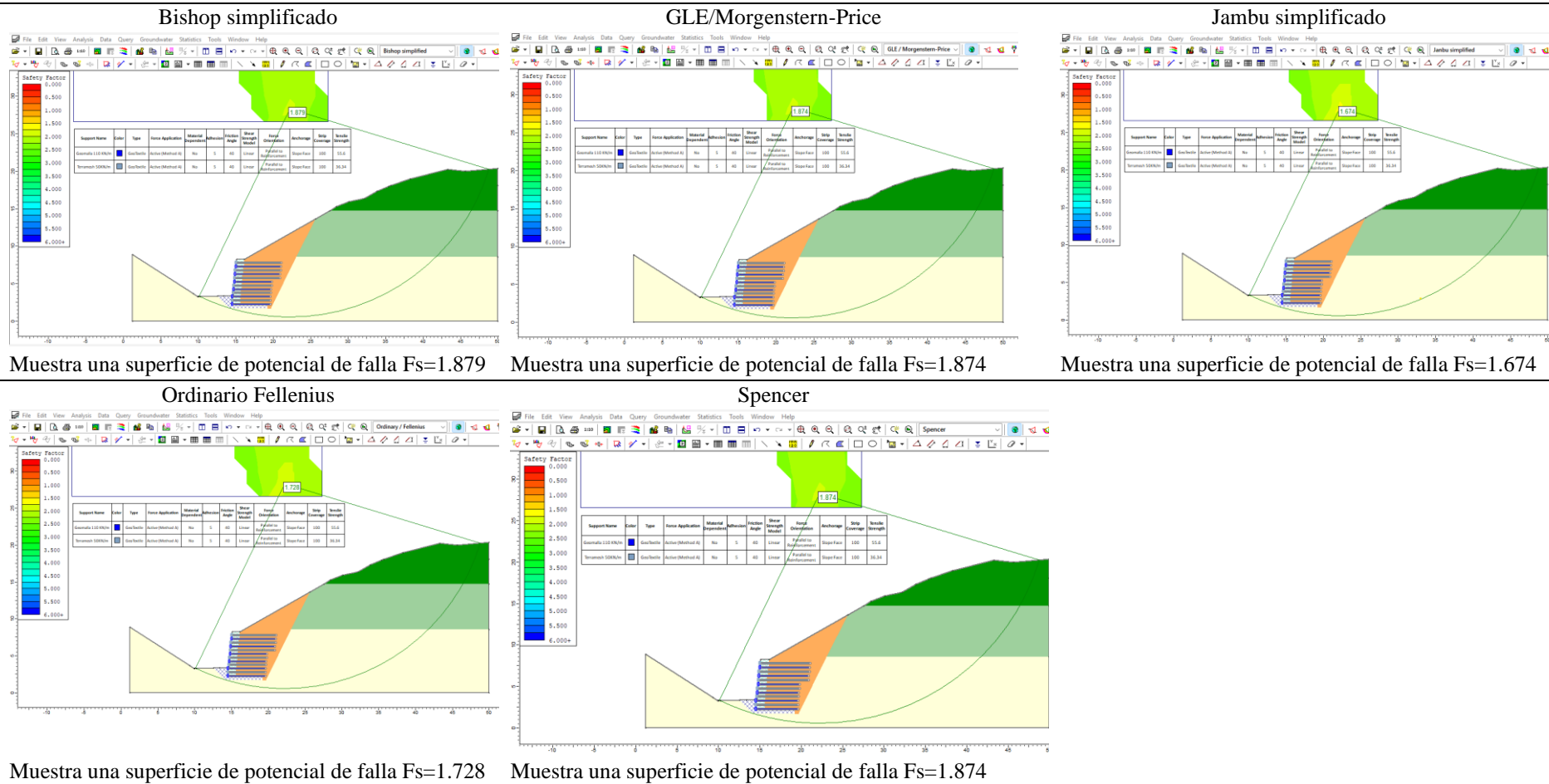
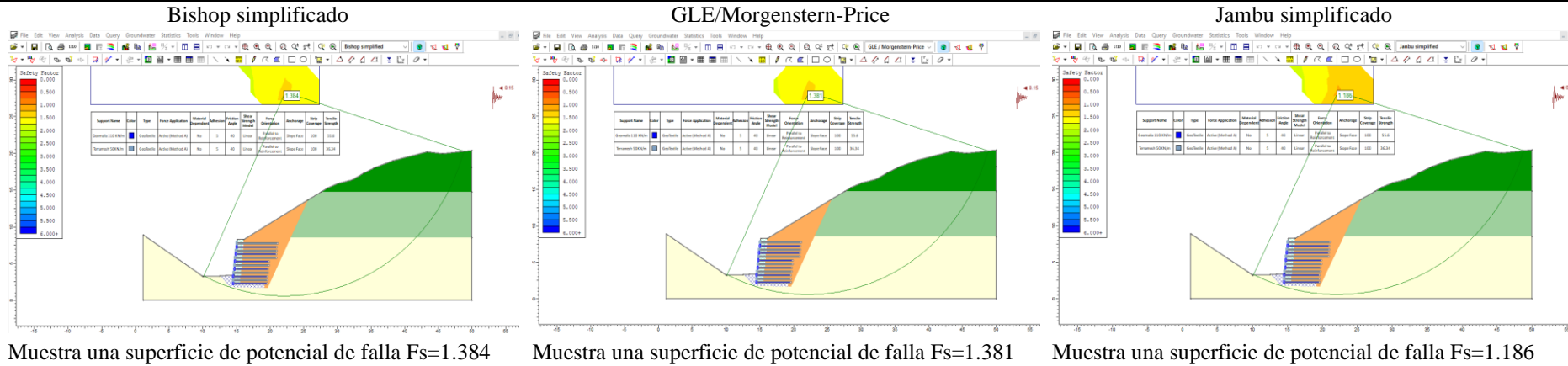


Figura 209

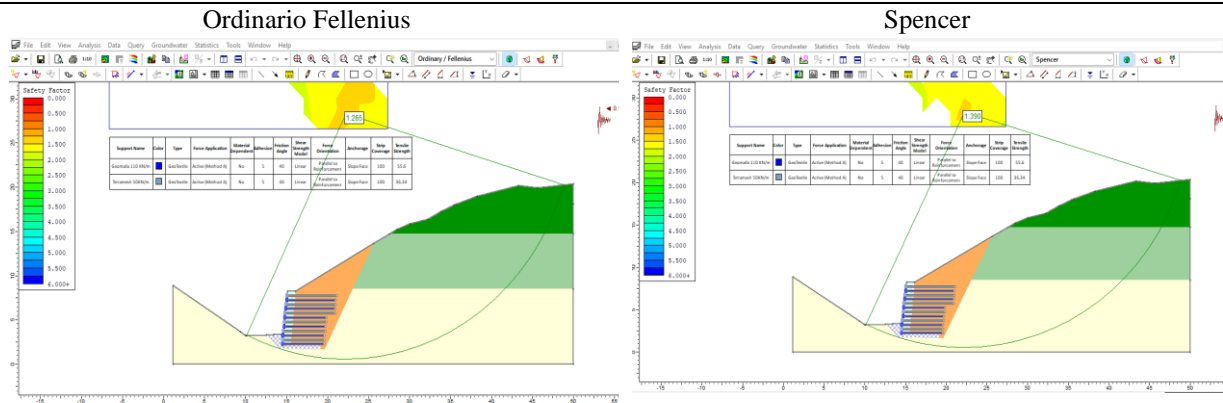
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+060, Muro de Suelo Reforzado



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.384$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.381$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.186$

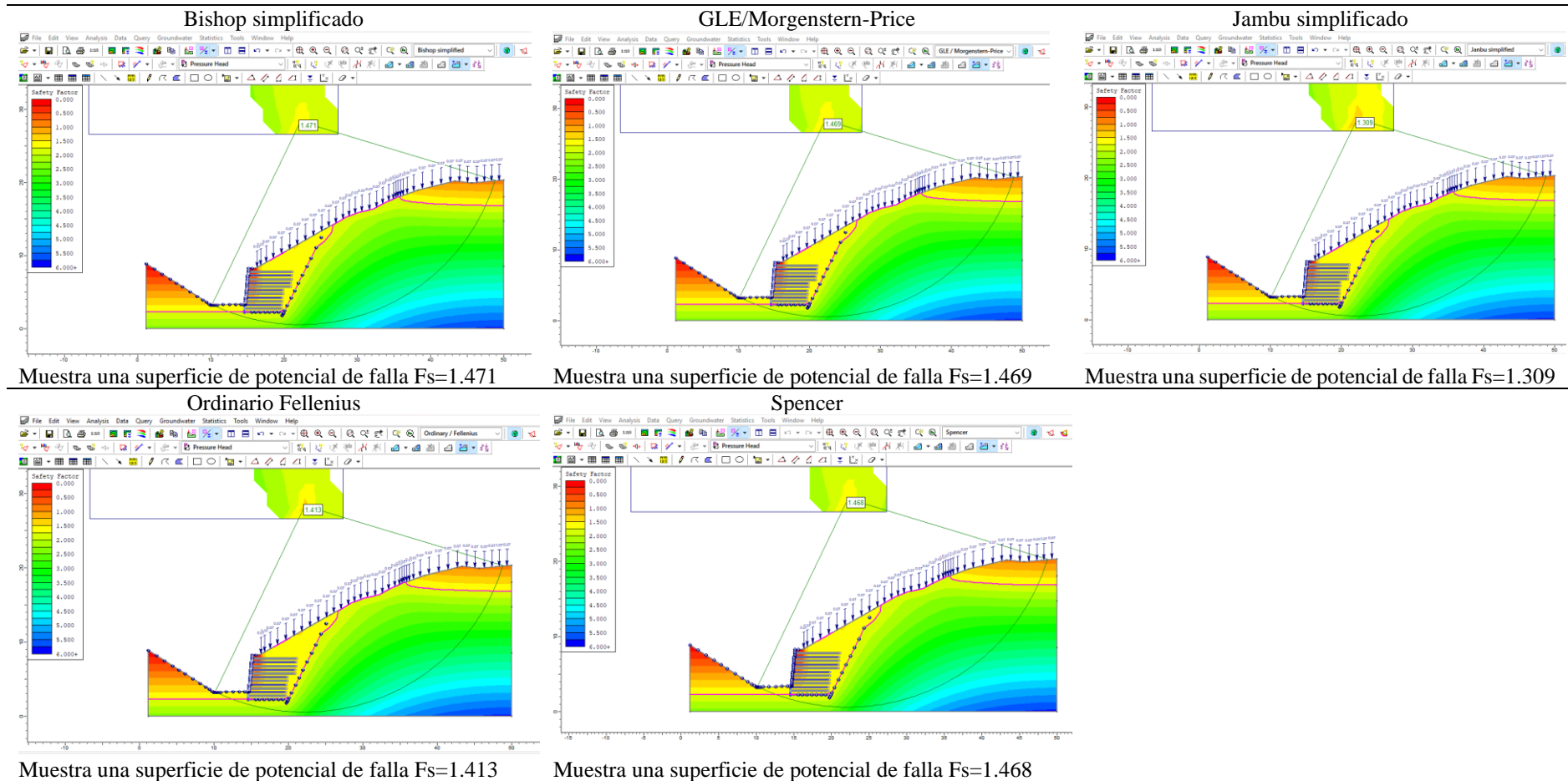


Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.265$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.390$

Figura 210

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+060, Muro de Suelo Reforzado



MURO SUELO REFORZADO CON INCLINACIÓN (TSR)

Figura 211

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+010, Talud de Suelo Reforzado

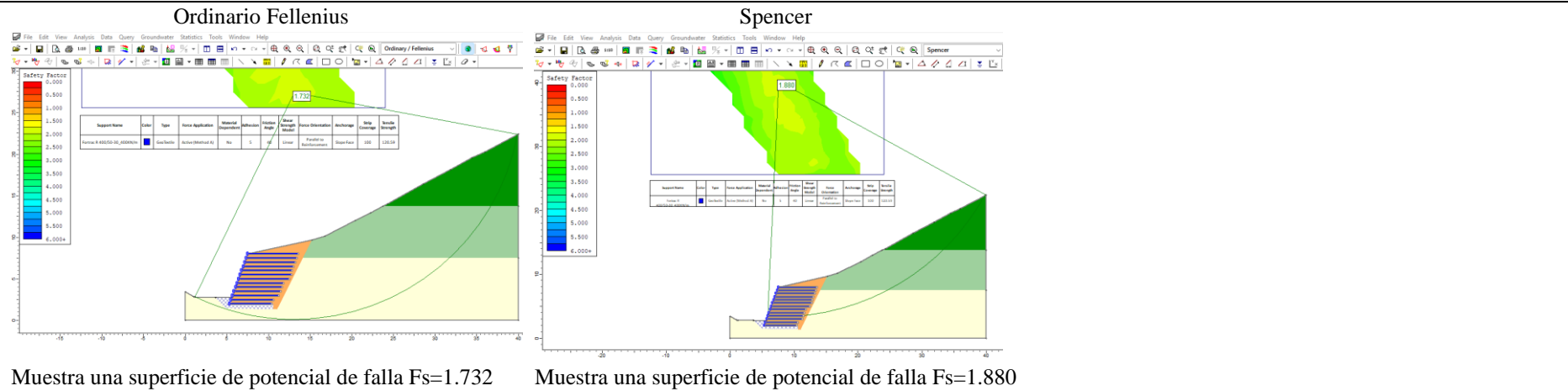
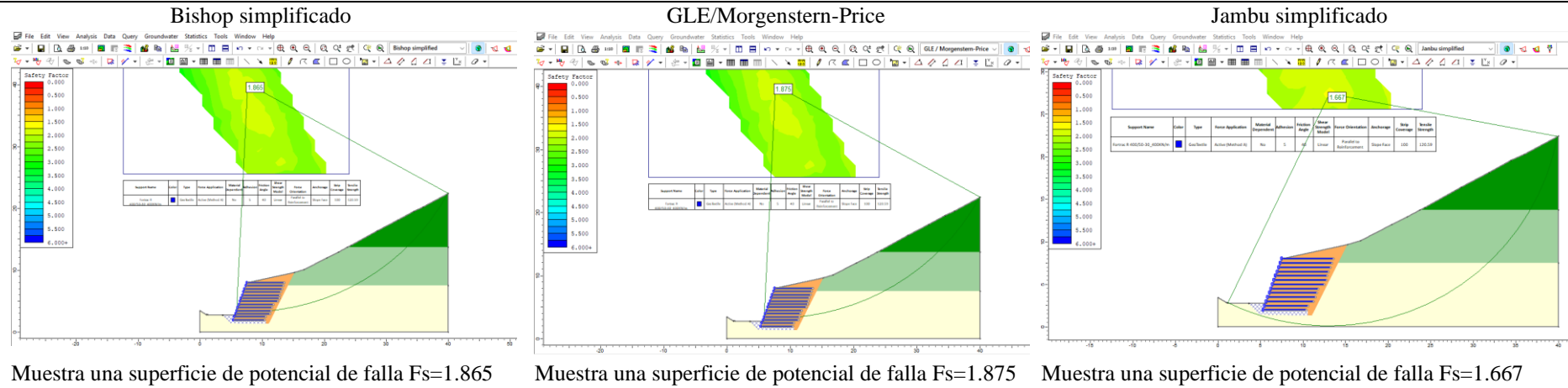


Figura 212

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+010, Talud de Suelo Reforzado

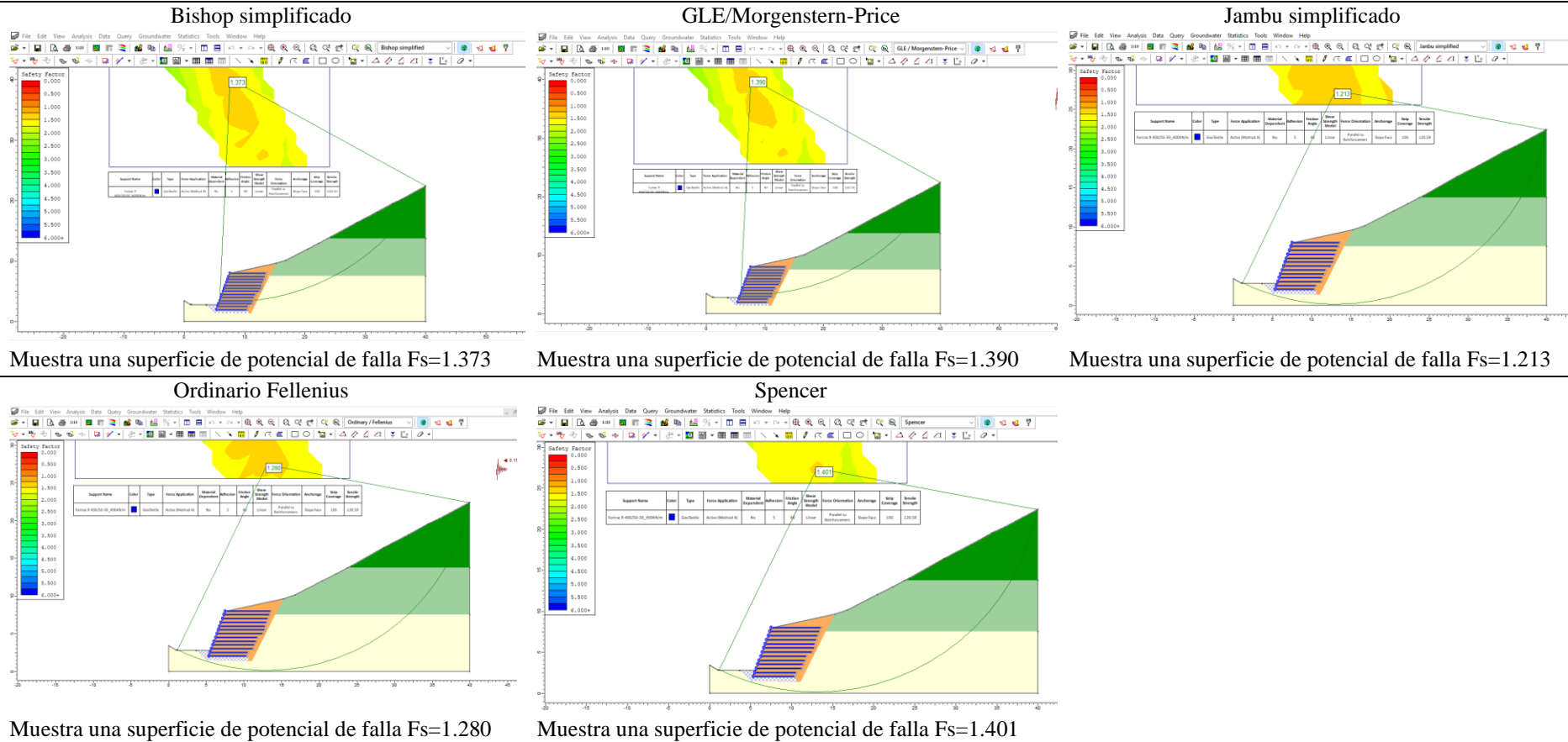


Figura 213

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+010, Talud de Suelo Reforzado

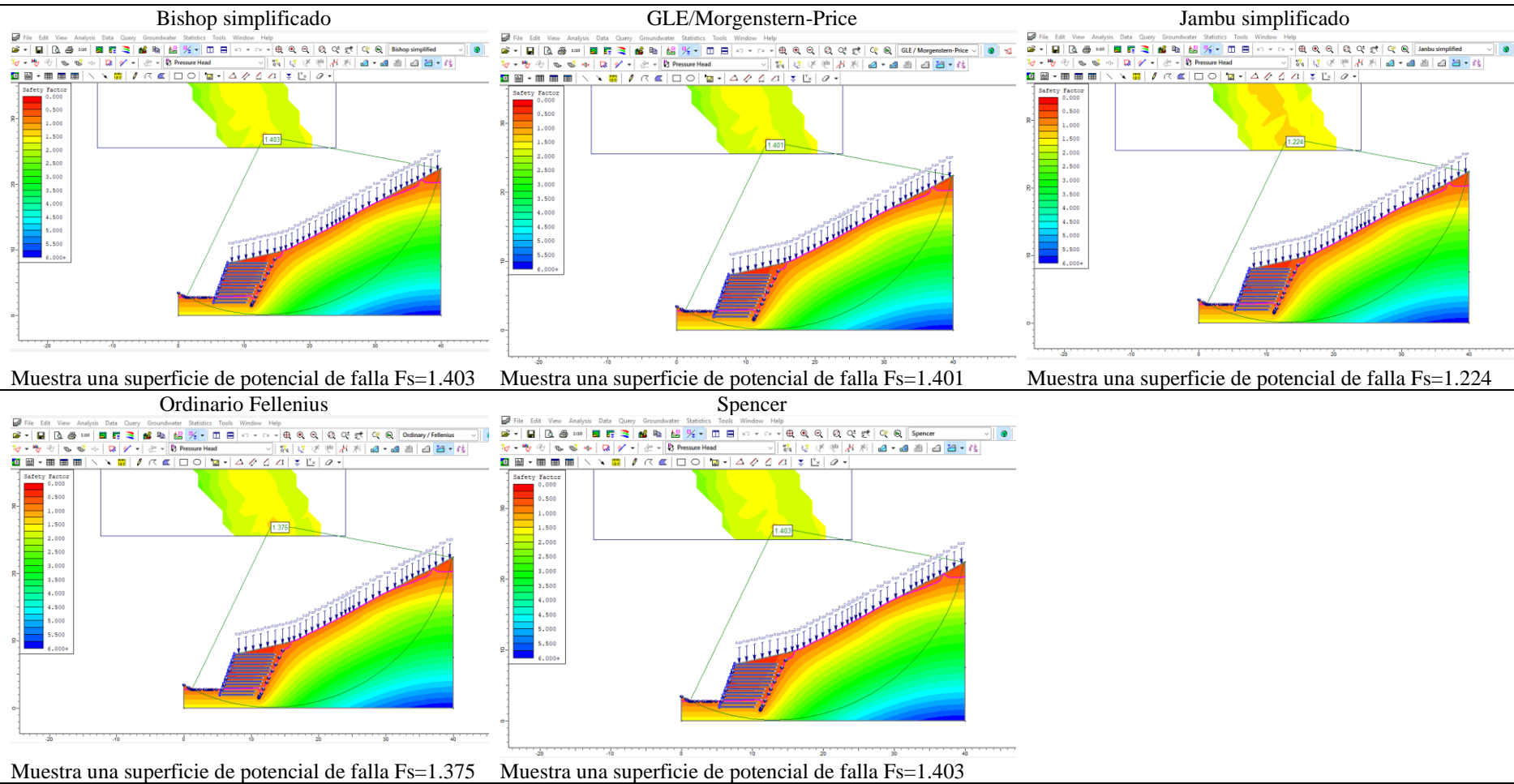


Figura 214

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+020, Talud de Suelo Reforzado

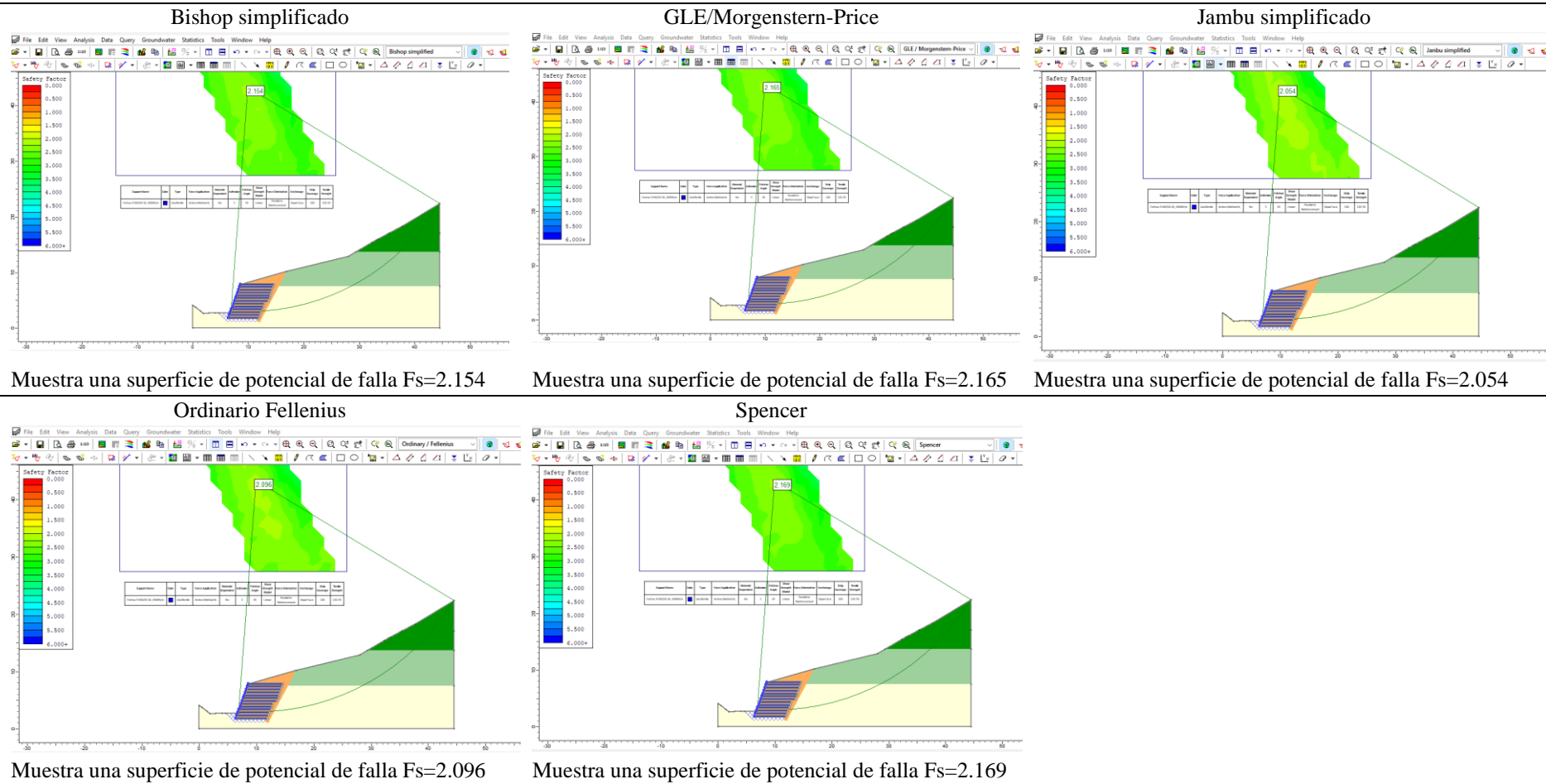
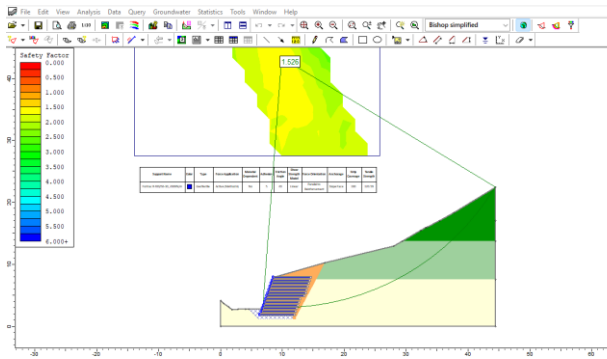


Figura 215

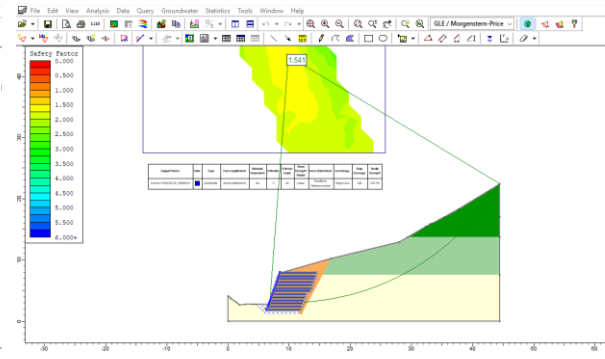
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+020, Talud de Suelo Reforzado

Bishop simplificado



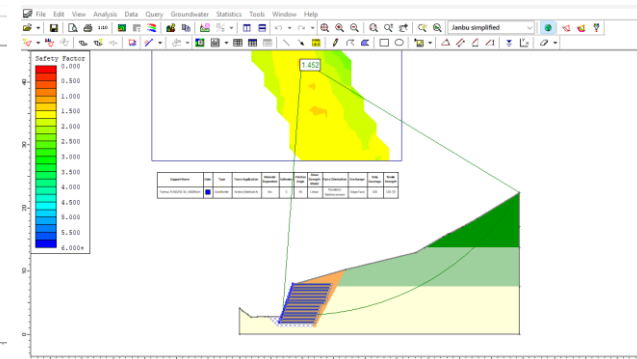
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.526$

GLE/Morgenstern-Price



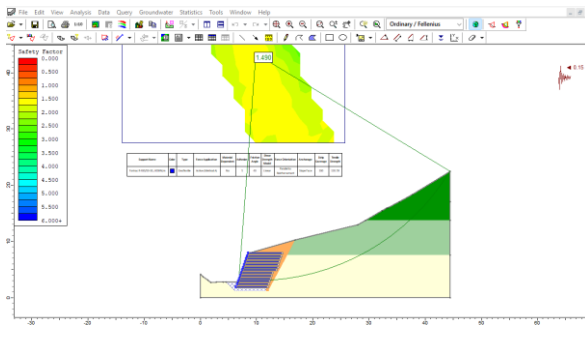
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.541$

Jambu simplificado



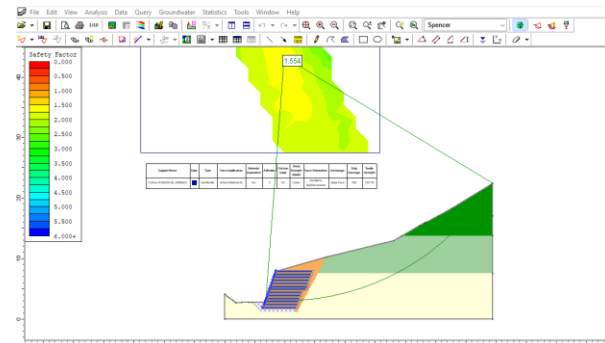
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.452$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.490$

Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.554$

Figura 216

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+020, Talud de Suelo Reforzado

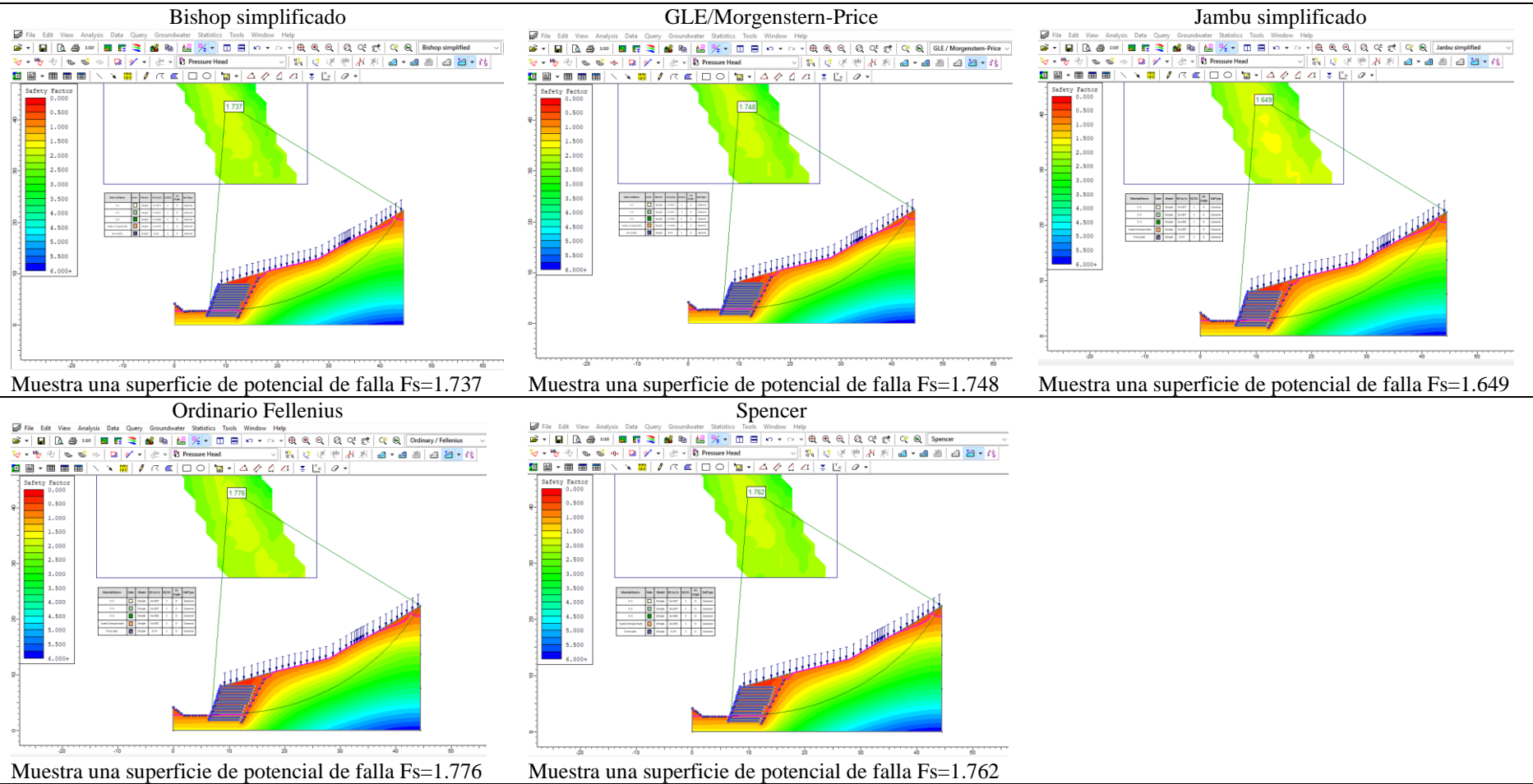


Figura 217

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+030, Talud de Suelo Reforzado

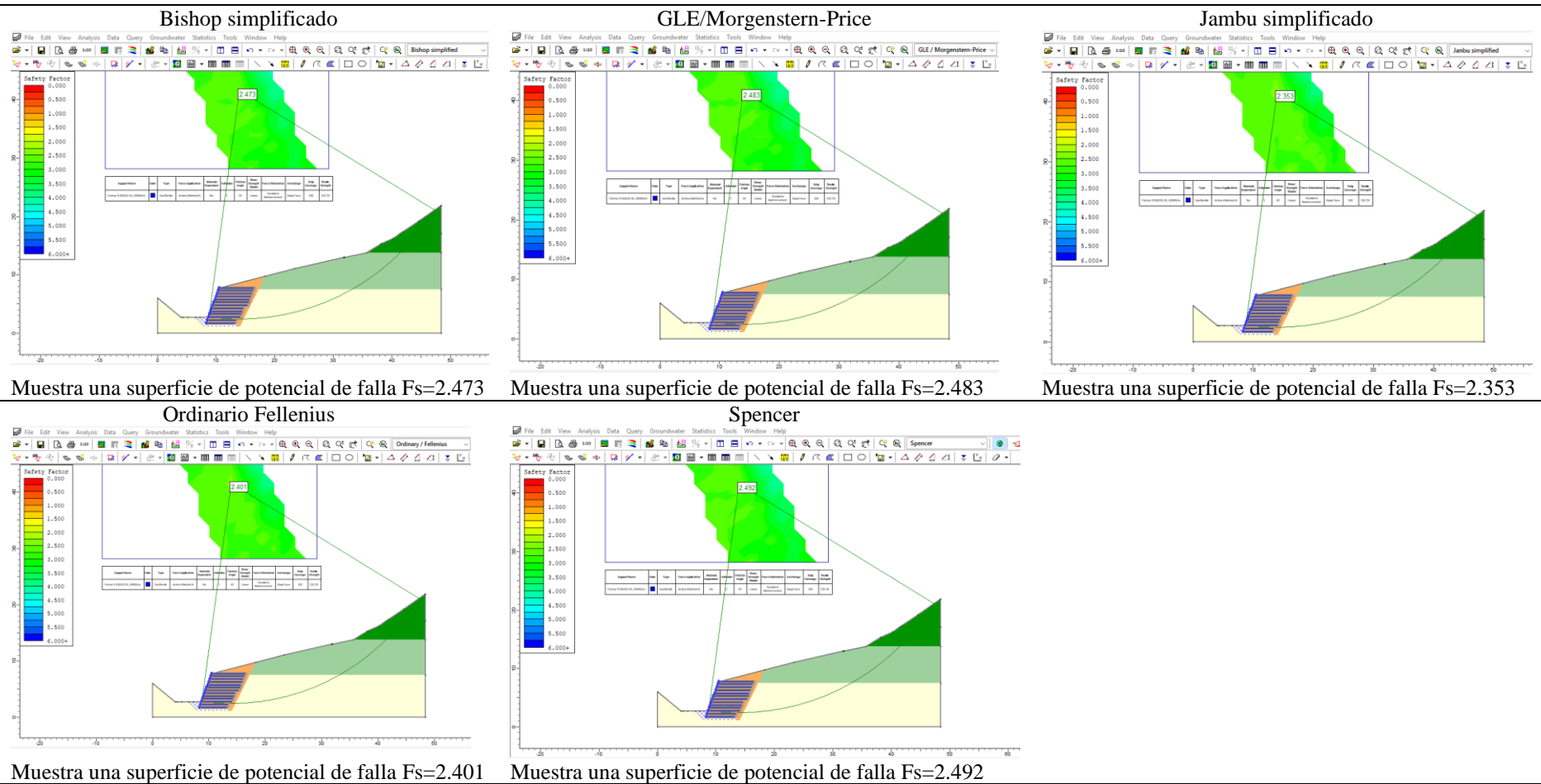


Figura 218

Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+030, Talud de Suelo Reforzado

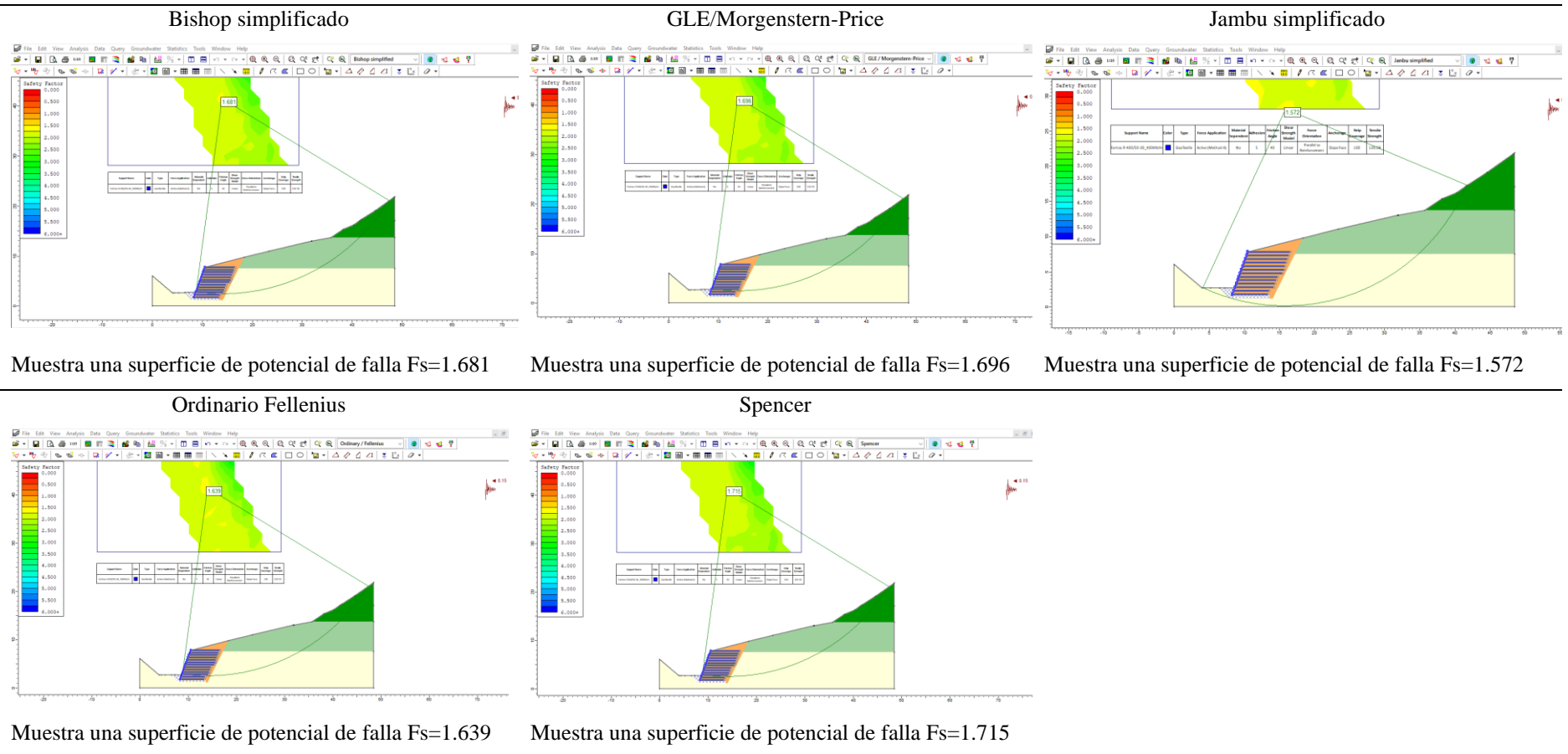


Figura 219

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Tayal, Sección K 0+030, Talud de Suelo Reforzado

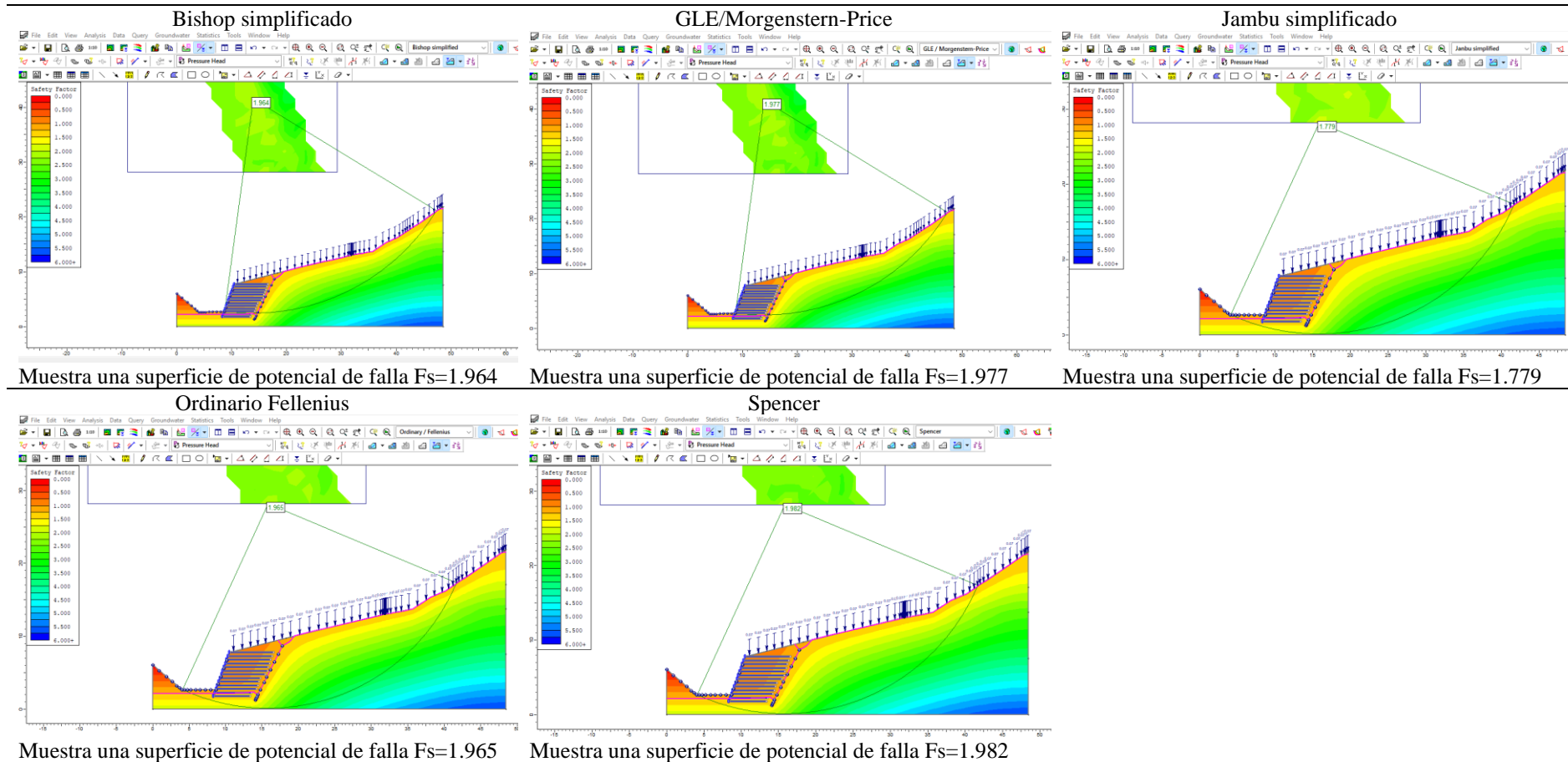


Figura 220

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+040, Talud de Suelo Reforzado

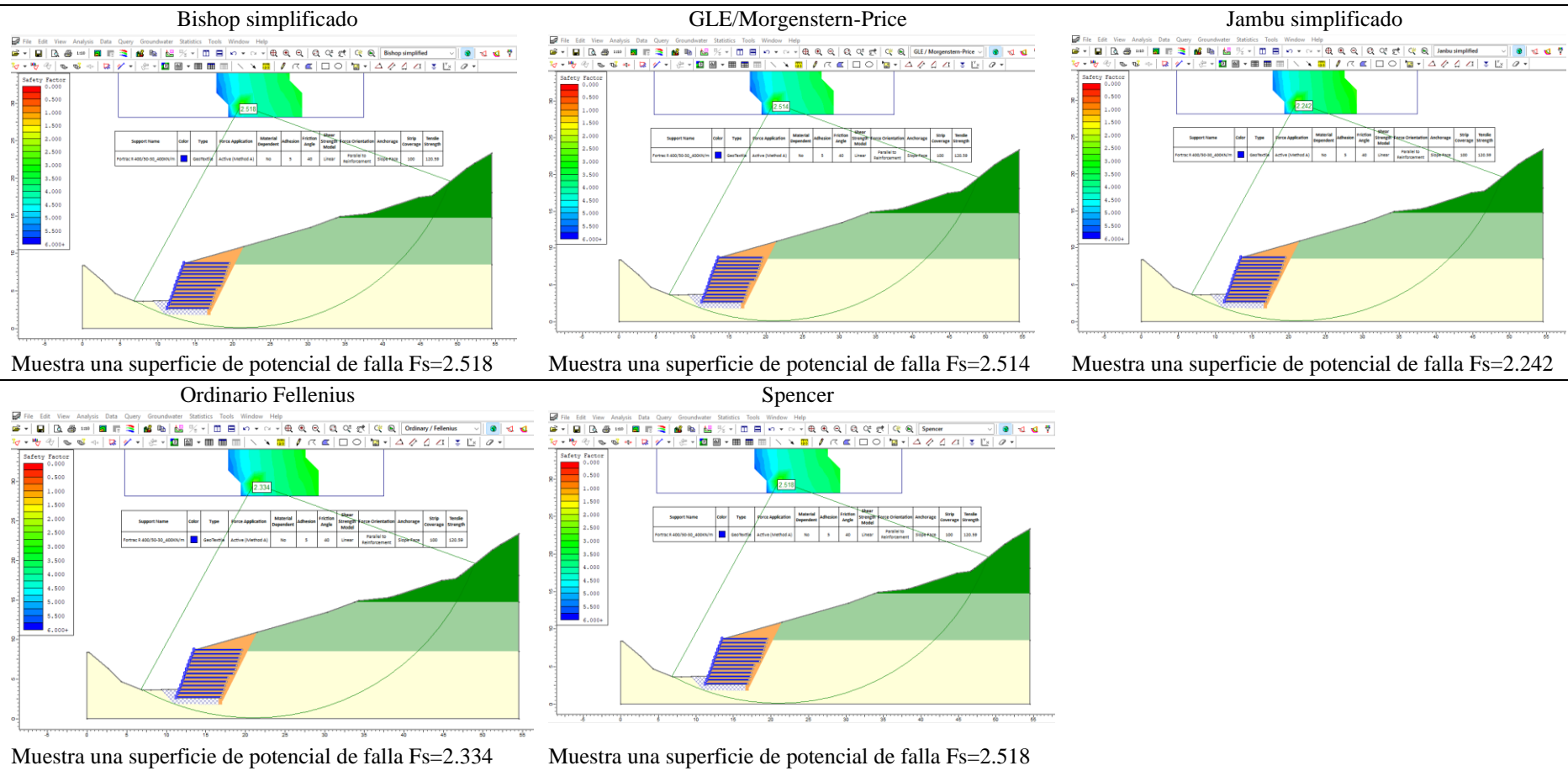
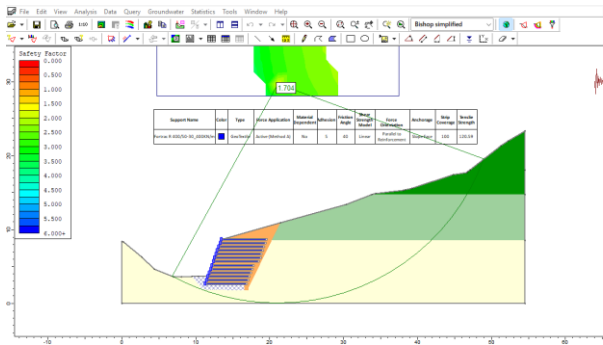


Figura 221

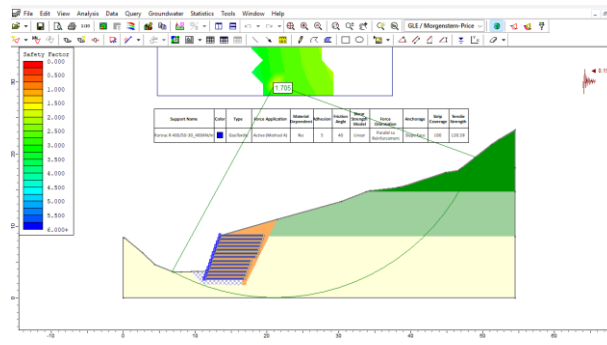
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+040, Talud de Suelo Reforzado

Bishop simplificado



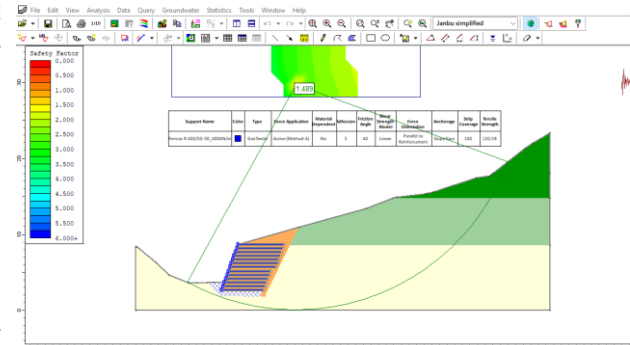
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.704$

GLE/Morgenstern-Price



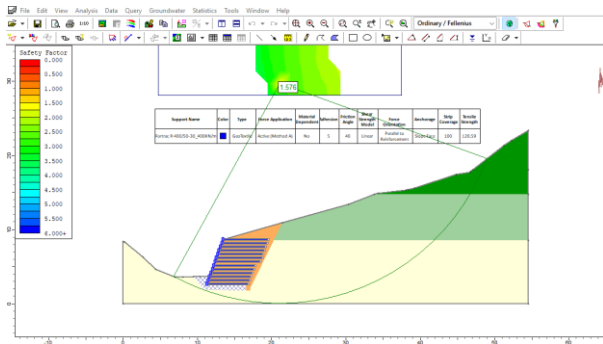
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.705$

Jambu simplificado



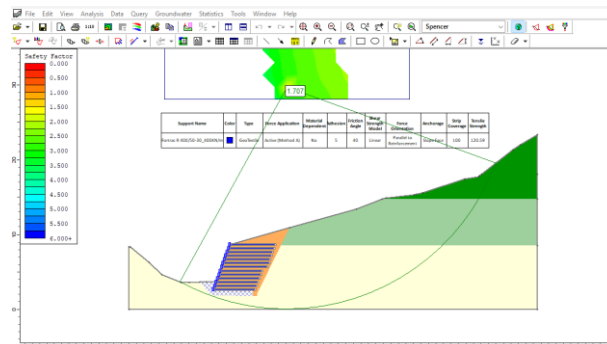
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.489$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.576$

Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.717$

Figura 222

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+040, Talud de Suelo Reforzado

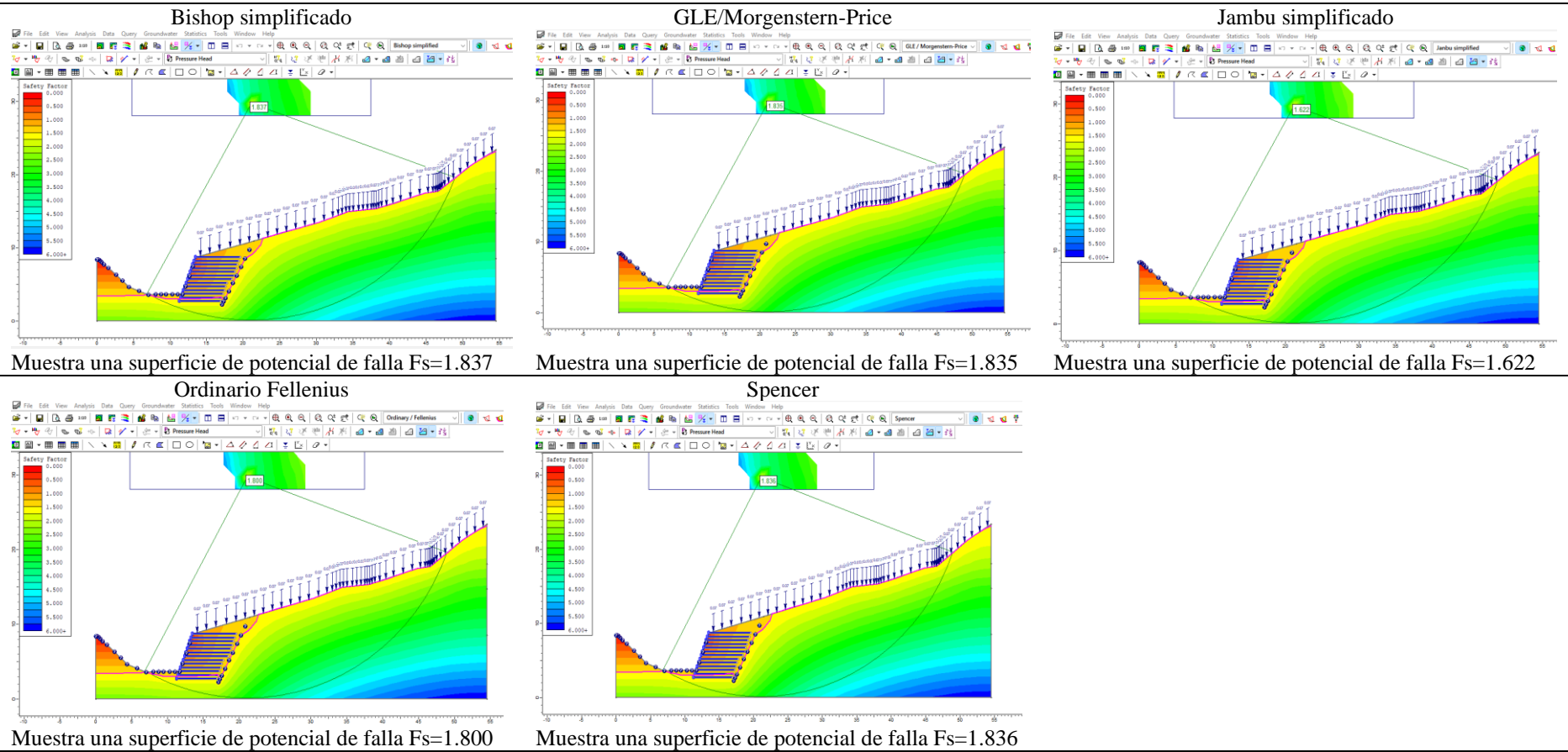


Figura 223

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+050, Talud de Suelo Reforzado

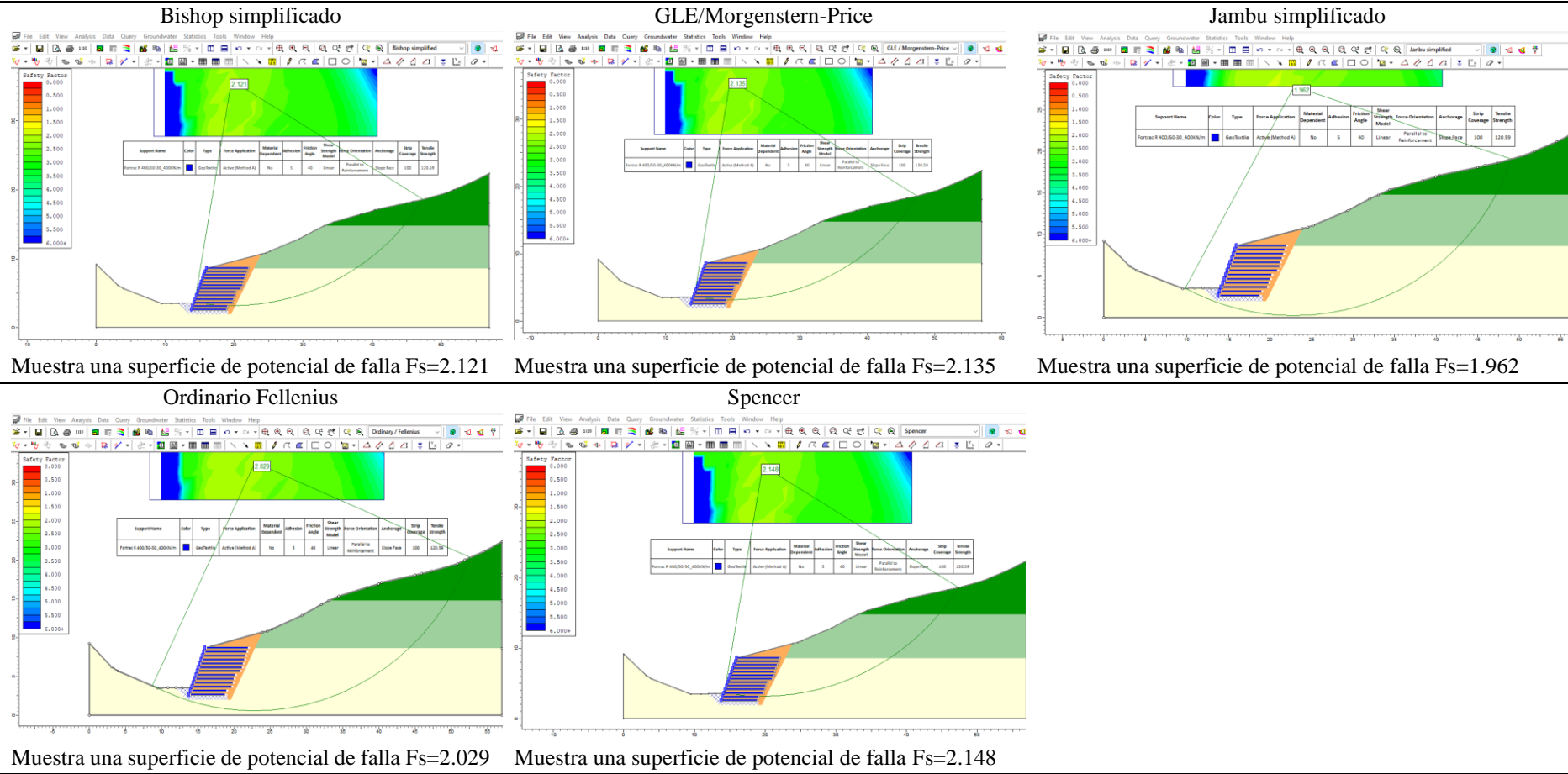
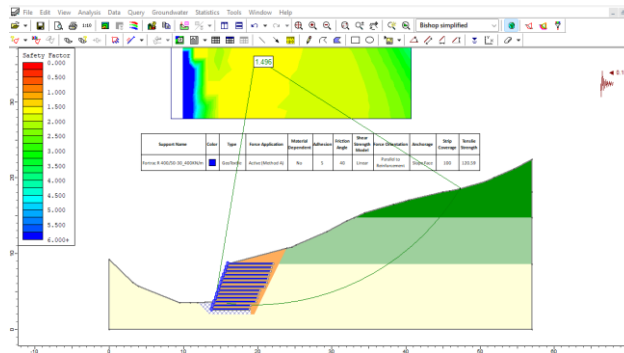


Figura 224

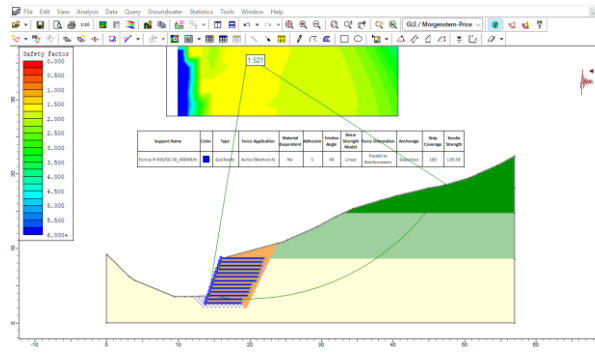
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+050, Talud de Suelo Reforzado

Bishop simplificado



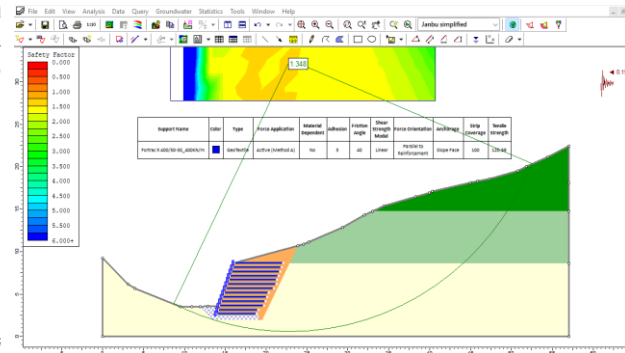
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.496$

GLE/Morgenstern-Price



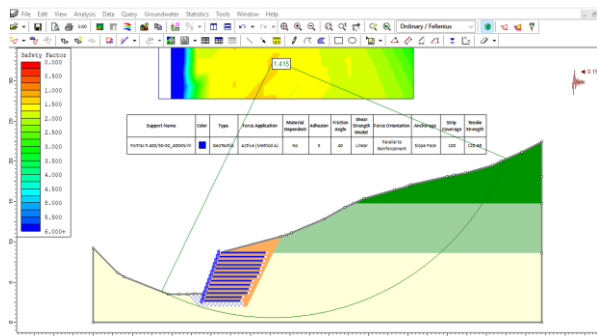
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.521$

Jambu simplificado



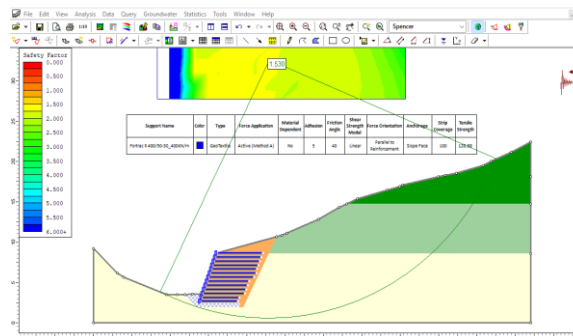
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.348$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.416$

Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.530$

Figura 225

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+050, Talud de Suelo Reforzado

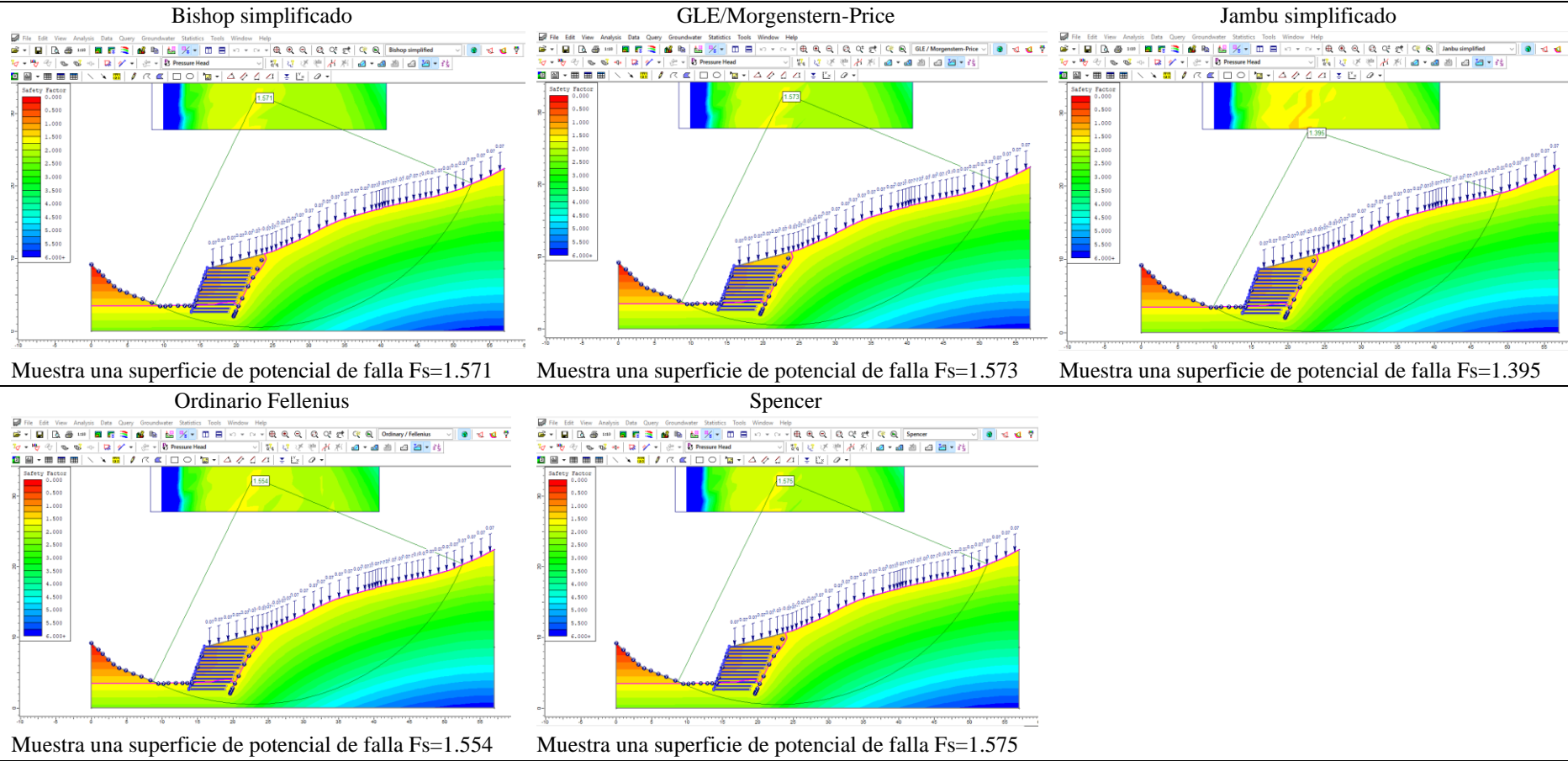
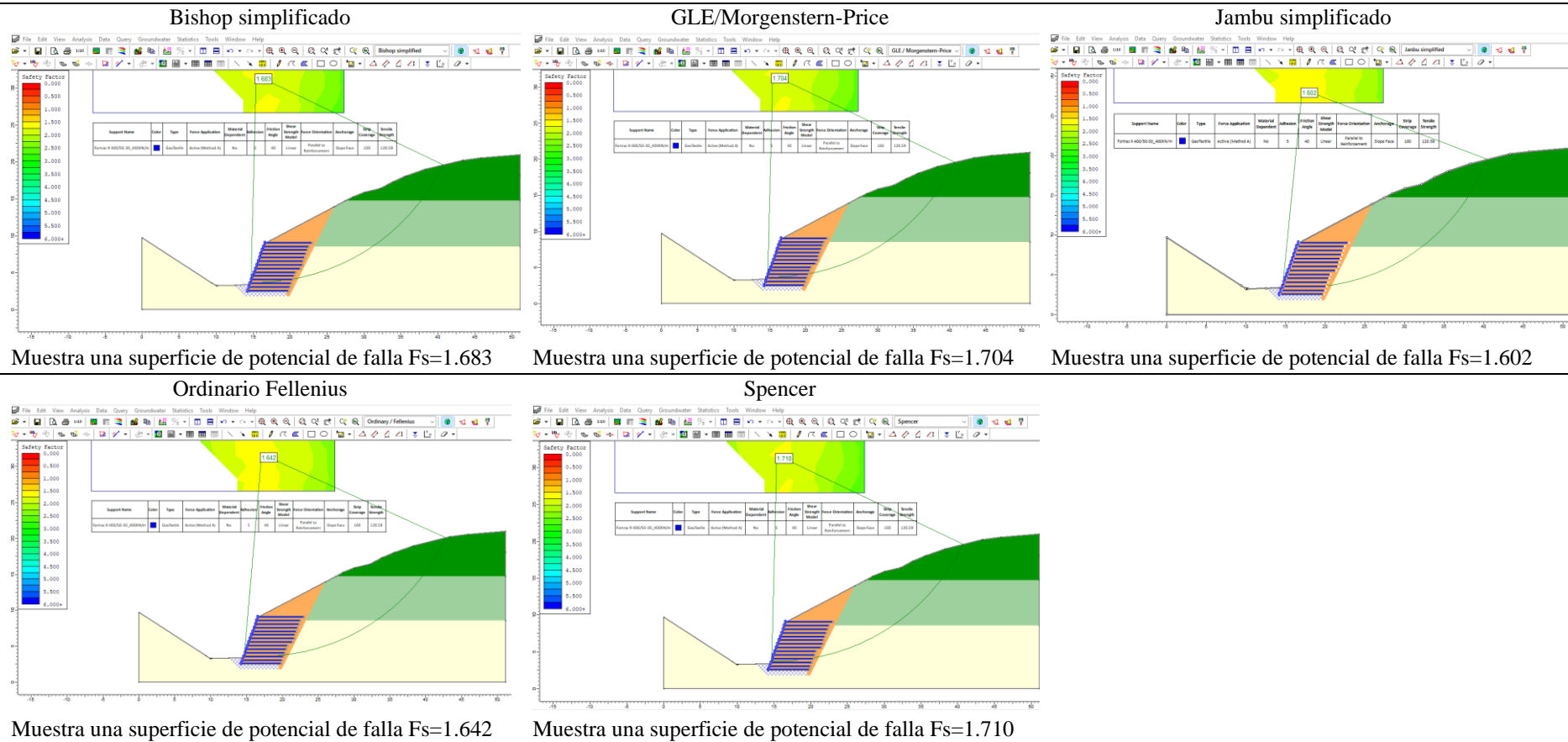


Figura 226

Análisis Estático de Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+060, Talud de Suelo Reforzado



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.683$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.704$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.602$

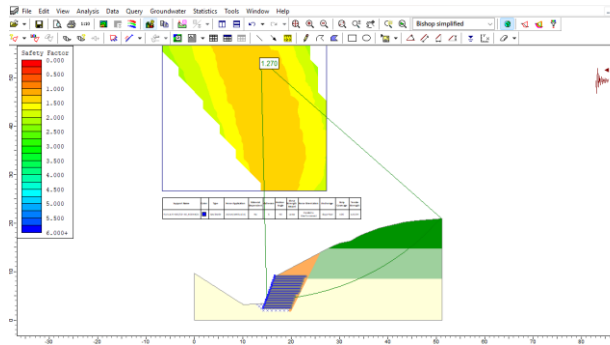
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.642$

Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.710$

Figura 227

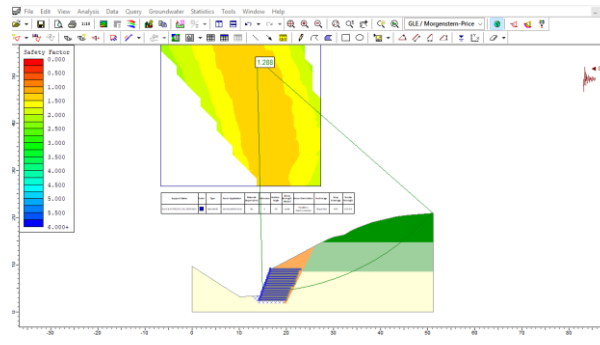
Análisis Dinámico de Estabilidad del Talud El Toyal, Sección K 0+060, Talud de Suelo Reforzado

Bishop simplificado



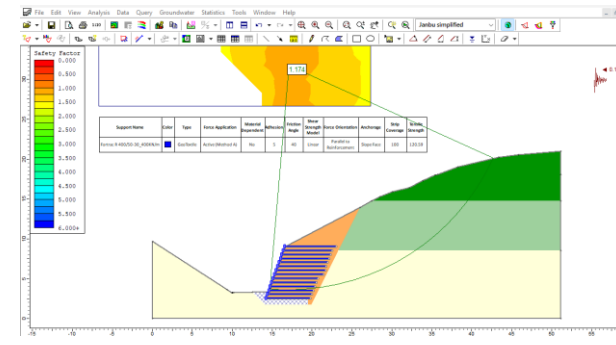
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.270$

GLE/Morgenstern-Price



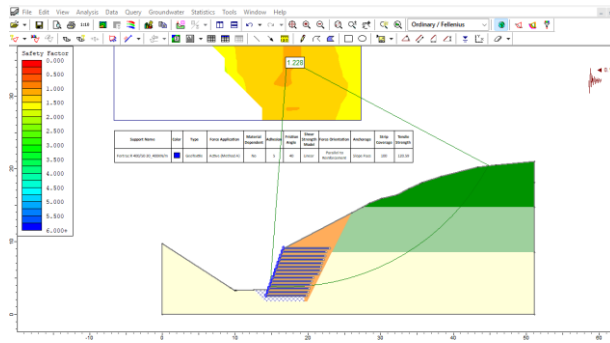
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.288$

Jambu simplificado



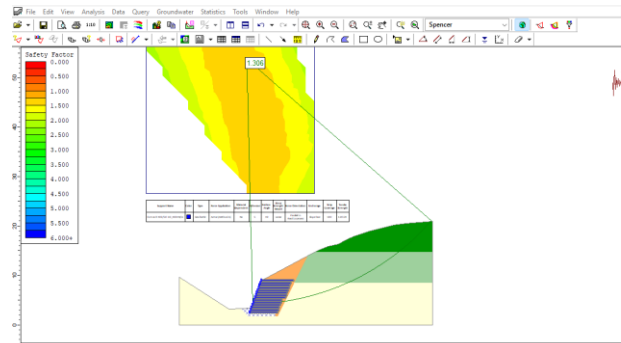
Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.174$

Ordinario Fellenius



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.228$

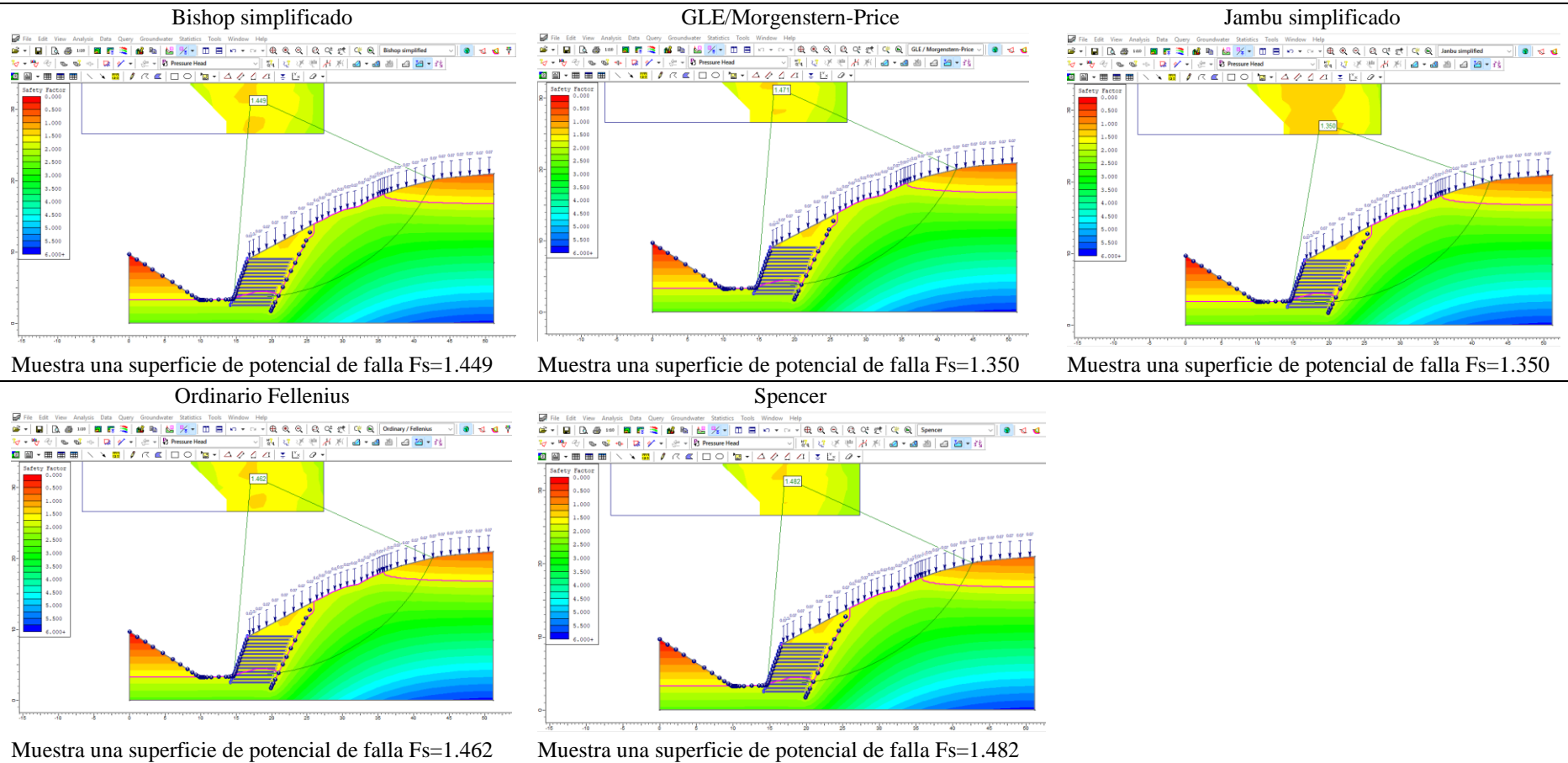
Spencer



Muestra una superficie de potencial de falla $F_s=1.306$

Figura 228

Análisis de Infiltración para Verificar la Estabilidad del Talud El Taya, Sección K 0+060, Talud de Suelo Reforzado



4.1.4. Costos entre muros de concreto armado y Sistema Terramesh para la estabilización de taludes de la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas

La comparación de costos entre los muros de concreto armado y los muros con sistema Terramesh (tanto sin inclinación como con inclinación de 70°) revela diferencias económicas significativas en ambos taludes analizados: El Ingenio y Tayal, ubicados entre el Km 133+000 y el Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas.

En el talud El Ingenio, el muro de concreto armado fue la solución más costosa, con un valor de S/ 506,607.61. En contraste, el muro de tierra reforzada sin inclinación (MSR) presentó un costo de S/ 308,980.25, lo que representa un ahorro de S/ 197,627.37, equivalente al 39.01% respecto al muro de concreto. Aún más destacable fue el desempeño del muro de tierra reforzada inclinado (TSR), cuyo costo se redujo a S/ 194,360.19, generando un ahorro total de S/ 312,247.42, lo que equivale a un 61.63% de reducción de costos. Estos resultados indican que, en este talud, el sistema Terramesh no solo mejora la estabilidad, sino que también ofrece una solución considerablemente más económica.

En el caso del talud Tayal, aunque la diferencia de costos fue menor, las alternativas Terramesh también resultaron más económicas que el muro de concreto armado, cuyo costo fue de S/ 493,264.85. El muro MSR costó S/ 447,185.27, con un ahorro de S/ 46,079.58, lo que equivale a 9.34% de reducción. Por su parte, el muro TSR tuvo un costo de S/ 297,769.51, generando un ahorro de S/ 195,495.34, equivalente al 39.63% frente al concreto. Aunque los márgenes no fueron tan amplios como en El Ingenio, los resultados continúan favoreciendo al sistema Terramesh.

Los muros de tierra reforzada diseñados con el sistema Terramesh ofrecieron beneficios económicos claros respecto a los muros de concreto armado en ambos taludes. El mayor ahorro se registró en el talud El Ingenio, donde las condiciones geométricas y estructurales exigieron un muro de concreto de mayor costo. En ambos casos, la alternativa más económica fue el muro inclinado (TSR), lo que demuestra que esta configuración no solo cumple con los criterios técnicos de estabilidad, sino que representa una opción eficiente económicamente.

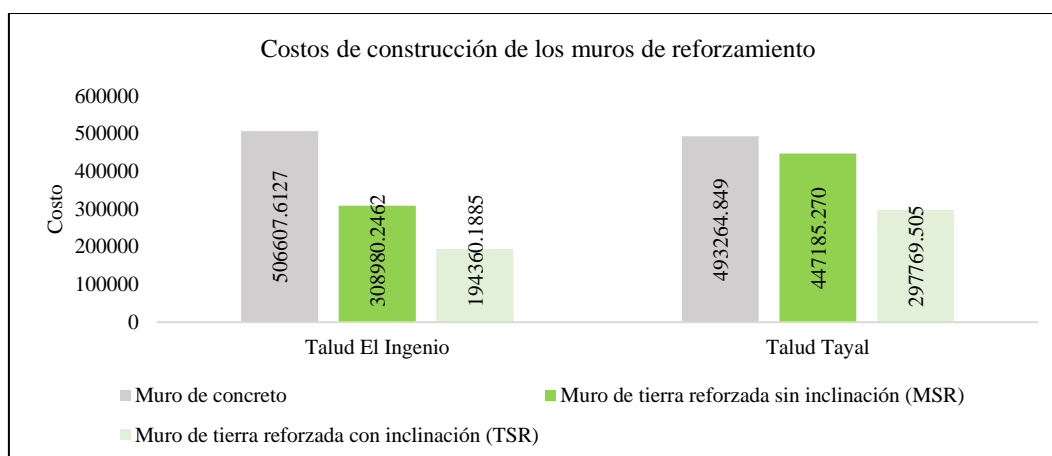
Tabla 48

Costos entre Muros de Concreto Armado y Sistema Terramesh para la Estabilización de Taludes de la Carretera PE-3N

Parámetro	Talud El Ingenio	Talud Tayal	Diferencia
Muro de concreto	506607.613	493264.849	13342.764
Muro de tierra reforzada sin inclinación (MSR)	308980.246	447185.270	-138205.023
Muro de tierra reforzada con inclinación (TSR)	194360.189	297769.505	-103409.316
Diferencia entre muro de concreto y MSR	197627.367	46079.5795	151547.787
Diferencia entre muro de concreto y TSR	312247.424	195495.345	116752.080
Porcentaje de ahorro con MSR	39.01%	9.34%	29.67%
Porcentaje de ahorro con TSR	61.63%	39.63%	22.00%

Figura 229

Costos de Construcción de los Muros de Reforzamiento



4.2. Contrastación de hipótesis

a) Detalles del análisis de hipótesis

Para la contrastación de hipótesis primero se ha realizado una comparación descriptiva de los factores de seguridad alcanzados a fin de determinar el sistema más eficiente para la estabilización de taludes en la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas; no obstante, por medio del programa Minitab 22, también se ha realizado el análisis estadístico a fin de determinar si se acepta o rechaza la hipótesis alternativa (H1) y la hipótesis nula (Ho) de la investigación. Se ha trabajado con nivel de confianza del 95% y nivel de significancia del 5%.

b) Criterio de aceptación de la hipótesis

Si el valor p (probabilidad) es menor al nivel de significancia (0.05), se acepta H1, pero si el valor p es mayor a 0.05 se acepta Ho.

c) Hipótesis generales planteadas

H1: El uso del sistema Terramesh sería más eficiente que los muros de concreto armado en la estabilización de taludes de la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas.

Ho: El uso del sistema Terramesh no sería más eficiente que los muros de concreto armado en la estabilización de taludes de la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas.

d) Datos utilizados en el análisis de la hipótesis

Se han utilizado los resultados del factor de seguridad determinado por el método de Bishop, Morgenstern Price, Janbu, Fellenius y Spenser, para las condiciones estáticas, sísmicas y de infiltración por precipitaciones pluviales (lluvia), tanto para el talud de El Ingenio, como para el talud Tayal.

e) **Análisis descriptivo de los factores de seguridad**

El sistema Terramesh ofrece niveles de estabilidad comparables e incluso superiores al muro de concreto armado, especialmente en condiciones críticas como la infiltración de lluvia. Los muros MSR y TSR superan constantemente los factores de seguridad del suelo natural, y en múltiples secciones, igualan o superan el desempeño del concreto armado, con la ventaja adicional de su flexibilidad y menor rigidez frente a deformaciones.

Estos datos respaldan la viabilidad de la hipótesis H1, al evidenciar que el sistema Terramesh no solo cumple con los criterios normativos de seguridad, sino que puede ser una alternativa más eficiente y técnicamente confiable para la estabilización de taludes en la carretera PE-3N.

Talud El Ingenio. En todas las secciones evaluadas (Km 0+000 al Km 0+024), se analizaron cuatro escenarios: suelo natural (SN), muro de concreto armado (MC), muro Terramesh sin inclinación (MSR) y muro Terramesh inclinado a 70° (TSR). Los factores de seguridad fueron calculados bajo tres condiciones: estática, sísmica y lluvia, mediante cinco métodos de equilibrio límite.

- En condición estática, todos los valores superan el umbral mínimo ($FS \geq 1.50$), pero es evidente que tanto el muro de concreto armado como los muros Terramesh (MSR y TSR) proporcionan incrementos sustanciales en el FS en comparación con el suelo natural. En secciones como 0+012 y 0+018, el muro Terramesh sin inclinación (MSR) incluso supera al muro de concreto armado.
- En condición sísmica, los FS del suelo natural oscilan entre 1.242 y 1.608, siendo los más bajos de todas las condiciones. En cambio, los muros MC, MSR y TSR mejoran estos valores de forma consistente, manteniéndose siempre por encima del límite mínimo normativo de 1.25.

- En condición de lluvia, los muros Terramesh —especialmente el MSR en las secciones 0+012 y 0+018— presentan factores de seguridad iguales o superiores a los del muro de concreto armado. Esto sugiere mejor desempeño del sistema Terramesh frente a la saturación del suelo, una condición crítica para la estabilidad de taludes.

Talud Tayal. En el caso del talud Tayal, evaluado entre el Km 0+010 y el Km 0+060, se repite la misma estructura de análisis. Aquí también se observa que el suelo natural presenta los factores de seguridad más bajos, especialmente en condición de lluvia, con valores inferiores a 1.25 en todas las secciones.

- En condición estática, tanto los muros de concreto como los muros Terramesh (MSR y TSR) logran superar consistentemente los valores del suelo natural. Las configuraciones MSR y TSR obtienen valores similares al muro de concreto, y en algunas secciones, como 0+030 y 0+040, el MSR incluso supera al muro MC.
- En condición sísmica, el muro de concreto armado mantiene ventajas moderadas en la mayoría de secciones. No obstante, los muros Terramesh también presentan incrementos notables en comparación con el suelo natural, logrando factores de seguridad entre 1.27 y 1.74, lo que evidencia su viabilidad estructural.
- En condición de lluvia, las diferencias se amplían. Los muros Terramesh (en especial el MSR) muestran mejor respuesta frente a la infiltración, con valores por encima del muro de concreto armado en varias secciones, como en el Km 0+030 (FS = 1.908 vs. 1.701).

f) Análisis de normalidad de los factores de seguridad

En el programa Minitab 22 se verificó la tendencia normal de los factores de seguridad, mediante el método Anderson Darling. Como en todos los casos el valor obtenido fue mayor a 0.05 (nivel de significancia) se infirió que los datos siguen tendencia normal, y se pueden aplicar pruebas paramétricas.

Figura 230

Prueba de Normalidad a los Factores de Seguridad del Talud Natural

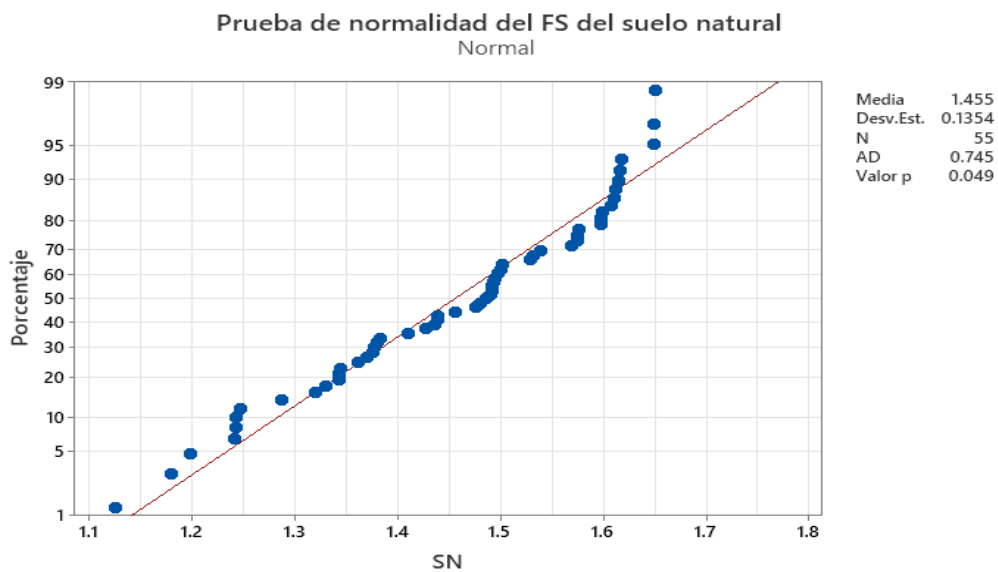


Figura 231

Prueba de Normalidad a los Factores de Seguridad del Talud con Muro de Concreto

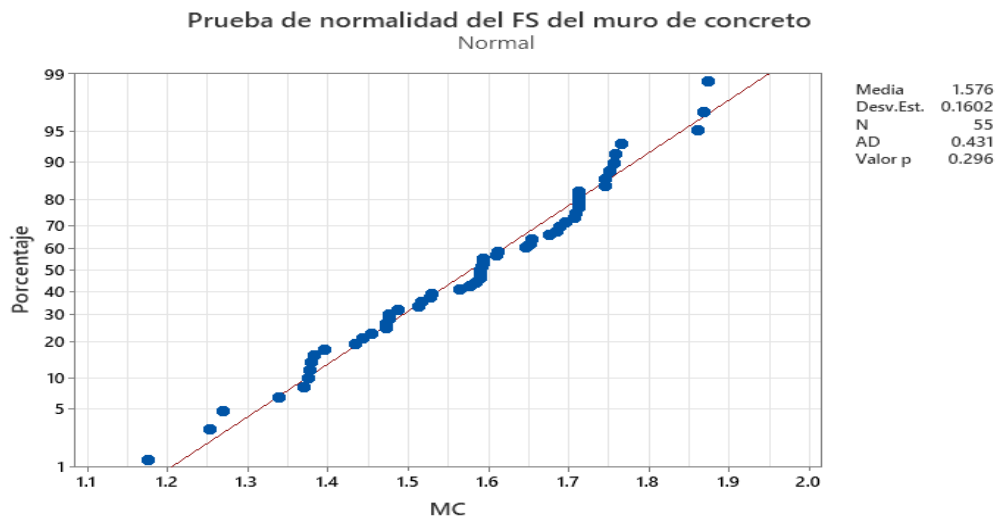


Figura 232

Prueba de Normalidad a los Factores de Seguridad del Talud con Muro de Tierra Reforzada no Inclinado (MSR)

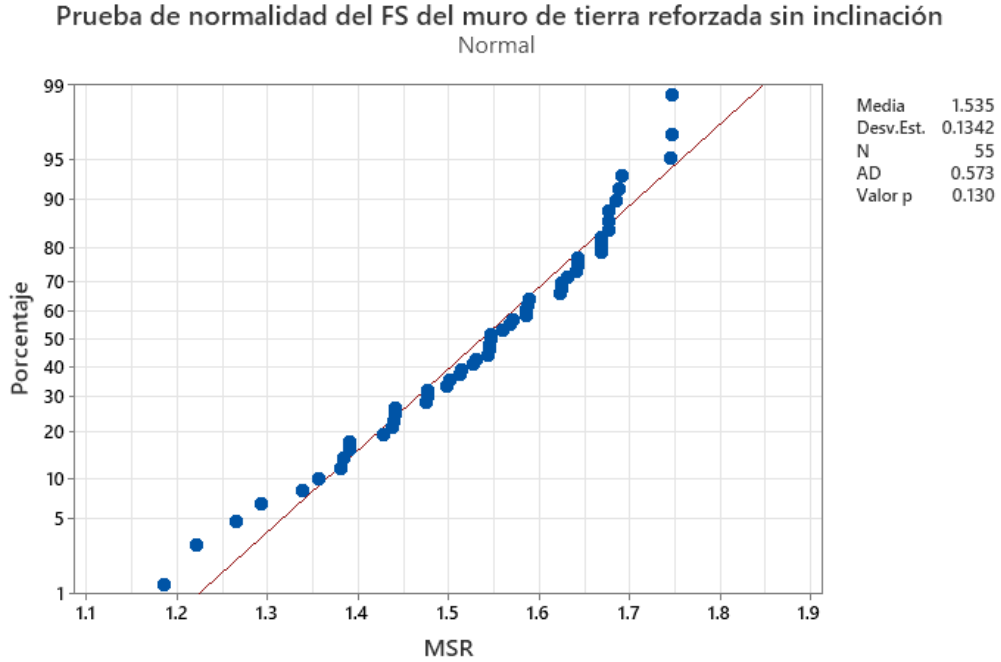
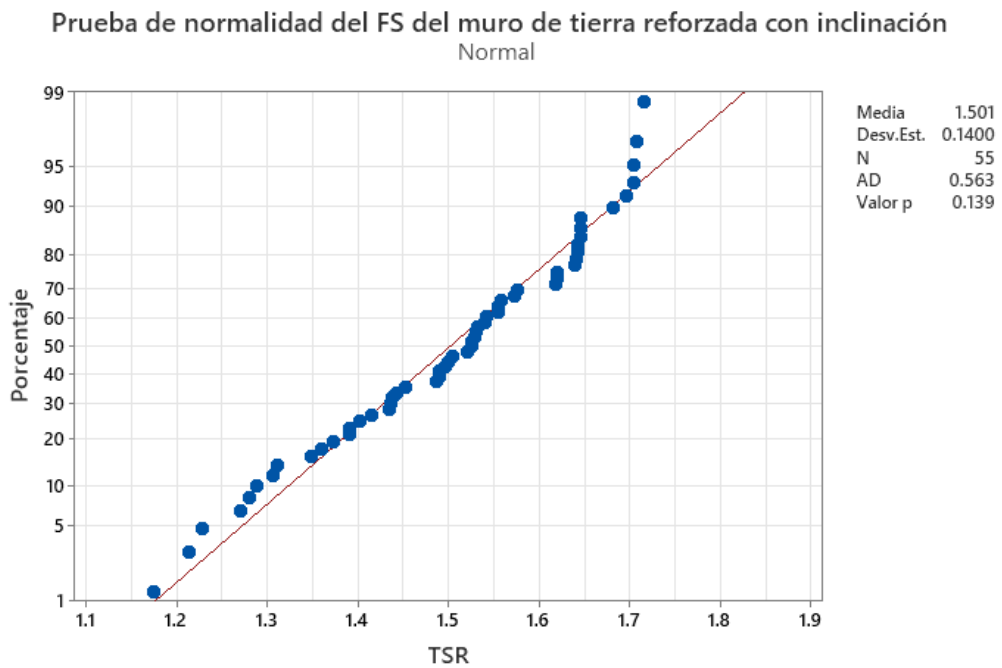


Figura 233

Prueba de Normalidad a los Factores de Seguridad del Talud con Muro de Tierra Reforzada con Inclinación (TSR)



g) Prueba ANOVA de los factores de seguridad

El factor "Talud" ($p = 0.747$) no presentó diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que los valores del factor de seguridad no variaron sustancialmente entre los taludes El Ingenio y Tayal. En cambio, tanto el factor "Condición" ($p = 0.0461$) como el factor "Muro" ($p = 0.0462$) arrojaron valores p menores a 0.05, lo que sugiere diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones de análisis (estática, sísmica y con lluvia) y entre los diferentes tipos de muro empleados, por tanto, para la prueba t-student de dos se debe considerar el análisis por condición de análisis (estática, sísmica y con lluvia) y por tipo de muro (suelo natural, muro de concreto (MC), muro de tierra reforzada sin inclinación (MSR), muro de tierra reforzada con inclinación (TSR)).

Tabla 49

Información de los Factores para el Análisis de Varianza

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Talud	Fijo	2	Ingenio; Tayal
Condición	Fijo	3	Estática; Lluvia; Sismo
Método	Fijo	5	Bishop; Fellenius; Janbu; Morgenstern; Spencer
Muro	Fijo	4	MC; MSR; SN; TSR

Tabla 50

Análisis de Varianza (ANOVA) del Factor de Seguridad

Ho: No hay diferencia significativa en los factores de seguridad.

H1: Si hay diferencia significativa en los factores de seguridad.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Talud	1	899	898.8	0.10	0.747
Condición	2	9948	4973.8	0.58	0.0461
Método	4	25433	6358.3	0.74	0.566
Muro	3	17666	5888.8	0.68	0.0462
Error	649	5586392	8607.7		
Total	659	5640338			

h) Prueba t-student de dos muestras

En condición estática, el análisis estadístico t-student permitió contrastar si el uso de distintos tipos de muros mejora significativamente el factor de seguridad respecto al suelo natural (SN), así como entre los diferentes sistemas de estabilización. Los resultados mostraron que tanto el muro de concreto armado (MC) como el muro de suelo reforzado sin inclinación (MSR) presentan mejoras estadísticamente significativas frente al suelo natural, con valores $p = 0.000$. Esto permite rechazar la hipótesis nula (H_0) en ambos casos y aceptar que MC y MSR ofrecen mayor estabilidad que el terreno sin intervención. Adicionalmente, las comparaciones $MSR > MC$ y $TSR > MC$ mostraron valores p mayores a 0.05 (0.925 y 0.162, respectivamente), lo que indica que ninguno de los sistemas Terramesh supera estadísticamente al muro de concreto armado en condición estática.

Tabla 51

Análisis t-student de Dos Muestras para el Factor de Seguridad en Condición Estática

Prueba	Hipótesis		Valor T	GL	Valor p
MC > SN	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	u_1 : MC	5.05	105	0.000
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	u_2 : SN			
MSR > SN	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	u_1 : MSR	3.89	107	0.000
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	u_2 : SN			
TSR > SN	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	u_1 : TSR	1.00	54	0.0160
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	u_2 : SN			
MSR > MC	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	u_1 : MSR	-1.45	105	0.925
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	u_2 : MC			
TSR > MC	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	u_1 : TSR	1.00	54	0.162
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	u_2 : MC			

Bajo condición pseudoestática o sísmica, se observó que todos los tipos de muro presentan mejoras estadísticamente significativas respecto al suelo natural. En particular, el muro de concreto armado (MC) obtuvo un valor t muy elevado (43) y $p = 0.000$, confirmando una diferencia altamente significativa a favor del MC frente al suelo natural. Asimismo, tanto MSR como TSR mostraron valores p inferiores a 0.05 (0.001 y 0.041, respectivamente), lo que permite afirmar que ambos sistemas de tierra reforzada también ofrecen una mejora sísmica significativa frente al suelo sin intervención. Sin embargo, al comparar estos muros con el de concreto armado, ni MSR ni TSR superaron al MC. En ambas comparaciones ($MSR > MC$ y $TSR > MC$), los valores p fueron superiores a 0.05 (0.925 y 0.995), lo que confirma que, en términos estadísticos, el muro de concreto armado continúa siendo el más eficiente en condiciones sísmicas.

Tabla 52

Análisis t-student de Dos Muestras para el Factor de Seguridad en Condición

Pseudo estática o con Sismo

Prueba	Hipótesis		Valor T	GL	Valor p
MC > SN	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	u ₁ : MC	43	105	0.000
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$	u ₂ : SN			
MSR > SN	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	u ₁ : MSR	3.13	107	0.001
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$	u ₂ : SN			
TSR > SN	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	u ₁ : TSR	1.74	107	0.041
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$	u ₂ : SN			
MSR > MC	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	u ₁ : MSR	-1.45	104	0.925
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$	u ₂ : MC			
TSR > MC	H ₀ : $\mu_1 - \mu_2 = 0$	u ₁ : TSR	-2.63	106	0.995
	H ₁ : $\mu_1 - \mu_2 > 0$	u ₂ : MC			

En el escenario de infiltración por precipitaciones pluviales, los resultados presentaron un comportamiento notablemente distinto. El muro de concreto armado (MC) no mostró diferencias significativas frente al suelo natural ($p = 0.159$), lo que sugiere que su rendimiento en condición de lluvia no mejora de forma estadísticamente relevante. En cambio, tanto el muro MSR como el muro TSR evidenciaron mejoras significativas respecto al terreno natural, con valores t altos (7.35 y 9.02) y valores $p = 0.000$. Estos resultados indican que los muros con sistema Terramesh ofrecen una mejora sustancial de la estabilidad en condición de lluvia. Además, al comparar MSR y TSR frente a MC, se observó que ambos tipos de muros Terramesh presentaron valores $p = 0.038$, lo que indica que superaron de forma significativa al muro de concreto armado en condiciones de saturación del terreno por precipitaciones. Esto sugiere que, en contexto de lluvias, el sistema Terramesh resulta más eficiente que el concreto armado en términos de seguridad.

Tabla 53

Análisis t-student de Dos Muestras para el Factor de Seguridad en Condición de Infiltración por Precipitaciones Pluviales

Prueba	Hipótesis		Valor T	GL	Valor p
MC > SN	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	$u_1: MC$	1.01	54	0.159
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	$u_2: SN$			
MSR > SN	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	$u_1: MSR$	7.35	92	0.000
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	$u_2: SN$			
TSR > SN	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	$u_1: TSR$	9.02	103	0.000
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	$u_2: SN$			
MSR > MC	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	$u_1: MSR$	-1.00	54	0.038
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	$u_2: MC$			
TSR > MC	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	$u_1: TSR$	-1.00	54	0.038
	$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$	$u_2: MC$			

i) Análisis inferencial final

Los análisis t-student permiten concluir que, si bien el muro de concreto armado es superior en condiciones estáticas y sísmicas, los sistemas Terramesh, especialmente en su configuración sin inclinación (MSR), presentan rendimiento comparable o superior en ciertos contextos. Bajo condición de lluvia, los sistemas Terramesh mostraron una eficiencia estadísticamente mayor, respaldando la hipótesis alternativa H_1 de que el uso del sistema Terramesh puede ser más eficiente que el concreto armado, dependiendo del escenario evaluado.

Tabla 54

Factores de Seguridad del Talud El Ingenio

Descripción	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/Fellenius			Spencer		
	Factor de seguridad Condición														
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia
KM 0+000															
SN	1.832	1.377	1.427	1.829	1.379	1.425	1.773	1.287	1.377	1.79	1.329	1.42	1.829	1.375	1.427
MC	2.376	1.646	1.796	2.374	1.651	1.797	2.074	1.396	1.596	2.145	1.476	1.655	2.37	1.653	1.802
MSR	2.117	1.474	1.564	2.113	1.476	1.567	1.929	1.338	1.410	1.978	1.391	1.54	2.111	1.477	1.567
TSR	2.008	1.434	1.751	2.007	1.436	1.75	1880	1.311	1.598	1.913	1.36	1.661	2.008	1.44	1.753
KM 0+006															
SN	2.07	1.49	1.328	2.069	1.492	1.331	1.957	1.383	1.224	1.99	1.427	1.36	2.07	1.497	1.334
MC	2.465	1.684	1.765	2.461	1.689	1.767	2.18	1.453	1.537	2.249	1.528	1.705	2.46	1.695	1.77
MSR	2.334	1.586	1.712	2.333	1.586	1.714	2.12	1.44	1.575	2.179	1.497	1.7	2.333	1.559	1.717
TSR	2.127	1.525	1.696	2.125	1.528	1.699	1.99	1.39	1.538	2.024	1.442	1.671	2.126	1.531	1.7
KM 0+012															
SN	2.269	1.574	1.421	2.264	1.575	1.427	2.106	1.455	1.304	2.154	1.502	1.441	2.265	1.576	1.424
MC	2.559	1.712	1.822	2.558	1.713	1.822	2.287	1.512	1.622	2.365	1.577	1.773	2.551	1.713	1.826
MSR	2.446	1.642	2.21	2.444	1.64	2.207	2.255	1.514	2.023	2.316	1.568	2.081	2.44	1.642	2.208
TSR	2.349	1.618	1.956	2.344	1.619	1.958	2.182	1.486	1.794	2.235	1.54	1.871	2.346	1.62	1.958
KM 0+018															
SN	2.313	1.608	1.593	2.306	1.611	1.593	2.141	1.48	1.488	2.19	1.528	1.57	2.307	1.61	1.594
MC	2.538	1.706	1.753	2.537	1.708	1.756	2.295	1.517	1.579	2.361	1.584	1.724	2.534	1.712	1.754
MSR	2.446	1.668	2.125	2.443	1.668	2.124	2.267	1.53	1.936	2.322	1.589	2.019	2.439	1.669	2.124
TSR	2.375	1.643	2.14	2.372	1.641	2.137	2.197	1.504	1.951	2.249	1.558	2.005	2.374	1.646	2.138
KM 0+024															
SN	2.262	1.598	1.575	2.258	1.599	1.576	2.121	1.476	1.48	2.172	1.531	1.57	2.259	1.598	1.579
MC	2.597	1.758	1.794	2.592	1.757	1.794	2.308	1.529	1.577	2.384	1.609	1.736	2.594	1.765	1.799
MSR	2.436	1.676	1.973	2.43	1.676	1.974	2.245	1.527	1.801	2.298	1.587	1.943	2.432	1.676	1.975
TSR	2.326	1.642	1.838	2.325	1.645	1.839	2.178	1.499	1.656	2.212	1.554	1.806	2.326	1.646	1.839

Nota. SN suelo natural, MC muro de concreto armado, MSR muro de tierra reforzada sin inclinación, TSR muro de tierra reforzada con inclinación.

Tabla 55

Factores de Seguridad del Talud El Tayal

Descripción	Bishop Simplified			GLE/Morgenstern-Price			Janbu Simplified			Ordinary/Fellenius			Spencer		
	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia	Estático	Sismo	Lluvia
KM 0+010															
SN	1.783	1.344	1.206	1.779	1.343	1.206	1.615	1.197	1.093	1.66	1.247	1.225	1.782	1.343	1.207
MC	2.002	1.473	1.423	1.996	1.475	1.421	1.754	1.269	1.238	1.825	1.339	1.4	2.00	1.472	1.426
MSR	1.940	1.437	1.422	1.936	1.440	1.422	1.683	1.221	1.212	1.751	1.293	1.383	1.931	1.545	1.419
TSR	1.865	1.373	1.403	1.875	1.39	1.401	1.667	1.213	1.403	1.732	1.28	1.375	1.88	1.401	1.403
KM 0+020															
SN	2.079	1.493	1.405	2.074	1.492	1.405	1.902	1.361	1.284	1.962	1.409	1.437	2.069	1.494	1.402
MC	2.232	1.589	1.572	2.226	1.593	1.572	1.934	1.369	1.364	2.02	1.433	1.517	2.225	1.591	1.57
MSR	2.295	1.623	1.542	2.287	1.624	1.536	2.046	1.439	1.343	2.128	1.513	1.513	2.289	1.624	1.539
TSR	2.15	1.526	1.737	2.165	1.541	1.748	2.054	1.452	1.649	2.096	1.49	1.776	2.169	1.554	1.762
KM 0+030															
SN	2.319	1.616	1.587	2.315	1.615	1.587	2.139	1.486	1.451	2.205	1.539	1.616	2.315	1.617	1.587
MC	2.538	1.746	1.701	2.531	1.745	1.701	2.167	1.487	1.472	2.279	1.563	1.622	2.529	1.75	1.702
MSR	2.574	1.747	1.908	2.568	1.745	1.906	2.302	1.547	1.696	2.403	1.631	1.885	2.569	1.747	1.907
TSR	2.473	1.681	1.964	2.483	1.696	1.977	2.353	1.572	1.779	2.401	1.639	1.965	2.492	1.715	1.982
KM 0+040															
SN	2.336	1.649	1.643	2.333	1.649	1.64	2.183	1.50	1.498	2.237	1.569	1.65	2.331	1.651	1.641
MC	2.739	1.861	1.85	2.734	1.868	1.849	2.409	1.612	1.643	2.481	1.675	1.767	2.736	1.874	1.853
MSR	2.493	1.688	1.84	2.49	1.685	1.84	2.245	1.5	1.648	2.323	1.571	1.806	2.488	1.691	1.839
TSR	2.518	1.704	1.837	2.514	1.704	1.835	2.242	1.489	1.835	2.334	1.576	1.8	2.518	1.707	1.836
KM 0+050															
SN	2.018	1.439	1.346	2.015	1.436	1.343	1.877	1.32	1.254	1.952	1.369	1.382	2.013	1.439	1.342
MC	2.285	1.59	1.504	2.281	1.59	1.505	2.19	1.382	1.316	2.086	1.443	1.461	2.279	1.593	1.503
MSR	2.198	1.545	1.586	2.194	1.543	1.586	1.972	1.356	1.406	2.038	1.427	1.563	2.198	1.547	1.585
TSR	2.121	1.496	1.571	2.1235	1.521	1.573	1.962	1.348	1.395	2.029	1.415	1.554	2.148	1.530	1.575
KM 0+060															
SN	1.616	1.242	1.101	1.61	1.241	1.101	1.521	1.124	1.007	1.552	1.179	1.158	1.613	1.242	1.009
MC	1.841	1.375	1.552	1.836	1.377	1.577	1.629	1.175	1.352	1.687	1.252	1.47	1.836	1.378	1.556
MSR	1.879	1.384	1.471	1.874	1.381	1.469	1.674	1.186	1.309	1.728	1.265	1.413	1.874	1.39	1.468
TSR	1.683	1.27	1.449	1.704	1.288	1.471	1.602	1.174	1.35	1.642	1.228	1.562	1.71	1.306	1.482

4.3. **Discusión de resultados**

En condición estática, ambos taludes presentaron factores de seguridad superiores a 2.00, lo que indica una condición estable natural frente a la gravedad. Esto coincide con lo expuesto por Shiddiq et al. (2024), quienes identificaron factores de seguridad superiores a 1.5 en distintos sectores de Cimahi (Indonesia), en condiciones sin intervención, confirmando que algunos taludes naturales pueden mantener una estabilidad aceptable en estados estáticos. Sin embargo, en la presente investigación, se observó que el talud El Ingenio mostró mayor homogeneidad y valores promedio más altos ($FS = 2.15$) que el talud Tayal ($FS = 2.03$), lo que sugiere una disposición geotécnica más favorable en el primero. Esta diferencia se ve acentuada al observar la variabilidad en los valores mínimos, siendo más pronunciada en Tayal (mínimo $FS = 1.616$), en línea con lo reportado por Fernandez (2022), quien indicó que ciertos sectores de la carretera PE-3N también presentaban zonas con valores cercanos a la inestabilidad y requerían intervenciones específicas.

En condición sísmica, ambos taludes también cumplieron con la normativa CE.020 al presentar factores de seguridad promedio mayores a 1.25. No obstante, se identificaron secciones críticas en Tayal (como 0+060) donde el FS descendió a valores cercanos a 1.124 (Janbu), lo que evidencia mayor vulnerabilidad sísmica localizada. Esto guarda correspondencia con Choi et al. (2024), quienes señalaron que, durante eventos sísmicos, los taludes pueden no alcanzar la estabilidad mínima exigida ($FS < 1.3$) y requieren refuerzo adicional, como micropilotes.

En el caso de infiltración por lluvias, los factores de seguridad disminuyeron en ambos taludes, siendo esta la condición más crítica. Aunque los valores promedio aún se situaron dentro de márgenes aceptables ($FS \approx 1.47$ para

El Ingenio y $FS \approx 1.44$ para Tayal), se observaron valores mínimos preocupantes, particularmente en Tayal, donde en la sección 0+060 se alcanzaron valores tan bajos como $FS = 1.007$ (Janbu) y $FS = 1.009$ (Spencer). Estos resultados coinciden con Fernanda et al. (2024) y García (2022), quienes destacaron que la saturación del suelo por lluvias es determinante en la pérdida de estabilidad de taludes, obligando a implementar soluciones de drenaje o estructuras de contención.

En conjunto, los resultados de esta investigación confirmaron que, aunque ambos taludes naturales se encuentran relativamente estables en condiciones estáticas y sísmicas, presentan riesgo de inestabilidad bajo lluvias prolongadas, especialmente el talud Tayal, reforzando lo planteado por Huamán (2021) y Llaique (2022), quienes recomiendan evaluar e intervenir los taludes en función de las condiciones hidrogeológicas locales, ya que la infiltración representa un riesgo latente en la mayoría de zonas de montaña, además de que sugieren la implementación de medidas de reforzamiento para evitar deslizamientos de talud por precipitaciones pluviales.

Los muros de concreto armado en voladizo, adaptados a las características geométricas y geotécnicas de cada talud, presentaron excelente desempeño estructural. En particular, el talud El Ingenio, con un muro de 8.5 m de altura, obtuvo factores de seguridad de 3.13 frente al volteo, 2.43 ante deslizamiento, y 1.18 en capacidad portante, todos por encima de los límites mínimos requeridos. Igualmente, el muro diseñado para el talud Tayal, de 6.5 m de altura, alcanzó valores superiores: 3.59 frente al volteo, 4.91 en deslizamiento, y 1.57 en capacidad portante, evidenciando un desempeño sobresaliente en estabilidad estructural. Estos hallazgos son coherentes con Shiddiq et al. (2024) quienes documentaron factores de seguridad entre 1.54 y 3.20 al emplear muros de

contención de concreto en zonas de Cimahi (Indonesia), mientras que Fernanda et al. (2024) reportaron mejoras del 32% en el factor de seguridad tras implementar muros de gaviones. En la presente investigación, se observaron mejoras entre 9.73% y 29.69% en condición estática y hasta 32.91% bajo lluvia, especialmente en sectores críticos como la sección 0+006 del talud El Ingenio.

Del mismo modo, para el talud Tayal, los factores de seguridad también mejoraron de forma consistente. Las mejoras oscilaron entre 7.36% y 17.25% en condición estática, 6.43% a 12.86% en condición sísmica y hasta 40.96% bajo lluvias, superando incluso lo evidenciado por estudios como el de Choi et al. (2024), donde durante temporada de lluvias se obtuvo un FS apenas por encima del mínimo (1.31). La presente investigación, en cambio, logró niveles de estabilidad que superan holgadamente los umbrales exigidos, incluso en los sectores más comprometidos como 0+060.

En el contexto nacional, Contreras (2021) también validan la efectividad del muro en voladizo, demostrando que este tipo de estructuras permite alcanzar valores de FS conforme a la normativa CE.020. Además, lo desarrollado por Chichipe (2024) en Chachapoyas refuerza la selección de esta solución como alternativa estructuralmente eficiente y más económica frente al muro en voladizo tradicional, coincidiendo con el enfoque de esta investigación al optimizar tanto el rendimiento técnico como la funcionalidad geotécnica. Asimismo, los resultados obtenidos se alinean con lo señalado por Torrez (2024), quien comprobó mediante cálculos y validación en software que los muros diseñados cumplieron los criterios de estabilidad externa, interna y global. En la presente tesis, el refuerzo mediante muro permitió que los factores de seguridad superaran

ampliamente los mínimos normativos en todas las secciones analizadas y en las tres condiciones de carga.

En la validación técnica del diseño de muros de tierra reforzada con el sistema Terramesh, como alternativa de estabilización para los taludes se consideró dos configuraciones geométricas: muros con frente vertical (90°) y muros inclinados a 70° , con dimensiones ajustadas a las condiciones topográficas y geotécnicas de cada emplazamiento. Los resultados mostraron que ambos tipos de muro diseñados cumplen ampliamente con los criterios de estabilidad establecidos por la norma CE.020, tanto a nivel externo (volteo, deslizamiento, excentricidad y capacidad portante) como interno (resistencia a tracción, deslizamiento y extracción del geotextil), así como la estabilidad global del sistema. Por ejemplo, el muro inclinado del talud Tayal alcanzó un factor de seguridad por volteo de 8.50, mientras que el muro sin inclinación de El Ingenio logró una resistencia al deslizamiento de 3.64, valores que superan ampliamente los umbrales normativos. Asimismo, los factores de seguridad por extracción del geotextil alcanzaron hasta 26.90 en el muro inclinado de El Ingenio, confirmando una adherencia eficiente del refuerzo con el terreno.

En el ámbito internacional, Fernanda et al. (2024) reportaron incremento del 32% en el factor de seguridad al emplear muros de gaviones, alcanzando un valor final de 1.51; en contraste, los diseños Terramesh aquí evaluados superan ampliamente este valor, con factores de seguridad promedio entre 1.88 y 2.35 bajo condiciones críticas. Asimismo, Choi et al. (2024) observaron que sus muros tipo panel no alcanzaban el mínimo requerido en condición sísmica ($FS = 1.12$), lo cual difiere de los resultados del presente estudio, donde incluso el diseño con menores valores ($FSs \approx 1.43$) supera el umbral de 1.25.

En el ámbito nacional, los resultados obtenidos son congruentes con los de Gutiérrez y Montes (2024), quienes también validaron el uso del sistema Terramesh como técnica eficaz para estabilizar taludes costeros, logrando factores de seguridad por encima de 3.00 frente al vuelco y 2.38 frente al deslizamiento; aunque las condiciones geométricas y climáticas fueron diferentes, ambos estudios concluyen que este tipo de refuerzo con geotextiles ofrece desempeño superior en estabilidad. También Luján y Polinar (2024) reportaron valores de FS superiores a 3.62 con Terramesh y Terramesh Verde, lo que coincide con los buenos resultados observados en los muros evaluados en Cochabamba – Lajas, especialmente en escenarios de lluvia, donde se logró una mejora de hasta 55.52% del FS respecto al talud natural (sección 0+012).

Por tanto, los muros Terramesh diseñados en esta investigación no solo cumplen con la normativa técnica vigente, sino que también ofrecen ventajas competitivas frente a otras alternativas de estabilización. En particular, el muro sin inclinación (MSR) se destacó por ofrecer mejores desempeños estructurales en la mayoría de las condiciones analizadas, aunque el muro inclinado (TSR) representa una alternativa igualmente estable y funcional, con beneficios en términos de integración paisajística y adaptabilidad al perfil natural del terreno. Estas evidencias respaldan la implementación del sistema Terramesh como una opción efectiva para la estabilización de taludes.

Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas en los costos de construcción, siendo los muros con sistema Terramesh considerablemente más económicos. En el talud El Ingenio, el muro de concreto armado alcanzó un costo de S/ 506,607.61, mientras que el muro MSR costó S/ 308,980.25, lo que representó un ahorro del 39.01%. El muro TSR, por su parte, se ejecutó por S/

194,360.19, generando un ahorro del 61.63% frente al muro de concreto. En el talud Tayal, aunque la brecha económica fue menor, se observaron tendencias similares: el muro de concreto armado tuvo un costo de S/ 493,264.85, el muro MSR costó S/ 447,185.27 (9.34% de ahorro) y el muro TSR, S/ 297,769.51 (39.63% de ahorro).

Estos hallazgos coinciden con Condor (2025), quien evidenció que los muros de mampostería eran más económicos que los de concreto armado, con una diferencia del 35.89%. Llaique (2022) también destacaron la eficiencia económica del sistema Erdox frente al Terramesh y al concreto armado, situándolo como la alternativa más rentable. No obstante, en la presente investigación, a pesar de que el sistema Terramesh no resultó ser la opción más económica en todos los estudios de comparación mencionados, sí se destacó por su notable relación costo-beneficio. En especial, el diseño inclinado (TSR) demostró ser la alternativa más eficiente en términos económicos, sin comprometer el cumplimiento de los criterios de estabilidad estructural.

Por tanto, los muros de tierra reforzada con sistema Terramesh no solo ofrecen una solución técnicamente viable para la estabilización de taludes, sino que también representan una opción más accesible económicamente, especialmente en sectores donde las condiciones geométricas requieren estructuras de mayor envergadura. El uso de configuraciones inclinadas amplifica estos beneficios, reforzando la recomendación de su implementación en futuras intervenciones de estabilización vial en Chota.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La evaluación integral de la estabilización de taludes mediante muros de concreto armado y sistema Terramesh en el tramo Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas, demostró que ambos métodos mejoran significativamente la seguridad global del terreno frente al talud natural (valor $p = 0.000$). No obstante, bajo condiciones críticas de infiltración pluvial, el sistema Terramesh, particularmente en su configuración MSR (sin inclinación), evidenció mejor desempeño estructural y estadístico frente al muro de concreto armado (valor $p = 0.038$), alcanzando factores de seguridad de hasta 2.21, con aumento de hasta el 55.52% respecto al estado natural, además de su menor costo constructivo y facilidad de implementación, lo que lo posicionan como una alternativa técnica, económica y sostenible frente al muro de concreto armado.

Las conclusiones específicas obtenidas son:

- 1) El talud natural entre el Km 133+000 y el Km 137+000 de la carretera PE-3N es estable en condiciones estáticas y dinámicas (sismo), pero inestable con infiltración por presencia de lluvias. Los factores de seguridad estáticos promedio fueron 2.15 (El Ingenio) y 2.03 (Tayal), mínimos 1.832 en 0+000 y 1.616 en 0+060, respectivamente ($FS > 1.5$); y en condición sísmica, ambos taludes mantuvieron $FS \geq 1.25$ (promedios 1.53 y 1.50; mínimos 1.287 en El Ingenio 0+000 y 1.124 en Tayal 0+060 con Janbu), mientras que con infiltración por lluvias la estabilidad disminuyó a promedios 1.47 (El Ingenio) y 1.44 (Tayal), registrándose mínimos críticos de 1.224 (El Ingenio 0+006) y 1.007 (Tayal 0+060).

- 2) Se diseñaron muros de concreto armado en voladizo para los taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas que cumplen integralmente la RNE-CE.020 y estabilizan los taludes El Ingenio (H=8.5 m; base=5.1 m) y Tayal (H=6.5 m; base=3.9 m), verificando factores de seguridad holgados en volteo (3.13 y 3.59), deslizamiento (2.43 y 4.91), y excentricidad dentro del tercio medio ($e=0.081$ m y 0.074 m); adicionalmente, el diseño del acero se dimensionó y detalló conforme a la RNE-E.060 para flexión y corte en vástago, talón y puntera, con cuantías y separaciones que cumplen mínimos normativos (vástago con $\frac{3}{4}$ "@12 cm en la zona de mayor momento y $\frac{1}{2}$ "/ $\frac{3}{8}$ " en zonas superiores; y en zapata $\frac{5}{8}$ "@20–25 cm como principal y $\frac{1}{2}$ "@25 cm de reparto). Respecto al análisis de estabilidad global de taludes en SLIDE, el muro elevó los factores de seguridad respecto al talud natural en todos los escenarios (El Ingenio: +9.73–29.69% estático, +6.09–19.54% sísmico, +10.04–32.91% lluvia; Tayal: +7.36–17.25%, +6.43–12.86%, +7.18–40.96%), logrando que los tramos más vulnerables alcancen niveles de seguridad aceptables (FS > 1.5 estático y lluvia, FS > 1.25 sismo).
- 3) Se diseñaron muros de suelo reforzado tipo Terramesh para los taludes El Ingenio (H=7.0 m) y Tayal (H=6.0 m) en dos configuraciones, frente vertical (MSR) y frente inclinado 70° (TSR) que cumplen integralmente la RNE-CE.020. Se verificó la seguridad frente a volteo (FS=8.19 en El Ingenio-TSR y FS=8.50 en Tayal-TSR), deslizamiento del muro (FS=3.64–4.58 en los casos más exigentes), excentricidad dentro del tercio medio ($e=0.001$ m), y capacidad portante admisible (FS= 1.18–1.80); en la verificación interna del refuerzo, el geotextil resultó adecuadamente dimensionado frente a tracción (FS= 2.88–6.50), deslizamiento (FS= 3.45–3.52) y extracción (FS hasta 26.90

en El Ingenio–TSR y 22.59 en Tayal–TSR), garantizando la adherencia y el anclaje del sistema. Respecto al análisis de estabilidad global de taludes en SLIDE, los muros incrementaron el factor de seguridad respecto al talud natural en todos los escenarios: en El Ingenio, el MSR mejoró entre +5.75–15.56% (estático), +3.73–7.04% (sísmico) y +9.60–55.52% (lluvia), mientras que el TSR aportó +2.68–9.61%, +2.18–4.14% y +16.70–37.65%, respectivamente; en Tayal, el MSR logró +6.72–16.27%, +2.37–11.43% y +9.75–33.61%, y el TSR +3.42–7.79%, +2.16–4.02% y +11.81–31.61%, correspondientemente, logrando que los tramos más vulnerables alcancen niveles de seguridad aceptables ($FS > 1.5$ estático y lluvia, $FS > 1.25$ sismo).

- 4) La comparación económica evidenció que el sistema Terramesh representa una alternativa más rentable que los muros de concreto armado para la estabilización de los taludes El Ingenio y Tayal entre el Km 133+000 y el Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas. En El Ingenio, el muro de concreto armado alcanzó un costo de S/ 506,607.61, mientras que los muros Terramesh mostraron reducciones sustanciales: el MSR (sin inclinación) costó S/ 308,980.25, equivalente a 39.01% de ahorro, y el TSR (inclinación 70°) S/ 194,360.19, con 61.63% de reducción. En Tayal, el muro de concreto representó S/ 493,264.85, frente a S/ 447,185.27 del MSR (9.34% menos) y S/ 297,769.51 del TSR (39.63% menos). Estas diferencias se explican por el menor volumen de concreto, acero y encofrado, y por la incorporación modular del refuerzo geotextil, que reduce costos de transporte y montaje.

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

- Se recomienda priorizar la implementación de medidas de estabilización en zonas vulnerables bajo condición de lluvia, especialmente en la sección 0+060 del talud Tayal, donde el factor de seguridad fue crítico ($FS = 1.007$). Es fundamental considerar soluciones de drenaje y refuerzo estructural para mitigar el riesgo de falla por saturación del terreno.
- Se recomienda utilizar muros de concreto armado en situaciones donde se requiera alta resistencia estructural frente a cargas sísmicas y estáticas, como en zonas con actividad sísmica relevante o con geometrías complejas. Su eficacia queda demostrada por factores de seguridad elevados, con mejoras de hasta 40.96% en condición de lluvia en Tayal.
- Se recomienda fomentar el uso del sistema Terramesh como alternativa estructural efectiva para la estabilización de taludes, especialmente en condiciones de alta pluviosidad. Su sobresaliente desempeño en factores de seguridad (hasta $FS = 26.90$ por extracción) y su alta adaptabilidad lo convierten en una solución técnica confiable y versátil en entornos geotécnicos variados.
- Se recomienda optar por el sistema Terramesh, particularmente en su configuración inclinada (TSR), como alternativa principal para proyectos de estabilización de taludes, dado su alto rendimiento técnico y el ahorro económico significativo, con reducciones de hasta 61.63% en El Ingenio y 39.63% en Tayal respecto al concreto armado. Esto permite optimizar recursos sin comprometer la seguridad estructural.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2001). *Slope stability and stabilization methods*. John Wiley & Sons.
- Alonso, E., Corominas, J., & Hurlimann, M. (2017). *IX Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. UPC. <https://personal.ua.es/es/roberto-tomas/documentos/cortes-de-pallas.pdf>
- Azim, U., & Sengupta, S. (2024). Parametric Assessment for Stability Analysis of Unstable Slopes Reinforced with Breast Wall and Geotextiles Using Multivariate Regression Method. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 48(4), 2479-2510. <https://doi.org/10.1007/s40996-023-01283-8>
- Braja, M. D. (2001). *Fundamentos de la ingeniería geotécnica*. International Thomson.
- Camacho, G. M. (2021). *Determinación del factor de seguridad para comparar técnicas de estabilización de taludes utilizando GEO5 caso: parque El Milagro, Huaraz, Áncash*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60818>
- Carballo, E., & Silva, O. A. (2006). *Evaluación del efecto de los cambios de cobertura sobre la producción de agua y sedimentos en la microcuenca quebrada La Virgen, Los Teques, Edo. Miranda*. [Tesis de grado, Universidad Central Caracas de Venezuela]. https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Transecta-de-muestreo-de-suelo-a-lo-largo-de-la-ladera-de-terreno_fig1_48223748
- Carmona, J., & Ruge, J. (2015). Análisis de las correlaciones existentes del ángulo de fricción efectivo para suelos del piedemonte oriental de Bogotá usando ensayos in situ. *Tecnológicas*, 18(35), 533-540. <https://doi.org/10.22430/22565337.191>

- Chichipe, H. S. (2024). *Análisis técnico - económico entre muro en voladizo y con contrafuerte para estabilizar una plataforma - Chachapoyas*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/3839>
- Choi, D. W., Park, J. O., & Kim, D. (2024). A Study on the Stability of Slopes Reinforced with Panel-Type Retaining Walls. *Journal of the Korean Geosynthetics Society*, 23(2), 1-7. <https://doi.org/10.12814/jkgss.2024.23.2.001>
- Condor, H. G. (2025). *Análisis técnico y económico de muro de concreto ciclópeo y concreto armado para taludes del AA.HH Villa Esperanza - Carabayllo, 2024*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/9281>
- Contreras, A. M. (2021). *Evaluación de alternativas para la estabilización de taludes utilizando geotextil u hormigón armado*. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/36422>
- Dewi, P., Widiastuti, S., Kurniawan, M. A., & Pinuji, I. A. (2024). Slope Reinforcement Alternatives Comparison at Railways Track. *International Conference on Architecture and Civil Engineering Conference*, 635(1), 1035-1046. https://doi.org/10.1007/978-981-96-5654-7_94
- FAO. (2021). *Permeabilidad del suelo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm
- Fernanda, F., Munirwansyah, M., & Sungkar, M. (2024). Increase in Safety Factor Value in Existing Conditions and Reinforcement of Gabion Type Retaining Wall Pt.

- Medco E&P Malaka Block A. *In E3S Web of Conferences*, 476(1), 1-8.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447601014>
- Fernandez, A. (2022). *Evaluación del nivel de riesgo a deslizamiento de taludes mediante los métodos de Taylor y Monte Carlo en el Trmo Peña de los Loros, Carretera 3N, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Gamarra, E. J. (2017). *Construcción de dique como estabilización de depósitos de material inerte y botadero de material de préstamo*. [Tesis de grado, Centro Geotécnico Internacional].
- García, A. A. (2022). *Análisis de estabilidad y propuesta de métodos de estabilización para el talud del km 7+500 al km12+000 de la vía Guaranda – Riobamba*. [Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad Central del Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27759>
- Gidon, S., & Sahoo, S. (2020). Rainfall-Induced Slope Failures and Use of Bamboo as a Remedial Measure: A Review. *Indian Geotechnical Journal*.
<https://doi.org/10.1007/s40098-020-00409-3>
- Gómez, L., Güillín, W. F., & Gallardo, R. J. (2016). Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante. *Tecnura*, 20, 95-107.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/11682/12418>
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>

- Gutierrez, D. A., & Montes, J. D. (2024). *Uso del sistema de suelo reforzado Terramesh como propuesta de mejora del Factor de Seguridad (F.S) mediante el software MACSTAR para la estabilización de los acantilados de la playa Los Delfines del distrito de Miraflores - Costa verde de Lima*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. <http://hdl.handle.net/10757/674546>
- Hack, R., & Alkema, D. (2007). Influence of earthquakes on the stability of slopes. *Engineering Geology*, 91(1), 4-15. https://www.academia.edu/13015488/Influence_of_earthquakes_on_the_stability_of_slopes
- Huaman, J. (2021). *Evaluación y control de deslizamiento de taludes entre el Km 59 al Km 63 de la carretera Cajamarac - Ciudad de Dios*. [Tesis de grado Universidad Nacional de Cajamarca].
- Huang, J. (2020). *Mechanically Stabilized Earth Walls (MSE) and Reinforced Soil Slopes (RSS)*. PDH Center. <https://pdhonline.com/courses/c150/FHWA-NHI-00-043.pdf>
- INACAL. (2017). *NTP 339.171 SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

- INDECI. (09 de abril de 2022). Reporte complementario N° 3661-9/4/2022/ COEN-INDECI/13:50 horas (Reporte N° 2) Deslizamiento en el distrito de Lajas Cajamarca. *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)*, págs. 1-5. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/04/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-3661-9ABR2022-DESLIZAMIENTO-EN-EL-DISTRITO-DE-LAJAS-CAJAMARCA-2.pdf>
- Jamal, H. (21 de Marzo de 2017). *Types of Slopes | Natural, Artificial, Finite, Infinite*. GEOTECHNICAL ENGINEERING: <https://www.aboutcivil.org/slope-types>
- Jimenez, R. (2017). *Introducción a la contaminación de los suelos*. Ediciones Mundi - Prensa. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iZg6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=definici%C3%B3n+de+suelo++seg%C3%BA+autores&ots=i6HzRi2wZt&sig=RG0MeAtixaY_wg-3ETVvLPrBNUc#v=onepage&q&f=false
- Kenneth, S., Vardaneja, P. J., & Bolton, M. (2013). The plastic limit of clays. *Géotechnique*, 63(6), 4356-440. <https://doi.org/10.1680/geot.11.P.123>
- Lambert, S., & Bourrier, F. (2013). Design of rockfall protection embankments: A review. *Engineering Geology*, 154(1), 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2012.12.012>
- Landice , C. (2018). Terramesh takes the traffic load. *Imiesa* , 44(8). <https://doi.org/https://journals.co.za/doi/abs/10.10520/EJC-17c9a36b2c>
- Lara, L., & Bustamante, R. (2022). Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas. *Revista Politécnica*, 49(2), 37-46. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.04>

- León, H., & Miño, J. (2014). *Análisis experimental de los anclajes en un muro claveteado*. [Tesis de grado: Universidad Politecnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8017>
- Llague, N. R. (2022). *Evaluación, análisis y estabilidad de taludes con el Sistema Erdox en la carretera PE-28B del km 152+045 al km 152+195 - Kepashiato - Kiteni*. [Tesis de grado, Universidad Continental].
- Lujan, J. C., & Polinar, Y. A. (2024). *Estabilización de los Factores Geológicos e Hidrogeológicos de un Sector Crítico Ubicado entre los KM 258+100 y KM 295+300 de la Carretera Puerto Súngaro - San Alejandro, Año 2023*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/7194>
- Maccaferri . (2023). *Maccaferri*. <https://www.maccaferri.com/us/products/terramesh/>: <https://www.maccaferri.com/us/products/terramesh/>
- Maccaferri. (2013). TERRAMESH® SYSTEM. *TECHNICAL DATA SHEET*. https://www.rhmooreassociates.com/images/pdf/TDS_US_Terramesh_Jun13.pdf
- Medina, Y., & Cartaya, M. (2018). Uso del software Slide para el análisis del comportamiento sísmico de taludes. *Ciencia & Futuro*, 8(2), 1-17. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/347240940_Uso_del_software_Slide_para_el_analisis_del_comportamiento_sismico_de_taludes
- Mohamad, N., & Rahim, N. (2012). Determination of Plasticity Index and Compression Index of Soil at Perlis. *APCBEE Procedia*, 4(1), 94-98. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.016>
- MTC. (2014). *Manual de carreteras, suelo, geología, geotecnia y pavimentos: sección suelos y pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

- MVCS. (2009). Norma E.060 Concreto armado. En Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS), *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-201). Instituto de Construcción y Gerencia. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2009_E_060.pdf
- MVCS. (2012). Norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes. En Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-18). Instituto de la Construcción y Gerencia. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo2/05_CE/017-2012-CE020.pdf
- MVCS. (2018). Norma E.030 Diseño sismorresistente. En Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-32 pp.). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E030_RM-355-2018-VIVIENDA_Peruano.pdf
- Noreña, A. L., Alcaraz-Moreno, N., Rojas, J. G., & Rebolledo-Malpica, D. (2012). Aplicabilidad dos critérios de rigor e éticos na pesquisa qualitativa. *Aquichan*, 12(3), 263-274. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-59972012000300006&script=sci_abstract&tlng=pt
- Nuñez, S., & Sosa, N. (2016). *Informe técnico N° A6704 Deslizamiento en el sector de Vista Alegre región Huancavelica, provincial y distrito de Churcampá*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMENT). http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INGEMMET/A6704_Deslizamiento%20Sector%20Vista%20Alegre.pdf

- Ortega, E. R., & Vanegas, A. (2022). Análisis de la Incidencia Geotécnica para la Construcción. *Revista Politécnica*, 18(36), 17-29. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v18n36a2>
- Ortiz, O., Montalvo, N., Mejía, A., Vásquez, A., & Ingol-Blanco, E. (2016). Morfometría adimensional de sistemas hidrológicos altoandinos y generación de información hidrológica. *XXVII Congreso latinoamericano de Hidráulica, IAHR*.
- Oyola, R. D. (2016). Determinación de la resistencia a la penetración de un suelo cohesivo en diferentes condiciones de hidratación y compactación. *Determinación de la resistencia a la penetración de un suelo cohesivo en diferentes condiciones de hidratación y compactación. Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 10(3), 1-10. <https://www.redalyc.org/journal/1939/193949520004/html/>
- Puvvadi, S., & Sridharan, A. (1985). Liquid Limit of Soil Mixtures. *Geotechnical Testing Journal*, 8(3), 111-116. <https://doi.org/10.1520/GTJ10521J>
- Ramírez, Á., Sánchez, A., Aroche, C., & Luna, F. (2019). Análisis y diseño de muros de contención. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 5(1), 1-7. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3031>
- Rodrigo, L. R. (2012). *Análisis de estabilidad de taludes en la carretera Lajas – Ajipampa*. [Tesis de licenciatura para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Rojas, R., & Chávez, I. (2024). *Estrategias de control del deslizamiento para la estabilidad del talud llarillaco en la carretera Chota - La Palma, provincia de Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/536>

- Sakai, K. (2005). Environmental Design for Concrete Structures. *Journal of advanced Concrete Technology*, 3(1), 17-28.
- Sanhueza, P., & Rodríguez, L. (2013). Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la construcción*, 12(1), 17-29.
- Sanz, P., & Pascual, J. (2022). Estabilización de taludes mediante soluciones basadas en la naturaleza "NBS". ejemplos con empalizadas de troncos tipo "krainer", en la estación de Esquí de Port Ainé. *X Simposio Nacional de Taludes y Laderas Inestables*, 1(1), 1-9.
<https://congress.cimne.com/simposiotaludes2021/admin/files/filePaper/p10.pdf>
- SENAMHI. (2023). *Boletín climático anual 2023*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).
- Shiddiq, R. A., Hasan, F., & Roespinoedji, R. (2024). Safety Factor Analysis on the Stability of the Retaining Wall Structure in Cimahi City, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 9(3), 366-372.
<https://doi.org/10.25299/jgeet.2024.9.3.16368>
- Spencer, E. (1967). Method of analysis of the stability of embankments assuming parallel interslice forces. *Géotechnique*, 17(1), 11-26.
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Laderas en Zonas Tropicales*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda.
- Torrez, H. A. (2024). *Diseño de un muro de suelo reforzado a nivel estático y dinámico en el tramo Comarapa - Santa Cruz "Prog. 431+800"*. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés].
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/35737>

- Tudorica , M., & Corneliu, I. B. (2024). Intervention Works Conducted to Ensure the Stability of a Slope: A Sustainability Study. *Sustainability*, 16(4), 14-15.
<https://doi.org/10.3390/su16041544>
- Valiente , R., Sobrecases, S., & Diaz, A. (2015). *Estabilidad de taludes: Conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo*. Revista CIVILIZATE.
- Valiente, R., Sobrecases, S., & Díaz, A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *Civilízate*, 1(1), 50-54.
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/16157>
- Vargas, E. M. (2023). *Herramientas de bioingeniería para la estabilización de taludes*. Universidad Cooperativa de Colombia.
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/2a04f4a6-7f52-4dc6-82c1-8db959b5642c/content>
- Velarde, F., Bojórquez, F., Bojórquez, J., & Borjórquez, E. (2022). Confiabilidad estructural de edificios de concreto reforzado y sistema dual. *Ingeniería sísmica*, 10(7), 74-90. <https://doi.org/10.18867/ris.107.626>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Título del Proyecto: Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Lajas

Tesista(s): Deiner Yonathan Benavidez Mejía, Rowlan Golver Idrogo Saldaña

Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál es el sistema más eficiente entre muros de concreto armado y sistema terramesh para la estabilización de taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas?	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar la estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar la estabilidad del talud natural del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas. Diseñar un muro de concreto armado para estabilizar taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas. Diseñar un muro con sistema terramesh para estabilizar taludes del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas. 	<p>El uso del sistema Terramesh es más eficiente que los muros de concreto armado en la estabilización de taludes de la carretera PE-3N del Km 133+000 al Km 137+000, Cochabamba – Lajas.</p>	VI Muros de concreto armado	Características topográficas del talud	Pendiente	<p>Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicado Nivel: Descriptivo Diseño: Descriptivo causal simple</p> <p>Muestra: La muestra son dos taludes, el talud en el Ingenio y el talud cerca de Tayal carretera PE-3N ubicado en el distrito de Lajas, provincia de Chota, modelado con muros de concreto armado y con Sistema Terramesh para comparar los resultados de cada técnica de estabilización. El talud en el Ingenio tiene una sección vial de 40 m y el talud en Tayal una sección vial de 80 m, es decir 120 m lineales colindan con la carretera PE-3N siendo así, de este trayecto se tomarán las secciones de análisis en una distancia de 10 m, siendo doce secciones de análisis, en un área de 0.30 hectáreas por cada talud.</p>
					Extensión	
					Elevación	
				Características geotécnicas	Granulometría	
					Límites de consistencia	
					Peso específico	
				Dimensiones	Cohesión	
					Ángulo de fricción	
					Base	
				Comportamiento estructural	Cabezal	
					Cuerpo	
					Estabilidad por vuelco	
			Características topográficas del talud	Estabilidad por deslizamiento		
				Estabilidad por capacidad portante		
				Pendiente		
			Características geotécnicas	Extensión		
				Elevación		
				Granulometría		
			Dimensiones	Límites de consistencia		
				Peso específico		
				Cohesión		
			Comportamiento estructural	Ángulo de fricción		
				Geo sintético		
				Base		
Estabilidad del talud natural	Altura					
	Ángulo de inclinación					
	Estabilidad por vuelco					
Estabilidad del talud con sistemas de contención	Estabilidad por deslizamiento					
	Estabilidad por capacidad portante					
	Factor de seguridad estático					
Eficiencia de los sistemas de contención	Factor de seguridad dinámico					
	Factor de seguridad estático					
	Factor de seguridad dinámico					
Análisis de costos	Equipos y herramientas					
	Materiales					
	Mano de obra					

Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1. Vista del talud El Ingenio



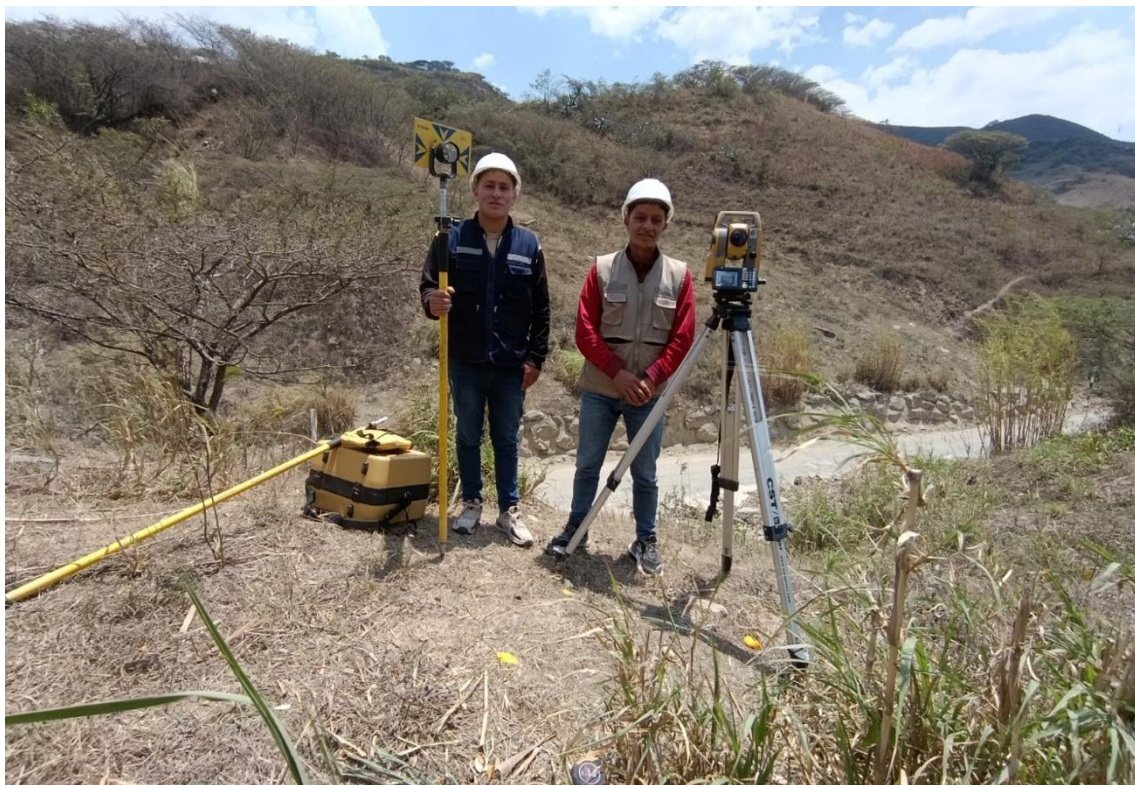
Fotografía 2. Realización del levantamiento topográfico en el talud El Ingenio



Fotografía 3. Equipo de trabajo en el levantamiento topográfico de El Ingenio



Fotografía 4. Levantamiento topográfico en el talud Tayal



Fotografía 5. Calicata 1, El Ingenio



Fotografía 6. Calicata 2, El Ingenio



Fotografía 7. Calicata 3, El Ingenio



Fotografía 8. Calicata 1, Tayal



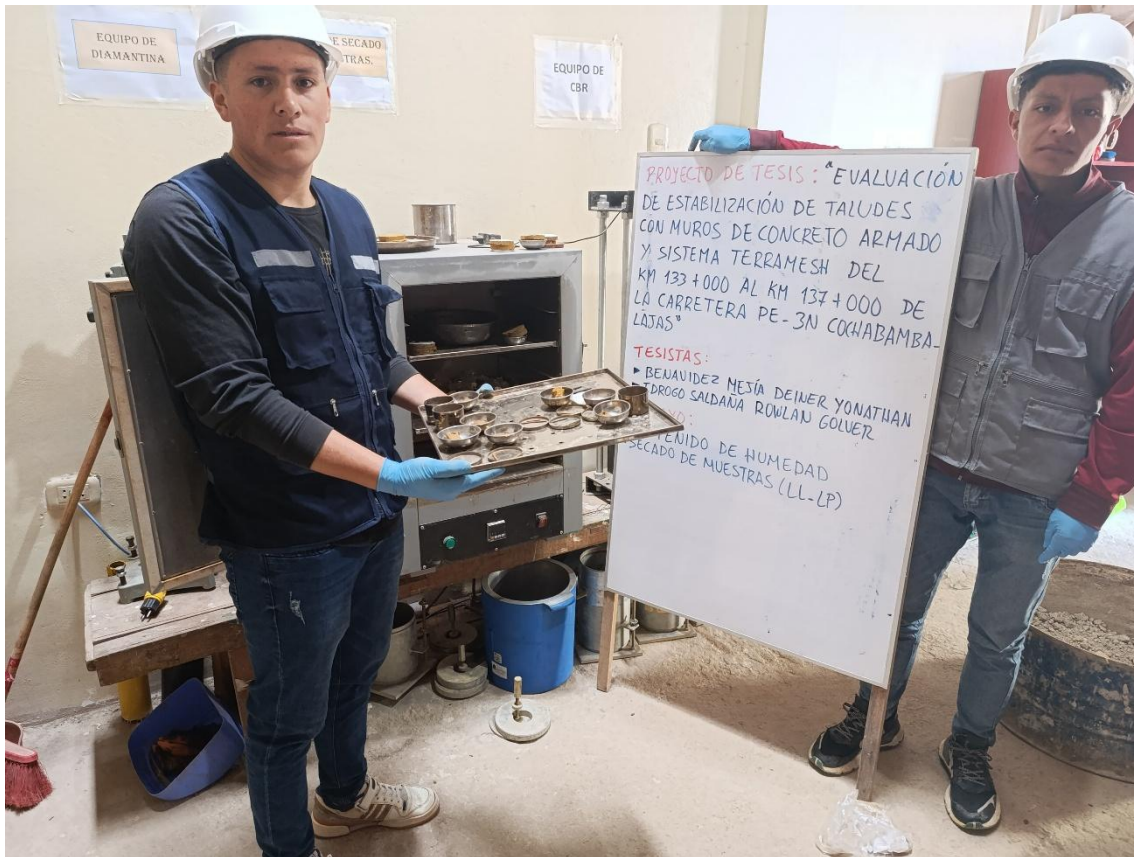
Fotografía 9. Calicata 2, Tayal



Fotografía 10. Calicata 3, Tayal



Fotografía 11. Análisis de contenido de humedad en las muestras de suelo



Fotografía 12. Análisis granulométrico en las muestras de suelo



Fotografía 13. Tamizado de la muestra de suelo para realizar el análisis de límites de consistencia del suelo



Fotografía 14. Realización del ensayo de límite líquido del suelo



Fotografía 15. Realización del ensayo de límite plástico del suelo



Fotografía 16. Registro de datos de interés para la ejecución del ensayo de corte directo



Fotografía 17. Preparación de muestras para el ensayo de corte directo



Fotografía 18. Colocación de muestras para el ensayo de corte directo



Fotografía 19. Realización del ensayo de corte directo



Fotografía 20. Muestra después del ensayo de corte directo



Anexo C. Datos para el análisis estadístico

Tabla 56

Datos para el Análisis Estadístico (Factores de Seguridad)

Talud	Sección	Condición	Método	Muro	SN	MC	MSR	TSR
Tayal	0.010	Estática	Bishop	SN	1.783	2.002	1.94	1.865
Tayal	0.010	Sismo	Bishop	SN	1.344	1.473	1.437	1.373
Tayal	0.010	Lluvia	Bishop	SN	1.206	1.423	1.422	1.403
Tayal	0.010	Estática	Morgenstern	SN	1.779	1.996	1.936	1.875
Tayal	0.010	Sismo	Morgenstern	SN	1.343	1.475	1.44	1.39
Tayal	0.010	Lluvia	Morgenstern	SN	1.206	1.421	1.422	1.401
Tayal	0.010	Estática	Janbu	SN	1.615	1.754	1.683	1.667
Tayal	0.010	Sismo	Janbu	SN	1.197	1.269	1.221	1.213
Tayal	0.010	Lluvia	Janbu	SN	1.093	1.238	1.212	1.403
Tayal	0.010	Estática	Fellenius	SN	1.66	1.825	1.751	1.732
Tayal	0.010	Sismo	Fellenius	SN	1.247	1.339	1.293	1.28
Tayal	0.010	Lluvia	Fellenius	SN	1.225	1.4	1.383	1.375
Tayal	0.010	Estática	Spencer	SN	1.782	2	1.931	1.88
Tayal	0.010	Sismo	Spencer	SN	1.343	1.472	1.545	1.401
Tayal	0.010	Lluvia	Spencer	SN	1.207	1.426	1.419	1.403
Tayal	0.020	Estática	Bishop	SN	2.079	2.232	2.295	2.15
Tayal	0.020	Sismo	Bishop	SN	1.493	1.589	1.623	1.526
Tayal	0.020	Lluvia	Bishop	SN	1.405	1.572	1.542	1.737
Tayal	0.020	Estática	Morgenstern	SN	2.074	2.226	2.287	2.165
Tayal	0.020	Sismo	Morgenstern	SN	1.492	1.593	1.624	1.541
Tayal	0.020	Lluvia	Morgenstern	SN	1.405	1.572	1.536	1.748
Tayal	0.020	Estática	Janbu	SN	1.902	1.934	2.046	2.054
Tayal	0.020	Sismo	Janbu	SN	1.361	1.369	1.439	1.452
Tayal	0.020	Lluvia	Janbu	SN	1.284	1.364	1.343	1.649
Tayal	0.020	Estática	Fellenius	SN	1.962	2.02	2.128	2.096
Tayal	0.020	Sismo	Fellenius	SN	1.409	1.433	1.513	1.49
Tayal	0.020	Lluvia	Fellenius	SN	1.437	1.517	1.513	1.776
Tayal	0.020	Estática	Spencer	SN	2.069	2.225	2.289	2.169
Tayal	0.020	Sismo	Spencer	SN	1.494	1.591	1.624	1.554
Tayal	0.020	Lluvia	Spencer	SN	1.402	1.57	1.539	1.762
Tayal	0.030	Estática	Bishop	SN	2.319	2.538	2.574	2.473
Tayal	0.030	Sismo	Bishop	SN	1.616	1.746	1.747	1.681
Tayal	0.030	Lluvia	Bishop	SN	1.587	1.701	1.908	1.964
Tayal	0.030	Estática	Morgenstern	SN	2.315	2.531	2.568	2.483

Talud	Sección	Condición	Método	Muro	SN	MC	MSR	TSR
Tayal	0.030	Sismo	Morgenstern	SN	1.615	1.745	1.745	1.696
Tayal	0.030	Lluvia	Morgenstern	SN	1.587	1.701	1.906	1.977
Tayal	0.030	Estática	Janbu	SN	2.139	2.167	2.302	2.353
Tayal	0.030	Sismo	Janbu	SN	1.486	1.487	1.547	1.572
Tayal	0.030	Lluvia	Janbu	SN	1.451	1.472	1.696	1.779
Tayal	0.030	Estática	Fellenius	SN	2.205	2.279	2.403	2.401
Tayal	0.030	Sismo	Fellenius	SN	1.539	1.563	1.631	1.639
Tayal	0.030	Lluvia	Fellenius	SN	1.616	1.622	1.885	1.965
Tayal	0.030	Estática	Spencer	SN	2.315	2.529	2.569	2.492
Tayal	0.030	Sismo	Spencer	SN	1.617	1.75	1.747	1.715
Tayal	0.030	Lluvia	Spencer	SN	1.587	1.702	1.907	1.982
Tayal	0.040	Estática	Bishop	SN	2.336	2.739	2.493	2.518
Tayal	0.040	Sismo	Bishop	SN	1.649	1.861	1.688	1.704
Tayal	0.040	Lluvia	Bishop	SN	1.643	1.85	1.84	1.837
Tayal	0.040	Estática	Morgenstern	SN	2.333	2.734	2.49	2.514
Tayal	0.040	Sismo	Morgenstern	SN	1.649	1.868	1.685	1.704
Tayal	0.040	Lluvia	Morgenstern	SN	1.64	1.849	1.84	1.835
Tayal	0.040	Estática	Janbu	SN	2.183	2.409	2.245	2.242
Tayal	0.040	Sismo	Janbu	SN	1.5	1.612	1.5	1.489
Tayal	0.040	Lluvia	Janbu	SN	1.498	1.643	1.648	1.835
Tayal	0.040	Estática	Fellenius	SN	2.237	2.481	2.323	2.334
Tayal	0.040	Sismo	Fellenius	SN	1.569	1.675	1.571	1.576
Tayal	0.040	Lluvia	Fellenius	SN	1.65	1.767	1.806	1.8
Tayal	0.040	Estática	Spencer	SN	2.331	2.736	2.488	2.518
Tayal	0.040	Sismo	Spencer	SN	1.651	1.874	1.691	1.707
Tayal	0.040	Lluvia	Spencer	SN	1.641	1.853	1.839	1.836
Tayal	0.050	Estática	Bishop	SN	2.018	2.285	2.198	2.121
Tayal	0.050	Sismo	Bishop	SN	1.439	1.59	1.545	1.496
Tayal	0.050	Lluvia	Bishop	SN	1.346	1.504	1.586	1.571
Tayal	0.050	Estática	Morgenstern	SN	2.015	2.281	2.194	1.235
Tayal	0.050	Sismo	Morgenstern	SN	1.436	1.59	1.543	1.521
Tayal	0.050	Lluvia	Morgenstern	SN	1.343	1.505	1.586	1.573
Tayal	0.050	Estática	Janbu	SN	1.877	2.19	1.972	1.962
Tayal	0.050	Sismo	Janbu	SN	1.32	1.382	1.356	1.348
Tayal	0.050	Lluvia	Janbu	SN	1.254	1.316	1.406	1.395
Tayal	0.050	Estática	Fellenius	SN	1.952	2.086	2.038	2.029
Tayal	0.050	Sismo	Fellenius	SN	1.369	1.443	1.427	1.415
Tayal	0.050	Lluvia	Fellenius	SN	1.382	1.461	1.563	1.554
Tayal	0.050	Estática	Spencer	SN	2.013	2.279	2.198	2.148

Talud	Sección	Condición	Método	Muro	SN	MC	MSR	TSR
Tayal	0.050	Sismo	Spencer	SN	1.439	1.593	1.547	1.53
Tayal	0.050	Lluvia	Spencer	SN	1.342	1.503	1.585	1.575
Tayal	0.060	Estática	Bishop	SN	1.616	1.841	1.879	1.683
Tayal	0.060	Sismo	Bishop	SN	1.242	1.375	1.384	1.27
Tayal	0.060	Lluvia	Bishop	SN	1.101	1.552	1.471	1.449
Tayal	0.060	Estática	Morgenstern	SN	1.61	1.836	1.874	1.704
Tayal	0.060	Sismo	Morgenstern	SN	1.241	1.377	1.381	1.288
Tayal	0.060	Lluvia	Morgenstern	SN	1.101	1.577	1.469	1.471
Tayal	0.060	Estática	Janbu	SN	1.521	1.629	1.674	1.602
Tayal	0.060	Sismo	Janbu	SN	1.124	1.175	1.186	1.174
Tayal	0.060	Lluvia	Janbu	SN	1.007	1.352	1.309	1.35
Tayal	0.060	Estática	Fellenius	SN	1.552	1.687	1.728	1.642
Tayal	0.060	Sismo	Fellenius	SN	1.179	1.252	1.265	1.228
Tayal	0.060	Lluvia	Fellenius	SN	1.158	1.47	1.413	1.562
Tayal	0.060	Estática	Spencer	SN	1.613	1.836	1.874	1.71
Tayal	0.060	Sismo	Spencer	SN	1.242	1.378	1.39	1.306
Tayal	0.060	Lluvia	Spencer	SN	1.009	1.556	1.468	1.482
Ingenio	0.000	Estática	Bishop	SN	1.832	2.376	2.117	2.008
Ingenio	0.000	Sismo	Bishop	SN	1.377	1.646	1.474	1.434
Ingenio	0.000	Lluvia	Bishop	SN	1.427	1.796	1.564	1.751
Ingenio	0.000	Estática	Morgenstern	SN	1.829	2.374	2.113	2.007
Ingenio	0.000	Sismo	Morgenstern	SN	1.379	1.651	1.476	1.436
Ingenio	0.000	Lluvia	Morgenstern	SN	1.425	1.797	1.567	1.75
Ingenio	0.000	Estática	Janbu	SN	1.773	2.074	1.929	1.880
Ingenio	0.000	Sismo	Janbu	SN	1.287	1.396	1.338	1.311
Ingenio	0.000	Lluvia	Janbu	SN	1.377	1.596	1.41	1.598
Ingenio	0.000	Estática	Fellenius	SN	1.79	2.145	1.978	1.913
Ingenio	0.000	Sismo	Fellenius	SN	1.329	1.476	1.391	1.36
Ingenio	0.000	Lluvia	Fellenius	SN	1.42	1.655	1.54	1.661
Ingenio	0.000	Estática	Spencer	SN	1.829	2.37	2.111	2.008
Ingenio	0.000	Sismo	Spencer	SN	1.375	1.653	1.477	1.438
Ingenio	0.000	Lluvia	Spencer	SN	1.427	1.802	1.567	1.753
Ingenio	0.006	Estática	Bishop	SN	2.07	2.465	2.334	2.127
Ingenio	0.006	Sismo	Bishop	SN	1.49	1.684	1.586	1.525
Ingenio	0.006	Lluvia	Bishop	SN	1.328	1.765	1.712	1.696
Ingenio	0.006	Estática	Morgenstern	SN	2.069	2.461	2.333	2.125
Ingenio	0.006	Sismo	Morgenstern	SN	1.492	1.689	1.586	1.528
Ingenio	0.006	Lluvia	Morgenstern	SN	1.331	1.767	1.714	1.699
Ingenio	0.006	Estática	Janbu	SN	1.957	2.18	2.12	1.99

Talud	Sección	Condición	Método	Muro	SN	MC	MSR	TSR
Ingenio	0.006	Sismo	Janbu	SN	1.383	1.453	1.44	1.39
Ingenio	0.006	Lluvia	Janbu	SN	1.224	1.537	1.575	1.538
Ingenio	0.006	Estática	Fellenius	SN	1.99	2.249	2.179	2.024
Ingenio	0.006	Sismo	Fellenius	SN	1.427	1.528	1.497	1.442
Ingenio	0.006	Lluvia	Fellenius	SN	1.36	1.705	1.7	1.671
Ingenio	0.006	Estática	Spencer	SN	2.07	2.46	2.333	2.126
Ingenio	0.006	Sismo	Spencer	SN	1.497	1.695	1.559	1.531
Ingenio	0.006	Lluvia	Spencer	SN	1.334	1.77	1.717	1.7
Ingenio	0.012	Estática	Bishop	SN	2.269	2.559	2.446	2.349
Ingenio	0.012	Sismo	Bishop	SN	1.574	1.712	1.642	1.618
Ingenio	0.012	Lluvia	Bishop	SN	1.421	1.822	2.21	1.956
Ingenio	0.012	Estática	Morgenstern	SN	2.264	2.558	2.444	2.344
Ingenio	0.012	Sismo	Morgenstern	SN	1.575	1.713	1.64	1.619
Ingenio	0.012	Lluvia	Morgenstern	SN	1.427	1.822	2.207	1.958
Ingenio	0.012	Estática	Janbu	SN	2.106	2.287	2.255	2.182
Ingenio	0.012	Sismo	Janbu	SN	1.455	1.512	1.514	1.486
Ingenio	0.012	Lluvia	Janbu	SN	1.304	1.622	2.023	1.794
Ingenio	0.012	Estática	Fellenius	SN	2.154	2.365	2.316	2.235
Ingenio	0.012	Sismo	Fellenius	SN	1.502	1.577	1.568	1.54
Ingenio	0.012	Lluvia	Fellenius	SN	1.441	1.773	2.081	1.871
Ingenio	0.012	Estática	Spencer	SN	2.265	2.551	2.44	2.346
Ingenio	0.012	Sismo	Spencer	SN	1.576	1.713	1.642	1.62
Ingenio	0.012	Lluvia	Spencer	SN	1.424	1.826	2.208	1.958
Ingenio	0.018	Estática	Bishop	SN	2.313	2.538	2.446	2.375
Ingenio	0.018	Sismo	Bishop	SN	1.608	1.706	1.668	1.643
Ingenio	0.018	Lluvia	Bishop	SN	1.593	1.753	2.125	2.14
Ingenio	0.018	Estática	Morgenstern	SN	2.306	2.537	2.443	2.372
Ingenio	0.018	Sismo	Morgenstern	SN	1.611	1.708	1.668	1.641
Ingenio	0.018	Lluvia	Morgenstern	SN	1.593	1.756	2.124	2.137
Ingenio	0.018	Estática	Janbu	SN	2.141	2.295	2.267	2.197
Ingenio	0.018	Sismo	Janbu	SN	1.48	1.517	1.53	1.504
Ingenio	0.018	Lluvia	Janbu	SN	1.488	1.579	1.936	1.951
Ingenio	0.018	Estática	Fellenius	SN	2.19	2.361	2.322	2.249
Ingenio	0.018	Sismo	Fellenius	SN	1.528	1.584	1.589	1.558
Ingenio	0.018	Lluvia	Fellenius	SN	1.57	1.724	2.019	2.005
Ingenio	0.018	Estática	Spencer	SN	2.307	2.534	2.439	2.374
Ingenio	0.018	Sismo	Spencer	SN	1.61	1.712	1.669	1.646
Ingenio	0.018	Lluvia	Spencer	SN	1.594	1.754	2.124	2.138
Ingenio	0.024	Estática	Bishop	SN	2.262	2.597	2.436	2.326

Talud	Sección	Condición	Método	Muro	SN	MC	MSR	TSR
Ingenio	0.024	Sismo	Bishop	SN	1.598	1.758	1.676	1.642
Ingenio	0.024	Lluvia	Bishop	SN	1.575	1.794	1.973	1.838
Ingenio	0.024	Estática	Morgenstern	SN	2.258	2.592	2.43	2.325
Ingenio	0.024	Sismo	Morgenstern	SN	1.599	1.757	1.676	1.645
Ingenio	0.024	Lluvia	Morgenstern	SN	1.576	1.794	1.974	1.839
Ingenio	0.024	Estática	Janbu	SN	2.121	2.308	2.245	2.178
Ingenio	0.024	Sismo	Janbu	SN	1.476	1.529	1.527	1.499
Ingenio	0.024	Lluvia	Janbu	SN	1.48	1.577	1.801	1.656
Ingenio	0.024	Estática	Fellenius	SN	2.172	2.384	2.298	2.212
Ingenio	0.024	Sismo	Fellenius	SN	1.531	1.609	1.587	1.554
Ingenio	0.024	Lluvia	Fellenius	SN	1.57	1.736	1.943	1.806
Ingenio	0.024	Estática	Spencer	SN	2.259	2.594	2.432	2.326
Ingenio	0.024	Sismo	Spencer	SN	1.598	1.765	1.676	1.646
Ingenio	0.024	Lluvia	Spencer	SN	1.579	1.799	1.975	1.839

Anexo D. Documentación

D.1. Carta de autorización para realizar los ensayos en laboratorio externo



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD
COORDINACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

"Año del bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"



Chota, 16 de setiembre del 2024

CARTA N°070- 2024-UNACH-CFCI-ENCHV

Jovenes:

Deiner Yonathan Benavidez Mejía y Rowlan Golver Idrogo Saldaña.
tesistas

ASUNTO : Autorización concedida.

Referencia : FUT N°368-2024.

Me dirijo a usted para expresarle mi saludo cordial y manifestarle que cuenta con mi autorización para llevar a cabo sus ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio CIEXLIAN S.R.L-LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO, ubicado en Psje. Cruz Ramirez N° 155- ciudad de Chota, quedando bajo su responsabilidad presentar los documentos que expresan los resultados encontrados, en papel membretado con el logo de la empresa, debidamente firmados por el responsable técnico del laboratorio y visado por el dueño y/o representante legal de la empresa.

Sin otro particular, expreso las muestras de mi especial consideración y estima personal

Atentamente,

DR.ING. ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ
COORDINADOR DE LA FCI
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

C/:
ARCHIVO
CFCI/ENCHV
AMCO
Chota-2024

D.2. Validación de instrumentos

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Se deja constancia que el presente documento tiene por finalidad validar el instrumento de recolección de datos denominado "Formato de registro de observación", tomado del Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), el cual será empleado en la investigación titulada: "Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas", desarrollado por los tesisistas Deiner Yonathan Benavidez Mejía y Rowlan Golver Idrogo Saldaña, como parte del cumplimiento de los requisitos para optar el título profesional correspondiente.

El instrumento ha sido revisado por, Jefferson Ruiz Cachi, con DNI 26730713, de profesión INGENIERO CIVIL, con código de colegiatura 163808, maestría en Minería y Medio Ambiente, considerando criterios de pertinencia, coherencia, claridad y adecuación al objetivo de la investigación. Luego del proceso de revisión, se concluye que el instrumento es válido y adecuado para la recolección de datos en el marco del estudio propuesto.

Formato de registro de observación (tomado del MTC, 2014)

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.	x				
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	12				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()


Jefferson Ruiz Cachi
26730713



Chota, a los 07 días del mes de mayo del 2025

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Se deja constancia que el presente documento tiene por finalidad validar el instrumento de recolección de datos denominado "Formato de registro de observación", tomado del Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), el cual será empleado en la investigación titulada: "Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas", desarrollado por los tesisistas Deiner Yonathan Benavidez Mejía y Rowlan Golver Idrogo Saldaña, como parte del cumplimiento de los requisitos para optar el título profesional correspondiente.

El instrumento ha sido revisado por, Iny. Ricardo Javier Ocas Bonán con DNI 41837947....., de profesión INGENIERO CIVIL, con código de colegiatura 129863....., maestría en Docencia y Gestión de la Calidad, considerando criterios de pertinencia, coherencia, claridad y adecuación al objetivo de la investigación. Luego del proceso de revisión, se concluye que el instrumento es válido y adecuado para la recolección de datos en el marco del estudio propuesto.

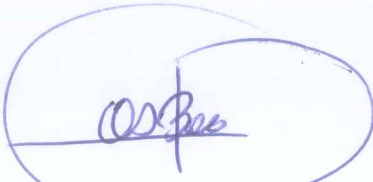

Formato de registro de observación (tomado del MTC, 2014)

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.	x				
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	12				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()



Ricardo Javier Ocas Bonán
DNI: 41837947

Chota, a los 07 días del mes de mayo del 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Se deja constancia que el presente documento tiene por finalidad validar el instrumento de recolección de datos denominado "Formato de registro de observación", tomado del Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), el cual será empleado en la investigación titulada: "Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas", desarrollado por los tesisistas Deiner Yonathan Benavidez Mejía y Rowlan Golver Idrogo Saldaña, como parte del cumplimiento de los requisitos para optar el título profesional correspondiente.

El instrumento ha sido revisado por, ... Jhamelin Aracely Medina Zambrano, con DNI ... 72845083 ..., de profesión INGENIERO CIVIL, con código de colegiatura ... 348906 ..., maestría en considerando criterios de pertinencia, coherencia, claridad y adecuación al objetivo de la investigación. Luego del proceso de revisión, se concluye que el instrumento es válido y adecuado para la recolección de datos en el marco del estudio propuesto.

Formato de registro de observación (tomado del MTC, 2014)

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.	x				
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	12				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()


Jhamelin Aracely Medina Zambrano
72845083

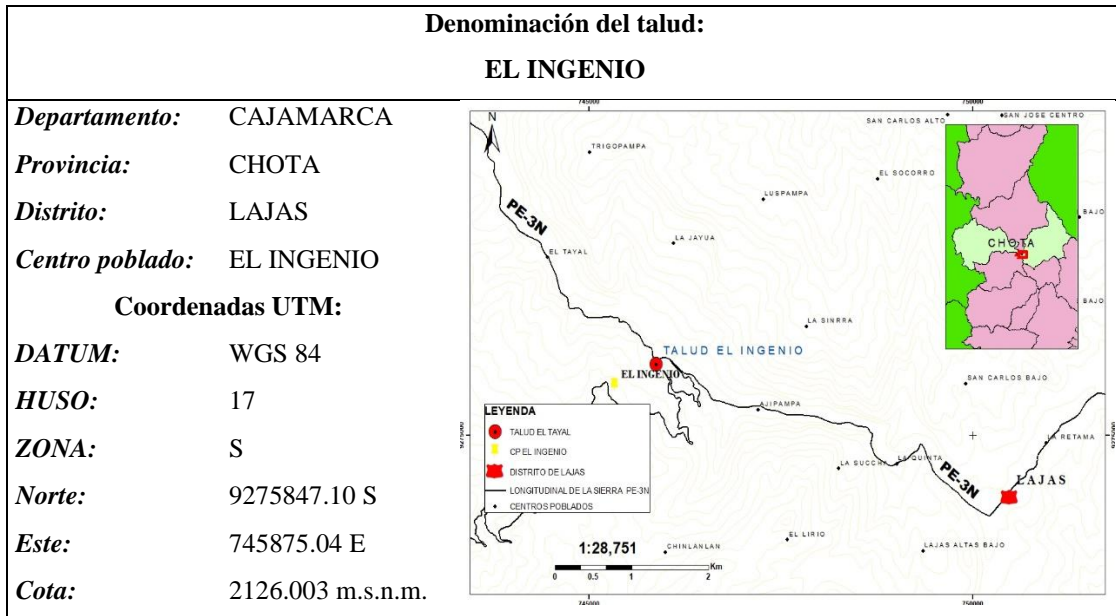


Chota, a los 07 días del mes de mayo del 2025

Anexo E. Formato de observación de taludes

Formato de registro de observación (tomado del MTC, 2014)

A. UBICACIÓN



B. ACCESIBILIDAD

Denominación del talud:		
	Localización	Acceso
Carretera	PE-3N	Pavimento
Tramo	COCHABAMBA – LAJAS	Afirmado
Km o referencia	136+480	Trocha
Lado	DERECHO	Sendero
Distancia al eje o referencia	5 m	Sin acceso

X



C. PROPIEDAD

Denominación del talud:	
Propiedad	Datos del propietario
<i>Privada</i> x	Guevara Leyva Carlos DNI N° 43787646

D. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Elevación:	10 m
Extensión:	24.00 m
Pendiente (%):	36.63%
Presencia de vegetación:	SI
Número de viviendas:	0

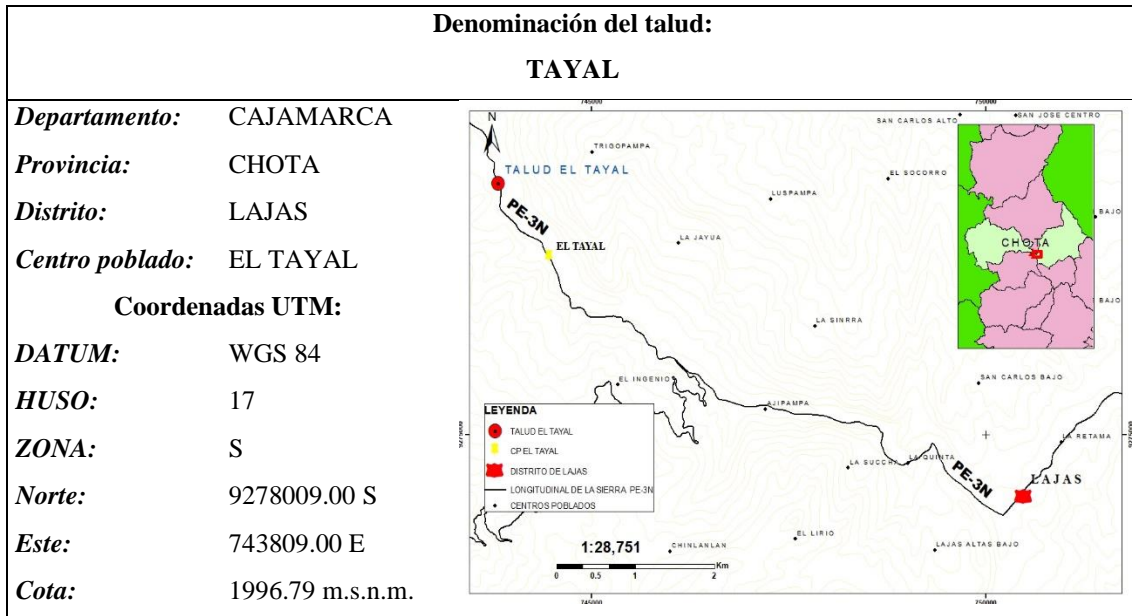
E. MUESTREO

Textura:	ARCILLA INORGANICA
Color:	ROJISO
Presencia de impurezas:	NO
Tamaño de partícula:	0.002mm – 0.063mm
Condiciones de almacenamiento:	MOLDES ETIQUETADOS

El Ingenio, 16 de septiembre de 2024.

Formato de registro de observación (tomado del MTC, 2014)

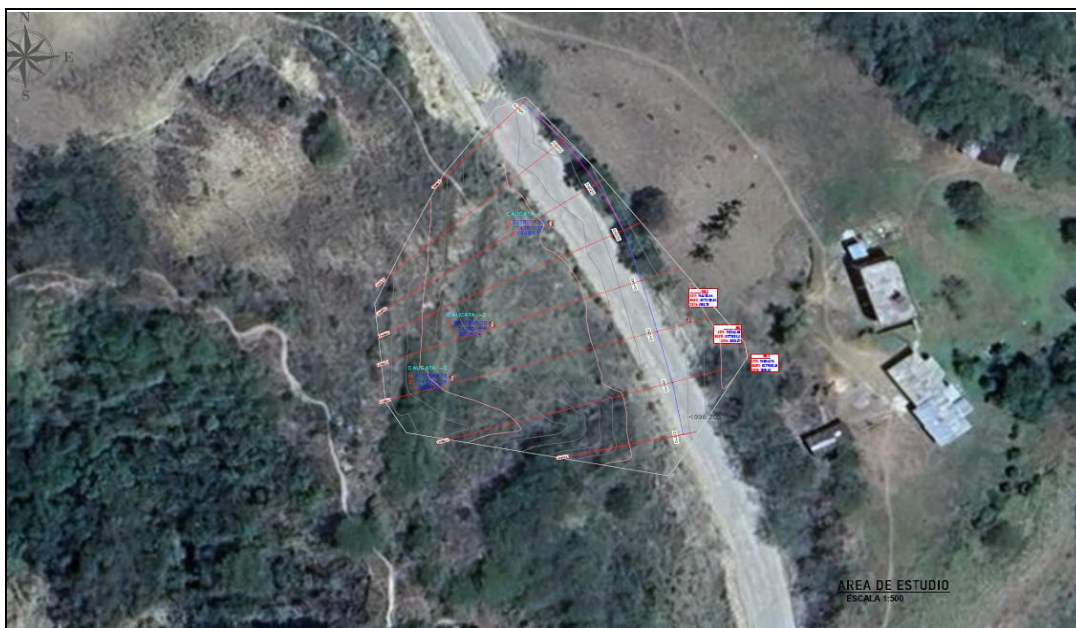
A. UBICACIÓN



B. ACCESIBILIDAD

Denominación del talud:		
	Localización	Acceso
Carretera	PE-3N	<i>Pavimento</i>
Tramo	COCHABAMBA – LAJAS	<i>Afirmado</i>
Km o referencia	136+480	<i>Trocha</i>
Lado	DERECHO	<i>Sendero</i>
Distancia al eje o referencia	5 m	<i>Sin acceso</i>

X



C. PROPIEDAD

Denominación del talud:	
Propiedad	Datos del propietario
<i>Privada</i> x	Olivera Castro Magdalena DNI N° 45265013

D. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Elevación:	19.3 m
Extensión:	70.00 m
Pendiente (%):	46.52 %
Presencia de vegetación:	SI
Número de viviendas:	0

E. MUESTREO

Textura:	ARCILLA INORGANICA
Color:	MARRON
Presencia de impurezas:	NO
Tamaño de partícula:	0.002mm – 0.063mm
Condiciones de almacenamiento:	MOLDES ETIQUETADOS

El Tayal, 16 de septiembre de 2024.

Anexo F. Estudio de mecánica de suelos



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TESIS

"EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

AUTORES

- BENAVIDEZ MEJIA DEINER YONATHAN
- IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER



octubre del 2024



CIEXLIAN
Construyendo sueños

CIEXLIAN S.R.L – LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

RUC: 20604291641

Jr. San Martín N° 860 – Chota – Cajamarca

Numero Celular: 950589432- 943450291



**TALUD EL INGENIO KM 136+480 DE LA
CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS**

CIEXLIAN

Construyendo sueños



CIEXLIAN Y LABORATORIO

CIEXLIAN

Ing. Hermes Rojas Tiravanti

REG. CIP. 348840

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

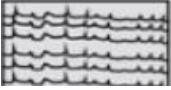

Material: C-01

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

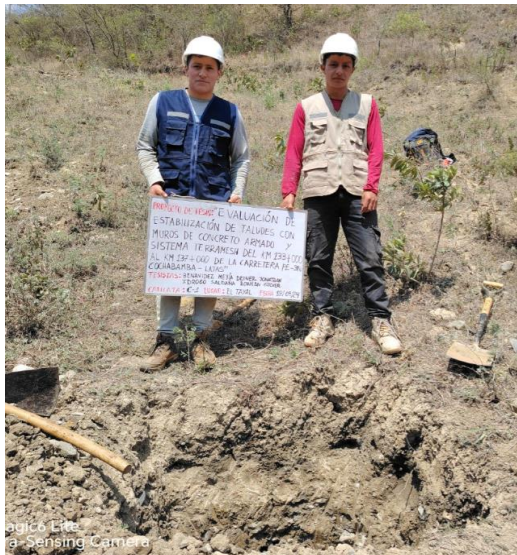
Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

NIVEL FREATICO : NO SE ENCONTRO

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Limites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
0.40	0.10	Material orgánico de color maron , con bajo contenido de humedad y bajo grado de compacidad.					
	0.20						
	0.30						
	0.40						
3.00	0.50	Estracto clasificado en el sistema "SUCS" Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	CL		12.35%	32.08	21.79
	0.70						
	0.80						
	0.90						
	1.00						
	1.10						
	1.20						
	2.00						
2.80							
3.00						IP	10.29

FOTOS



Técnico de Laboratorio:

GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-01

Muestra/Calicata: CA-01

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

Descripcion	Und.	Ensayos			Promedio
		T1	T12	T15	
Tara	Nº				
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	242.7	173.4	208.0	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	220.0	156.0	188.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	22.7	17.4	20.0	
Peso de Tara ©	gr.	36.3	15.1	26.4	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	183.8	140.9	161.7	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	12.35%	12.33%	12.36%	12.35%


OBSERVACIONES :


Porcentaje de Humedad: 12.35%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____


CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840


CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

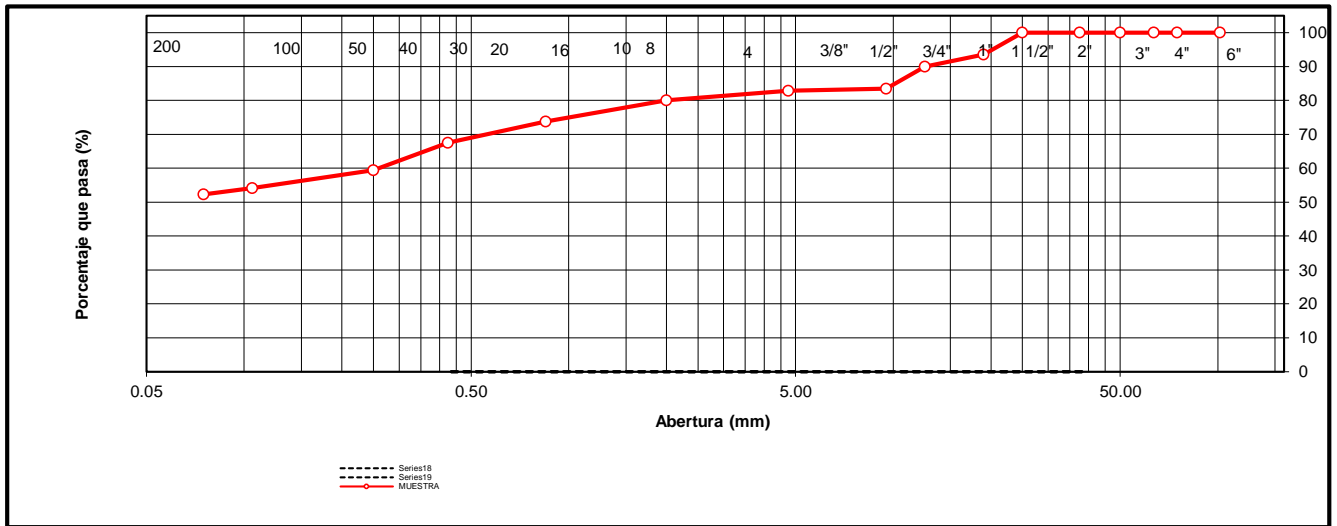
Muestra/Calicata: CA-01

Fecha de Muestreo: 16/09/2024 **Fecha de Recepción:** 16/09/2024 **Prof.(m):** 3.00 m

Tamaño Máximo: 1" **Peso Inicial Seco:** 1000 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	Tipo:	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES : Bolonería 4" - 3" : 0.00 % Grava 3" - Nº 4 : 17.10 % Arena Nº4 - Nº 200 : 30.60 % Finos < Nº 200 : 52.30 % A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 2.80 % A. media Nº 10 - Nº 40 : 12.50 % A. fina Nº 40 - Nº 200 : 15.30 %
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.000	65.00	6.50	6.50	93.50		
1/2"	12.500	35.00	3.50	10.00	90.00		
3/8"	9.500	65.00	6.50	16.50	83.50		
Nº 4	4.750	6.00	0.60	17.10	82.90		
Nº 8	2.360	16.00	1.60	18.70	81.30		
Nº 10	2.000	12.00	1.20	19.90	80.10		
Nº 16	1.190	36.00	3.60	23.50	76.50		
Nº 20	0.850	27.00	2.70	26.20	73.80		
Nº 30	0.600	62.00	6.20	32.40	67.60		
Nº 40	0.425	0.00	0.00	32.40	67.60		
Nº 60	0.250	81.00	8.10	40.50	59.50		
Nº 140	0.106	53.00	5.30	45.80	54.20		
Nº 200	0.075	19.00	1.90	47.70	52.30		
< Nº 200	FONDO	523.00	52.30	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 1"

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INF: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo: 16/09/2024 **Muestra/Calicata:** CA-01
Prof.(m): 3.00 m

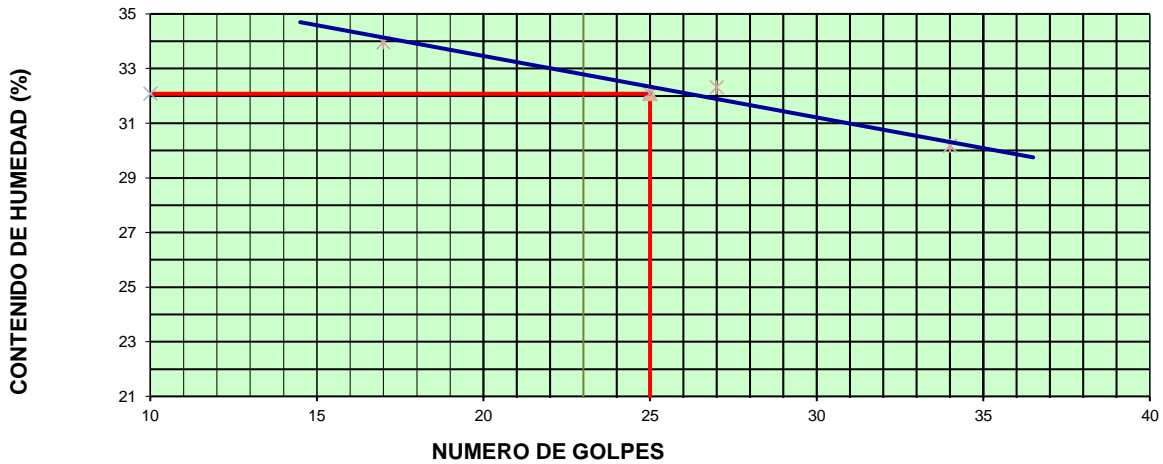
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T1	T2	T3	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	49.28	51.57	61.11	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.84	48.17	58.17	
PESO DE AGUA	(g)	3.44	3.40	2.94	
PESO DE LA TARA	(g)	35.71	37.65	48.43	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.13	10.52	9.74	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	33.96	32.32	30.18	
NUMERO DE GOLPES		17	27	34	

LIMITE PLASTICO

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T4	T5	
Nº TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	13.56	14.41	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	13.44	14.22	
PESO DE AGUA	(g)	0.12	0.19	
PESO DE LA TARA	(g)	12.88	13.35	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.56	0.87	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.75	21.84	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	%	32.08
LIMITE PLASTICO	%	21.79
INDICE DE PLASTICIDAD	%	10.29

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA DE INFORME

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

20/10/2024

UBICACIÓN : TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS" ESTRUCTURA :-

C-01

Número de anillo	1	Número de anillo	1	Número de anillo	1
Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04
Peso anillo+suelo natural [gr]	145.83	Peso anillo+suelo natural [gr]	145.23	Peso anillo+suelo natural [gr]	146.20
Peso suelo seco [gr]	86.05	Peso suelo seco [gr]	85.56	Peso suelo seco [gr]	86.40
Humedad natural [%]	19.45	Humedad natural [%]	19.44	Humedad natural [%]	19.40
longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00
Área de anillo [cm ²]	28.27	Área de anillo [cm ²]	28.27	Área de anillo [cm ²]	28.27
Volumen de anillo [cm ³]	56.55	Volumen de anillo [cm ³]	56.55	Volumen de anillo [cm ³]	56.55
Densidad húmeda [gr/cm ³]	1.82	Densidad húmeda [gr/cm ³]	1.81	Densidad húmeda [gr/cm ³]	1.82
Densidad seca [gr/cm ³]	1.52	Densidad seca [gr/cm ³]	1.51	Densidad seca [gr/cm ³]	1.53
peso normal	1.28	peso normal	2.55	peso normal	3.83
Esfuerzo aplicado [Kg/cm ²]	0.45	Esfuerzo aplicado [Kg/cm ²]	0.90	Esfuerzo aplicado [Kg/cm ²]	1.35

DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	3.00	1.82	0.05	0.14	0.25	10.00	5.79	0.16	0.23	0.25	18.00	10.31	0.29	0.27
0.50	8.00	4.66	0.13	0.37	0.50	16.00	9.18	0.26	0.36	0.50	25.00	14.25	0.40	0.37
0.75	11.00	6.35	0.18	0.50	0.75	20.00	11.43	0.32	0.45	0.75	28.00	15.94	0.45	0.42
1.00	14.00	8.05	0.23	0.63	1.00	24.00	13.69	0.39	0.54	1.00	33.00	18.74	0.53	0.49
1.25	17.50	10.02	0.28	0.79	1.25	28.00	15.94	0.45	0.62	1.25	38.00	21.55	0.61	0.56
1.50	19.23	11.00	0.31	0.86	1.50	30.00	17.06	0.49	0.67	1.50	40.00	22.67	0.65	0.59
1.75	22.14	12.64	0.36	0.99	1.75	32.00	18.18	0.52	0.71	1.75	42.00	23.79	0.68	0.62
2.00	24.15	13.77	0.40	1.08	2.00	34.00	19.31	0.55	0.76	2.00	45.00	25.47	0.73	0.67
2.50	27.45	15.63	0.45	1.23	2.50	36.00	20.43	0.59	0.80	2.50	48.00	27.14	0.79	0.71
3.00	29.00	16.50	0.48	1.29	3.00	39.00	22.11	0.65	0.87	3.00	50.00	28.26	0.83	0.74
3.50	30.00	17.06	0.50	1.34	3.50	40.00	22.67	0.67	0.89	3.50	50.00	28.26	0.83	0.74
4.00	30.00	17.06	0.51	1.34	4.00	42.00	23.79	0.71	0.93	4.00	50.00	28.26	0.84	0.74
4.50	30.00	17.06	0.51	1.34	4.50	42.00	23.79	0.71	0.93	4.50	50.00	28.26	0.85	0.74
5.00	30.00	17.06	0.52	1.34	5.00	42.00	23.79	0.72	0.93	5.00	50.00	28.26	0.86	0.74
5.50	30.00	17.06	0.52	1.34	5.50	42.00	23.79	0.73	0.93	5.50	50.00	28.26	0.86	0.74
6.00	30.00	17.06	0.53	1.34	6.00	42.00	23.79	0.73	0.93	6.00	50.00	28.26	0.87	0.74

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gülmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA INFORME

20/10/2024

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

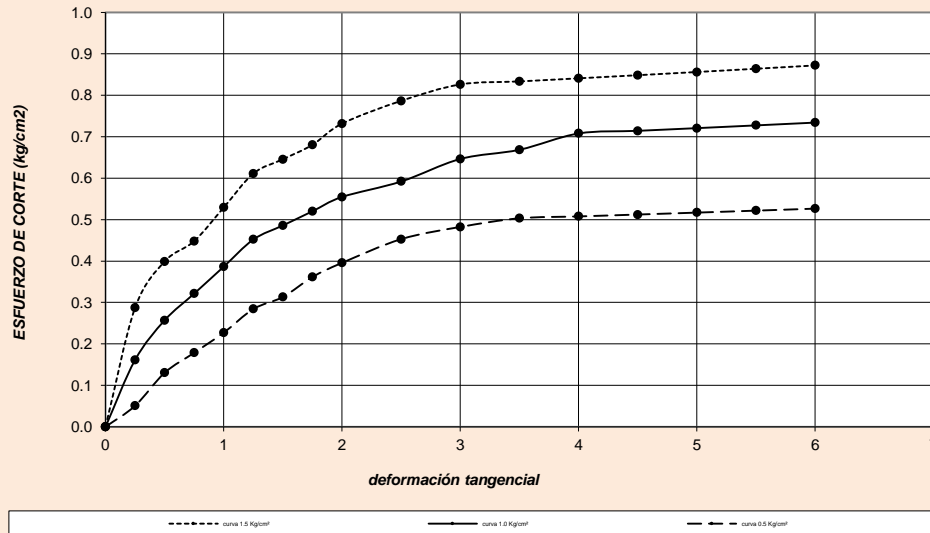
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

UBICACIÓN : TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

ESTRUCTURA : - C-01

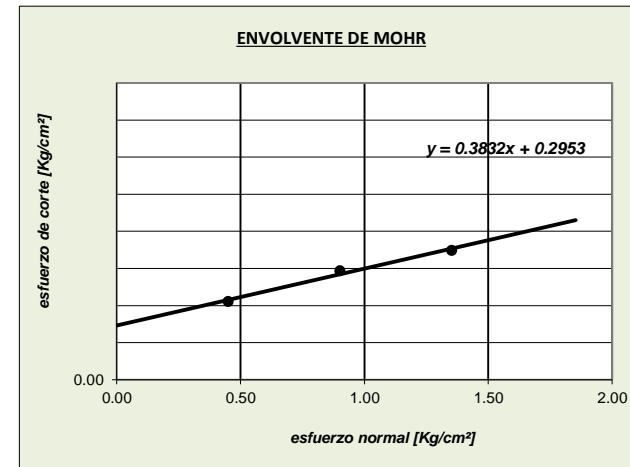
	TIPO DE FALLA	
	LOCAL	UNID
Cohesión del suelo	0.30	Kg/cm ²
Ángulo de fricción inter	20.97	°

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



N° especimen	Peso volum. seco [gr/cm ³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm ²]	Humedad Natural [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm ²]	Proporción esfuerzos τ/σ
1	1.522	0.45	19.45	0.527	0.346
2	1.513	0.9	19.44	0.734	0.485
3	1.528	1.4	19.40	0.872	0.571

ENVOLVENTE DE MOHR



CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Ing. Hermes Rojas Tiravanii
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
 RUC : 20604291641
 CEL:960234555

TEORIA DE TERZAGUI

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWL.

TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

UBICACIÓN : TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

ESTRUCTURA -

FECHA DE INFORME:

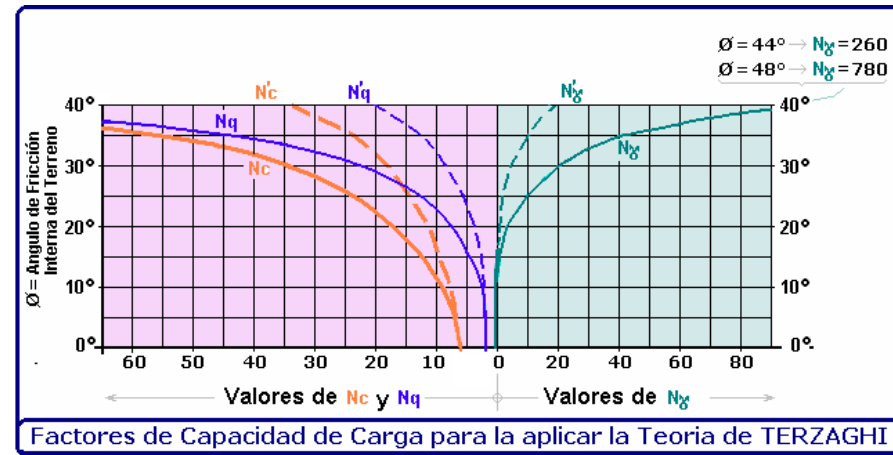
20/10/2024

C-01

CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de falla	Local	
Denominación	C-01	
Clasificación del suelo (SUCS)	CL	
Tipo de falla		LOCAL
	DETERMINACIÓN	UNIDAD VALOR
Cohesion	kg/cm ²	0.295
Ángulo de fricción interna	Grado sexag.	20.97°
Densidad Húmeda(γ)	gr/cm ³	1.82
N'c	adimensional	12.35
N'q	adimensional	4.16
N'γ	adimensional	1.90
Profundidad del cimient (Df)	metros	1.50
Ancho de cimiento (B) o diametro en caso circular (D)	metros	1.00
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	2.56
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	3.29
Cimentacion circular	kg/cm ²	3.28
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Factor de seguridad	adimensional	3.00
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	0.85
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	1.10
Cimentacion circular	kg/cm ²	1.09

INGRESAR DATOS



<p align="center">Para falla General</p> $q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_\gamma$ $q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_\gamma$ $q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_\gamma$	<p align="center">Para falla Local</p> $q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_\gamma$ $q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_\gamma$ $q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_\gamma$
---	--

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Ing. Gilmer Joel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

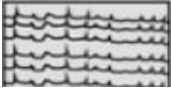

Material: C-02

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

NIVEL FREATICO : NO SE ENCONTRO

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia		
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)	
0.40	0.10	Material orgánico de color maron , con bajo contenido de humedad y bajo humedad y bajo grado de compactidad.						
	0.20							
	0.30							
	0.40							
3.00	0.50	Estracto clasificado en el sistema "SUCS" Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	CL		10.12%	39.75	19.14	
	0.70							
	0.80							
	0.90							
	1.00							
	1.10							
	1.20							
	2.80							
3.00							IP	20.61

FOTOS



Técnico de Laboratorio:

GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 2 de 4

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

Muestra/Calicata: CA-02

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

Descripcion	Und.	Ensayos			Promedio
Tara	Nº	T1	T14	T100	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	260.2	200.1	191.8	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	240.0	185.0	177.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	20.2	15.1	14.8	
Peso de Tara ©	gr.	40.3	36.3	30.3	
Peso Neto de Material Seco (B - C)	gr.	199.7	148.8	146.8	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	10.12%	10.13%	10.11%	10.12%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 10.12%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(A.S.T.M D 422 / A.A.S.H.T.O T 89 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC :
20604291641 CEL:950589432
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

Pag: 3 de 4

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

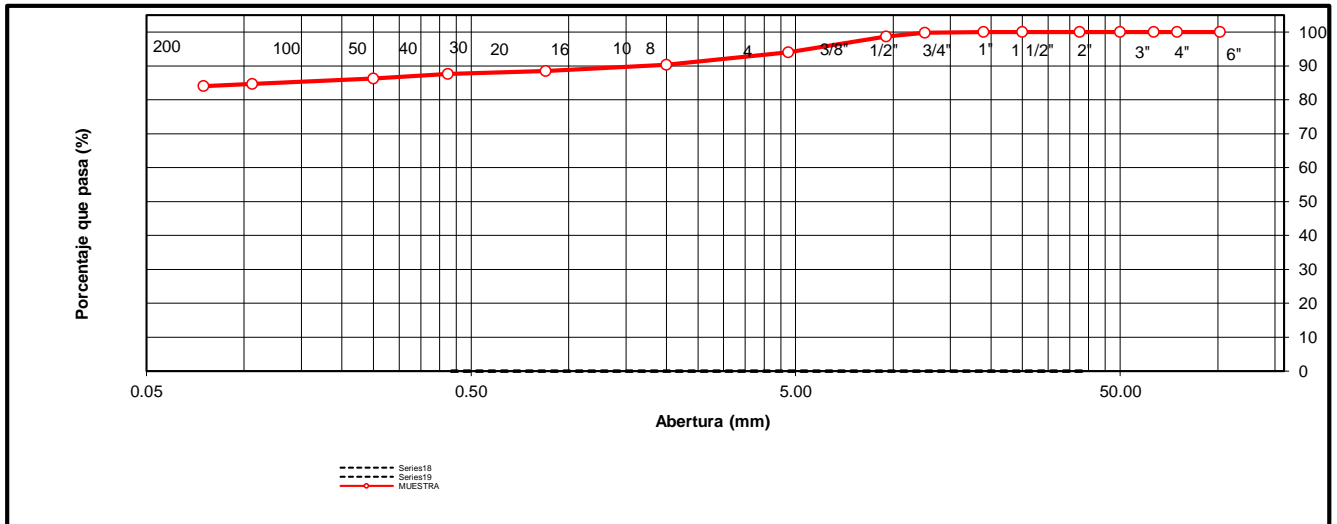
Muestra/Calicata: CA-02

Fecha de Muestreo: 16/09/2024 **Fecha de Recepción:** 16/09/2024 **Prof.(m):** 3.00 m

Tamaño Máximo: 3/4" **Peso Inicial Seco:** 1000 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	Tipo:	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES :
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - Nº 4 : 5.95 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena Nº4 - Nº 200 : 10.00 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Finos < Nº 200 : 84.05 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 3.70 %
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		A. media Nº 10 - Nº 40 : 2.70 %
1/2"	12.500	2.50	0.25	0.25	99.75		A. fina Nº 40 - Nº 200 : 3.60 %
3/8"	9.500	10.00	1.00	1.25	98.75		
Nº 4	4.750	47.00	4.70	5.95	94.05		CARACTERISTICAS:
Nº 8	2.360	27.00	2.70	8.65	91.35		LL (ASTM D4318-17): 39.75 %
Nº 10	2.000	10.00	1.00	9.65	90.35		LP (ASTM D4318-17): 19.14 %
Nº 16	1.190	13.00	1.30	10.95	89.05		IP (ASTM D4318-17): 20.61 %
Nº 20	0.850	5.00	0.50	11.45	88.55		
Nº 30	0.600	9.00	0.90	12.35	87.65		
Nº 40	0.425	0.00	0.00	12.35	87.65		Descripción (SUCS) CL
Nº 60	0.250	13.00	1.30	13.65	86.35		
Nº 140	0.106	17.00	1.70	15.35	84.65		
Nº 200	0.075	6.00	0.60	15.95	84.05		
< Nº 200	FONDO	840.50	84.05	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 3/4"

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



LÍMITES DE ATTERBERG
(A.S.T.M D 4318) / A.A.S.H.T.O T 89)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432 CORREO:ciexlianlab@gmail.com

Pag: 4 de 4

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INF: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo: 16/09/2024 **Muestra/Calicata:** CA-02
Prof.(m): 3.00 m

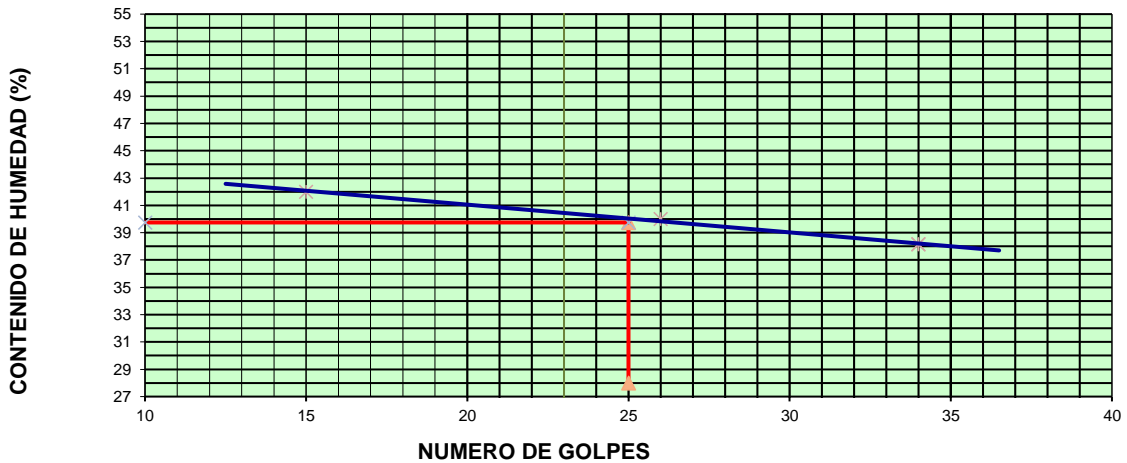
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T8	T30	T2	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	48.87	51.92	50.12	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	38.92	48.32	47.01	
PESO DE AGUA	(g)	9.95	3.60	3.11	
PESO DE LA TARA	(g)	15.24	39.32	38.86	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	23.68	9.00	8.15	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	42.00	40.00	38.16	
NUMERO DE GOLPES		15	26	34	

LIMITE PLASTICO

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T11	T18	
Nº TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	15.32	16.23	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.17	16.09	
PESO DE AGUA	(g)	0.15	0.14	
PESO DE LA TARA	(g)	14.37	15.36	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.80	0.73	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	19.10	19.18	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	%	39.75
LIMITE PLASTICO	%	19.14
INDICE DE PLASTICIDAD	%	20.61

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110°C +- 5°C

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

**CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO****RUC : 20604291641****(NORMA: A.S.T.M.D-3080)****ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO****FECHA DE INFORME****SOLICITANTE** : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER**TESIS** : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

20/10/2024

UBICACIÓN : TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

ESTRUCTURA :-

C-02

Número de anillo	1	Número de anillo	1	Número de anillo	1
Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04
Peso anillo+suelo natural [gr]	149.00	Peso anillo+suelo natural [gr]	149.24	Peso anillo+suelo natural [gr]	148.98
Peso suelo seco [gr]	95.60	Peso suelo seco [gr]	96.1	Peso suelo seco [gr]	95.65
Humedad natural [%]	10.84	Humedad natural [%]	10.51	Humedad natural [%]	10.76
longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00
Área de anillo [cm²]	28.27	Área de anillo [cm²]	28.27	Área de anillo [cm²]	28.27
Volumen de anillo [cm³]	56.55	Volumen de anillo [cm³]	56.55	Volumen de anillo [cm³]	56.55
Densidad húmeda [gr/cm³]	1.87	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.88	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.87
Densidad seca [gr/cm³]	1.69	Densidad seca [gr/cm³]	1.70	Densidad seca [gr/cm³]	1.69
peso normal	1.28	peso normal	2.55	peso normal	3.83
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	0.45	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	0.90	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	1.35

DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	8.00	4.66	0.13	0.37	0.25	10.00	5.79	0.16	0.23	0.25	15.00	8.61	0.24	0.23
0.50	13.00	7.48	0.21	0.59	0.50	15.00	8.61	0.24	0.34	0.50	20.00	11.43	0.32	0.30
0.75	16.00	9.18	0.26	0.72	0.75	18.00	10.31	0.29	0.40	0.75	23.00	13.12	0.37	0.34
1.00	19.00	10.87	0.31	0.85	1.00	22.00	12.56	0.35	0.49	1.00	30.00	17.06	0.48	0.45
1.25	21.00	12.00	0.34	0.94	1.25	26.00	14.81	0.42	0.58	1.25	35.00	19.87	0.56	0.52
1.50	23.00	13.12	0.37	1.03	1.50	28.00	15.94	0.45	0.62	1.50	37.00	20.99	0.60	0.55
1.75	25.00	14.25	0.41	1.12	1.75	30.00	17.06	0.49	0.67	1.75	38.00	21.55	0.62	0.56
2.00	26.00	14.81	0.43	1.16	2.00	32.00	18.18	0.52	0.71	2.00	40.00	22.67	0.65	0.59
2.50	27.00	15.37	0.45	1.21	2.50	36.00	20.43	0.59	0.80	2.50	42.00	23.79	0.69	0.62
3.00	27.50	15.65	0.46	1.23	3.00	37.00	20.99	0.61	0.82	3.00	44.00	24.91	0.73	0.65
3.50	28.00	15.94	0.47	1.25	3.50	37.50	21.27	0.63	0.83	3.50	45.00	25.47	0.75	0.67
4.00	28.00	15.94	0.47	1.25	4.00	38.00	21.55	0.64	0.85	4.00	45.50	25.74	0.77	0.67
4.50	28.00	15.94	0.48	1.25	4.50	38.00	21.55	0.65	0.85	4.50	46.00	26.02	0.78	0.68
5.00	28.00	15.94	0.48	1.25	5.00	38.00	21.55	0.65	0.85	5.00	47.00	26.58	0.81	0.69
5.50	28.00	15.94	0.49	1.25	5.50	38.00	21.55	0.66	0.85	5.50	47.00	26.58	0.81	0.69
6.00	28.00	15.94	0.49	1.25	6.00	38.00	21.55	0.67	0.85	6.00	47.00	26.58	0.82	0.69

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Güler Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA INFORME

20/10/2024

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

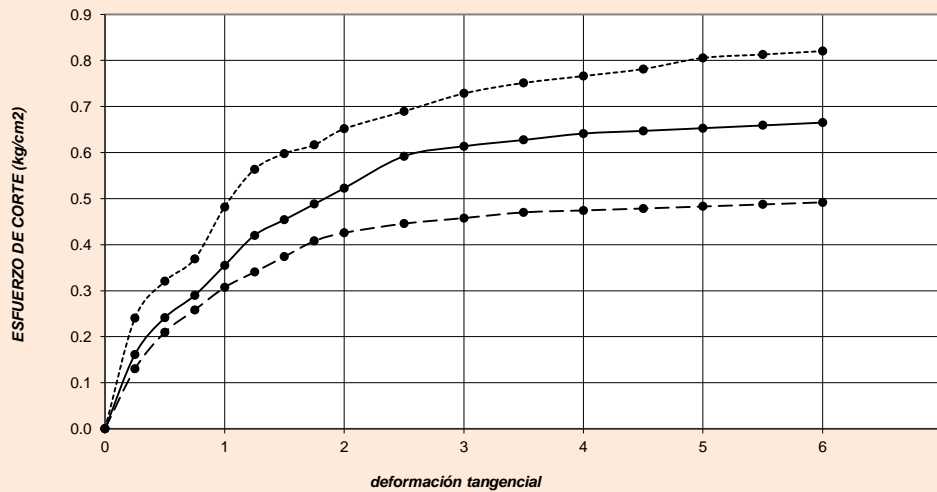
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

UBICACIÓN : TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

ESTRUCTURA : - C-02

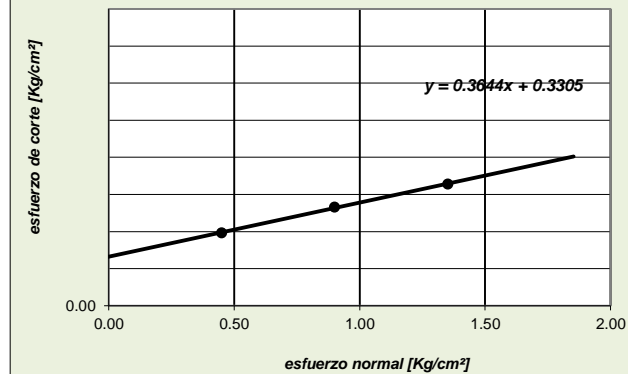
TIPO DE FALLA	
LOCAL	UNID
Cohesión del suelo	0.33 Kg/cm ²
Ángulo de fricción interna	20.02 °

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



N° especimen	Peso volum. seco [gr/cm ³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm ²]	Humedad Natural [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm ²]	Proporción esfuerzos τ/σ
1	1.691	0.45	10.84	0.492	0.291
2	1.699	0.9	10.51	0.665	0.391
3	1.691	1.4	10.76	0.820	0.485

ENVOLVENTE DE MOHR





CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

TEORIA DE TERZAGUI

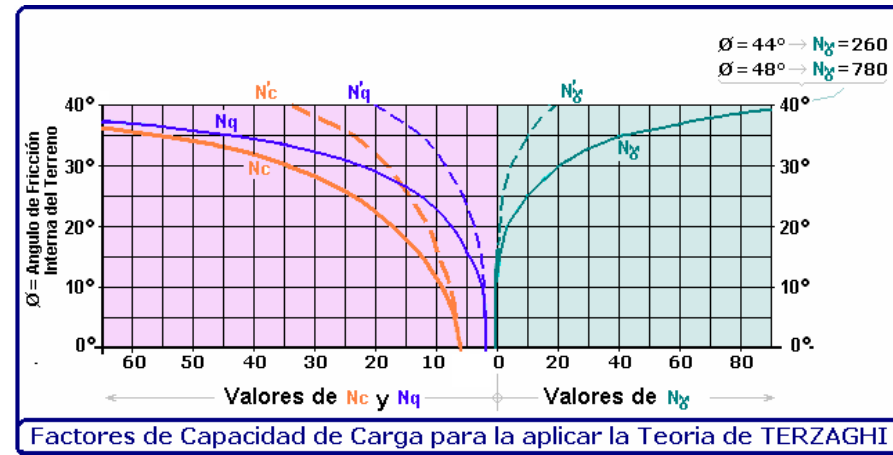
SOLICITATE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWL.
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"
UBICACIÓN : TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"
ESTRUCTURA -

FECHA DE INFORME:
20/10/2024
C-02

CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de falla	Local	
Denominación	C-02	
Clasificación del suelo (SUCS)	CL	
Tipo de falla		LOCAL
	DETERMINACIÓN	UNIDAD VALOR
Cohesion	kg/cm ²	0.331
Ángulo de fricción interna	Grado sexag.	20.02°
Densidad Húmeda(γ)	gr/cm ³	1.87
N'c	adimensional	11.86
N'q	adimensional	3.88
N'γ	adimensional	1.70
Profundidad del cimientto (Df)	metros	1.50
Ancho de cimientto (B) o diametro en caso circular (D)	metros	1.00
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	2.74
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	3.52
Cimentacion circular	kg/cm ²	3.52
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Factor de seguridad	adimensional	3.00
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	0.91
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	1.17
Cimentacion circular	kg/cm ²	1.17

INGRESAR DATOS



Para falla General

$$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_\gamma$$

$$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_\gamma$$

$$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_\gamma$$

Para falla Local

$$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_\gamma$$

$$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_\gamma$$

$$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_\gamma$$

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

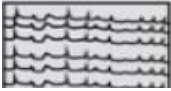

Material: C-03

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRO

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia		
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)	
0.40	S/M	Material orgánico de color maron , con bajo contenido de humedad y bajo humedad y bajo grado de compactad.						
								0.10
								0.20
								0.30
3.00	CA-03	Estracto clasificado en el sistema "SUCS" Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	GC		14.21%	36.81	15.27	
								0.50
								0.70
								0.80
								0.90
								1.00
								1.10
								1.20
2.00								
2.80								
3.00	IP	21.54						

FOTOS



Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VÁSQUEZ SALDAÑA





CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 2 de 4

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

Muestra/Calicata: CA-03

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

Descripcion	Und.	Ensayos			Promedio
Tara	Nº	T1	T12	T14	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	325.6	391.0	317.5	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	300.0	356.0	289.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	25.6	35.0	28.5	
Peso de Tara ©	gr.	120.0	110.0	88.0	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	180.0	246.0	201.0	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	14.21%	14.22%	14.20%	14.21%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 14.21%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(A.S.T.M D 422 / A.A.S.H.T.O T 89 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC :
20604291641 CEL:950589432
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

Pag: 3 de 4

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata: CA-03

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

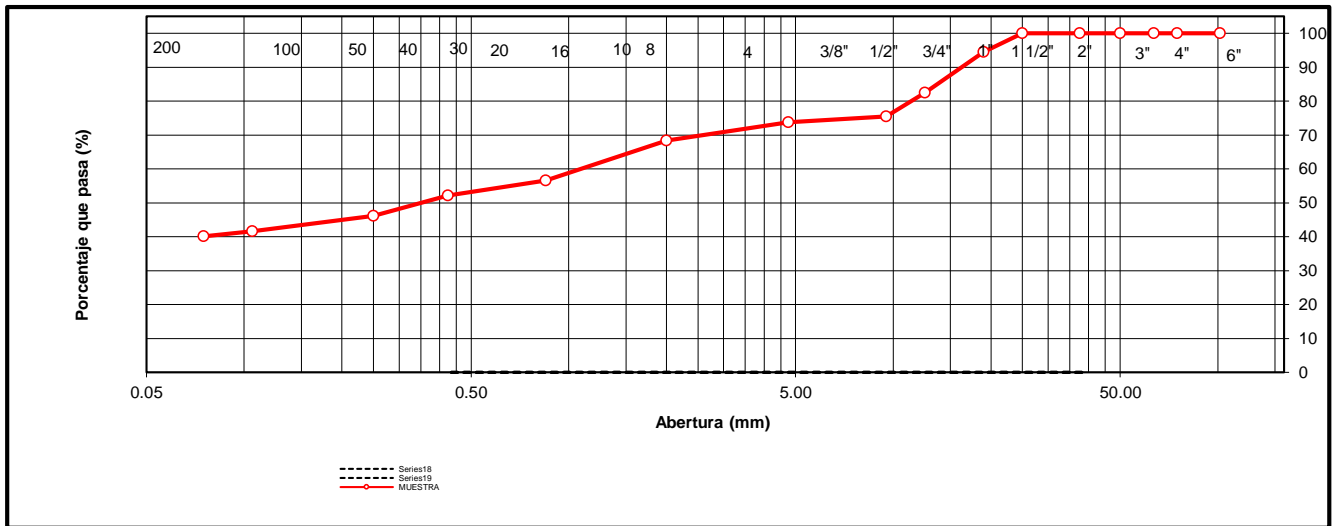
Prof.(m): 3.00 m

Tamaño Máximo: 1"

Peso Inicial Seco: 1000 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	Tipo:	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES : Bolonería 4" - 3" : 0.00 % Grava 3" - Nº 4 : 26.30 % Arena Nº4 - Nº 200 : 33.60 % Finos < Nº 200 : 40.10 % A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 5.40 % A. media Nº 10 - Nº 40 : 16.20 % A. fina Nº 40 - Nº 200 : 12.00 %
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.000	55.00	5.50	5.50	94.50		
1/2"	12.500	120.00	12.00	17.50	82.50		
3/8"	9.500	70.00	7.00	24.50	75.50		
Nº 4	4.750	18.00	1.80	26.30	73.70		
Nº 8	2.360	34.00	3.40	29.70	70.30		
Nº 10	2.000	20.00	2.00	31.70	68.30		
Nº 16	1.190	62.00	6.20	37.90	62.10		
Nº 20	0.850	55.00	5.50	43.40	56.60		
Nº 30	0.600	35.00	3.50	46.90	53.10		
Nº 40	0.425	10.00	1.00	47.90	52.10		
Nº 60	0.250	60.00	6.00	53.90	46.10		
Nº 140	0.106	45.00	4.50	58.40	41.60		
Nº 200	0.075	15.00	1.50	59.90	40.10		
< Nº 200	FONDO	401.00	40.10	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 1"

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INF: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata: CA-03
Fecha de Muestreo: 16/09/2024
Prof.(m): 3.00 m

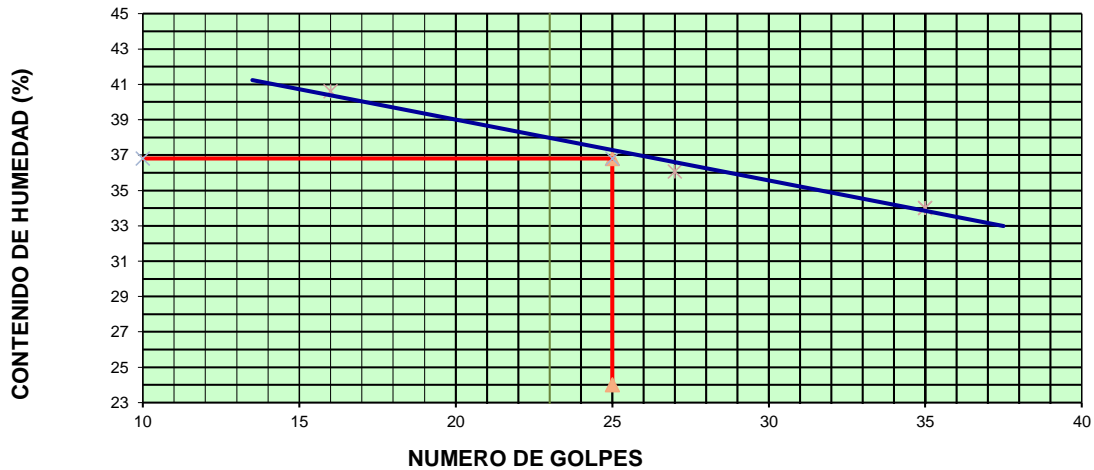
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T1	T2	T3	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	54.61	52.53	54.39	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	49.92	48.56	50.66	
PESO DE AGUA	(g)	4.69	3.97	3.73	
PESO DE LA TARA	(g)	38.37	37.55	39.69	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	11.55	11.01	10.97	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	40.61	36.06	34.00	
NUMERO DE GOLPES		16	27	35	

LIMITE PLASTICO

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T4	T5	
Nº TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	15.73	15.67	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.64	15.59	
PESO DE AGUA	(g)	0.09	0.08	
PESO DE LA TARA	(g)	15.11	15	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.53	0.59	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	16.98	13.56	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	%	36.81
LIMITE PLASTICO	%	15.27
INDICE DE PLASTICIDAD	%	21.54

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +/- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA DE INFORME

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

20/10/2024

UBICACIÓN : TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

ESTRUCTURA :-

C-03

Número de anillo	1	Número de anillo	1	Número de anillo	1
Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04
Peso anillo+suelo natural [gr]	145.00	Peso anillo+suelo natural [gr]	145.21	Peso anillo+suelo natural [gr]	145.11
Peso suelo seco [gr]	86.00	Peso suelo seco [gr]	86.12	Peso suelo seco [gr]	86.15
Humedad natural [%]	18.56	Humedad natural [%]	18.64	Humedad natural [%]	18.48
longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00
Área de anillo [cm²]	28.27	Área de anillo [cm²]	28.27	Área de anillo [cm²]	28.27
Volumen de anillo [cm³]	56.55	Volumen de anillo [cm³]	56.55	Volumen de anillo [cm³]	56.55
Densidad húmeda [gr/cm³]	1.80	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.81	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.80
Densidad seca [gr/cm³]	1.52	Densidad seca [gr/cm³]	1.52	Densidad seca [gr/cm³]	1.52
peso normal	1.28	peso normal	2.55	peso normal	3.83
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	0.45	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	0.90	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	1.35

DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	3.00	1.82	0.05	0.14	0.25	6.00	3.52	0.10	0.14	0.25	12.00	6.92	0.19	0.18
0.50	6.00	3.52	0.10	0.28	0.50	9.00	5.22	0.15	0.20	0.50	14.00	8.05	0.23	0.21
0.75	8.00	4.66	0.13	0.37	0.75	12.00	6.92	0.19	0.27	0.75	19.00	10.87	0.31	0.28
1.00	10.00	5.79	0.16	0.45	1.00	16.00	9.18	0.26	0.36	1.00	24.00	13.69	0.39	0.36
1.25	13.00	7.48	0.21	0.59	1.25	19.00	10.87	0.31	0.43	1.25	30.00	17.06	0.48	0.45
1.50	17.00	9.74	0.28	0.76	1.50	24.00	13.69	0.39	0.54	1.50	35.00	19.87	0.57	0.52
1.75	21.00	12.00	0.34	0.94	1.75	27.00	15.37	0.44	0.60	1.75	40.00	22.67	0.65	0.59
2.00	25.00	14.25	0.41	1.12	2.00	32.00	18.18	0.52	0.71	2.00	44.00	24.91	0.72	0.65
2.50	27.00	15.37	0.45	1.21	2.50	34.00	19.31	0.56	0.76	2.50	46.00	26.02	0.75	0.68
3.00	29.00	16.50	0.48	1.29	3.00	37.00	20.99	0.61	0.82	3.00	47.00	26.58	0.78	0.69
3.50	30.00	17.06	0.50	1.34	3.50	39.00	22.11	0.65	0.87	3.50	51.00	28.82	0.85	0.75
4.00	30.00	17.06	0.51	1.34	4.00	40.00	22.67	0.67	0.89	4.00	54.00	30.49	0.91	0.80
4.50	30.00	17.06	0.51	1.34	4.50	41.00	23.23	0.70	0.91	4.50	55.00	31.05	0.93	0.81
5.00	30.00	17.06	0.52	1.34	5.00	41.00	23.23	0.70	0.91	5.00	56.00	31.60	0.96	0.83
5.50	30.00	17.06	0.52	1.34	5.50	41.00	23.23	0.71	0.91	5.50	56.00	31.60	0.97	0.83
6.00	30.00	17.06	0.53	1.34	6.00	41.00	23.23	0.72	0.91	6.00	56.00	31.60	0.98	0.83



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA INFORME

20/10/2024

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

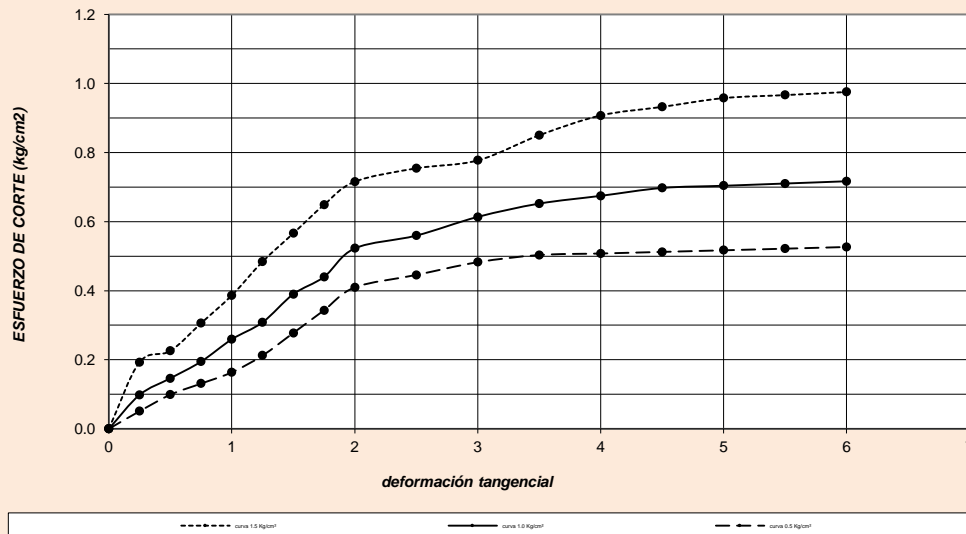
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

UBICACIÓN : TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

ESTRUCTURA : - C-03

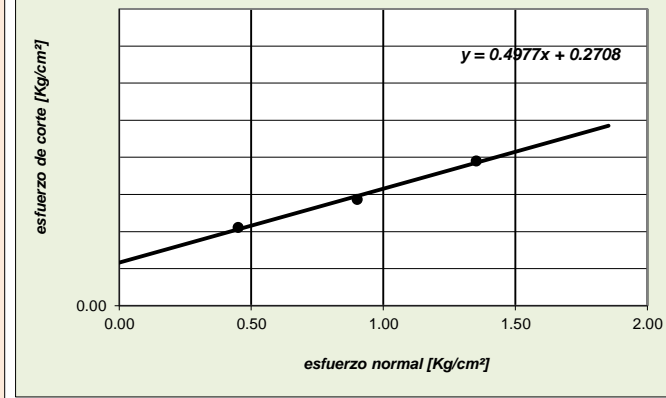
TIPO DE FALLA	
LOCAL	UNID
Cohesión del suelo :	0.27 Kg/cm ²
Ángulo de fricción interna:	26.46 °

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



N° especimen	Peso volum. seco [gr/cm ³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm ²]	Humedad Natural [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm ²]	Proporción esfuerzos τ/σ
1	1.521	0.45	18.56	0.527	0.346
2	1.523	0.9	18.64	0.717	0.471
3	1.523	1.4	18.48	0.975	0.640

ENVOLVENTE DE MOHR





CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

TEORIA DE TERZAGUI

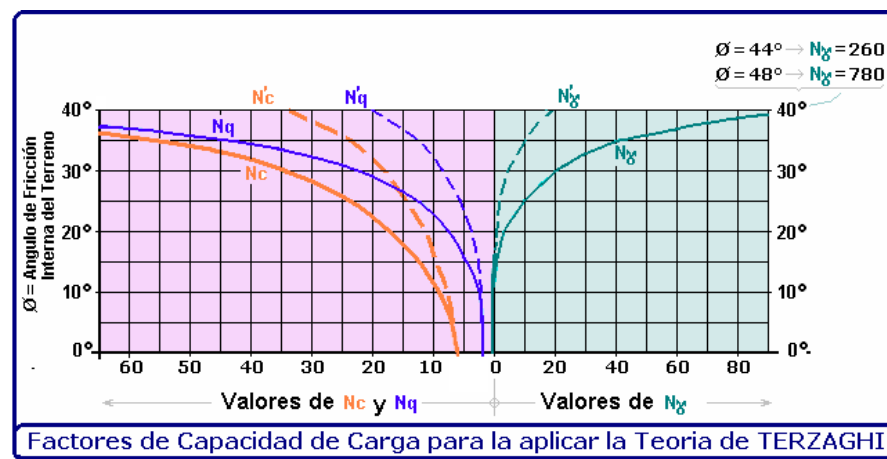
SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWL.
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"
UBICACIÓN : TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"
ESTRUCTURA :

FECHA DE INFORME:
20/10/2024
C-03

CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de falla	Local	
Denominación	C-03	
Clasificación del suelo (SUCS)	CL	
Tipo de falla		LOCAL
	DETERMINACIÓN	UNIDAD VALOR
Cohesion	kg/cm ²	0.271
Ángulo de fricción interna	Grado sexag.	26.46°
Densidad Húmeda(γ)	gr/cm ³	1.80
N'c	adimensional	15.88
N'q	adimensional	6.27
N'γ	adimensional	3.40
Profundidad del cimient (Df)	metros	1.50
Ancho de cimiento (B) o diametro en caso circular (D)	metros	1.00
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	3.07
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	3.92
Cimentacion circular	kg/cm ²	3.91
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Factor de seguridad	adimensional	3.00
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	1.02
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	1.31
Cimentacion circular	kg/cm ²	1.30

INGRESAR DATOS



<p align="center">Para falla General</p> $q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_\gamma$ $q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_\gamma$ $q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_\gamma$	<p align="center">Para falla Local</p> $q_u = 2/3 c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_\gamma$ $q_u = 2/3 \times 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_\gamma$ $q_u = 2/3 \times 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_\gamma$
---	---

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN
Construyendo sueños

CIEXLIAN S.R.L – LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

RUC: 20604291641

Jr. San Martín N° 860 – Chota – Cajamarca

Numero Celular: 950589432- 943450291



**TALUD TAYAL KM 133+150 DE LA
CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS.**

CIEXLIAN
Construyendo sueños

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

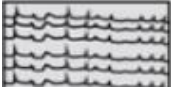

Material: C-01

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRO

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Limites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
0.40	0.10	Material orgánico de color rojizo, con bajo contenido de humedad y bajo grado de compactación.					
	0.20						
	0.30						
	0.40						
3.00	0.50	Estracto clasificado en el sistema "SUCS" Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	CL		15.25%	36.30	20.89
	0.70						
	0.80						
	0.90						
	1.00						
	1.10						
	1.20						
	2.00						
2.80							
3.00						IP	15.41

FOTOS



Técnico de Laboratorio:

GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-01

Muestra/Calicata: CA-01

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

Descripcion	Und.	Ensayos			Promedio
Tara	Nº	T1	T12	T45	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	161.8	280.6	280.1	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	145.3	258.0	256.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	16.6	22.6	24.1	
Peso de Tara ©	gr.	36.5	110.0	98.0	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	108.8	148.0	158.0	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	15.25%	15.26%	15.24%	15.25%

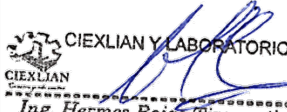
OBSERVACIONES :


Porcentaje de Humedad: 15.25%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____


 CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840


 CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

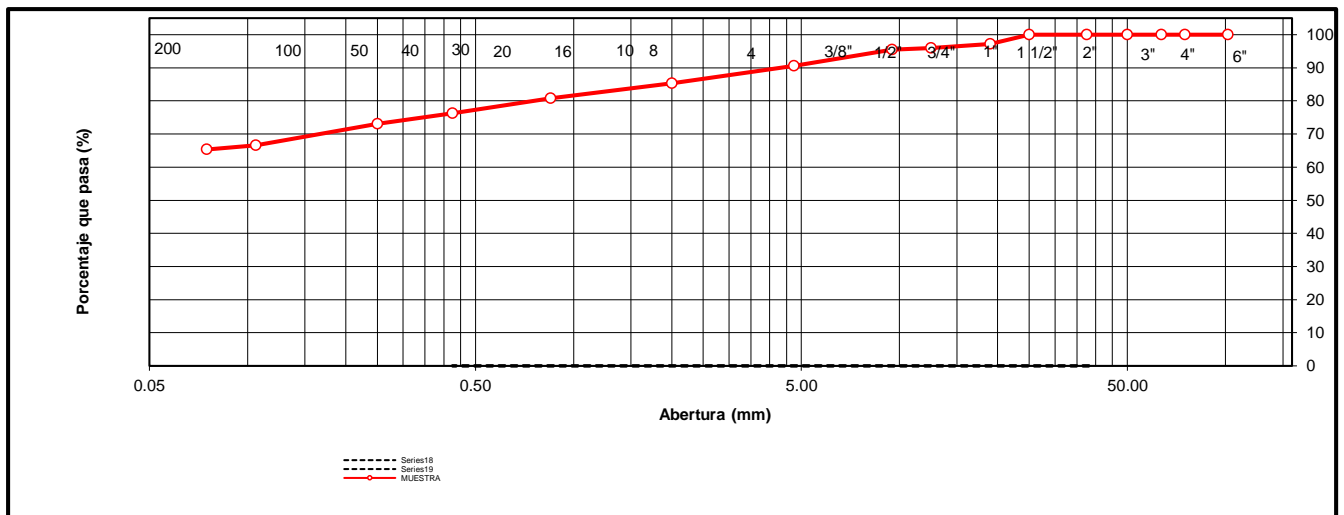
SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER **FECHA DE INFORME:** 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata:	CA-01				
Fecha de Muestreo:	16/09/2024	Fecha de Recepción:	16/09/2024	Prof.(m):	3.00 m
Tamaño Máximo:	1"	Peso Inicial Seco:	923	gr.	

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	Tipo:	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES :
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - Nº 4 : 9.43 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena Nº4 - Nº 200 : 25.24 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Finos < Nº 200 : 65.33 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 5.20 %
3/4"	19.000	26.00	2.82	2.82	97.18		A. media Nº 10 - Nº 40 9.10 %
1/2"	12.500	11.00	1.19	4.01	95.99		A. fina Nº 40 - Nº 200 10.94 %
3/8"	9.500	5.00	0.54	4.55	95.45		
Nº 4	4.750	45.00	4.88	9.43	90.57		CARACTERISTICAS:
Nº 8	2.360	28.00	3.03	12.46	87.54		LL (ASTM D4318-17): 36.30 %
Nº 10	2.000	20.00	2.17	14.63	85.37		LP (ASTM D4318-17): 20.89 %
Nº 16	1.190	30.00	3.25	17.88	82.12		IP (ASTM D4318-17): 15.41 %
Nº 20	0.850	12.00	1.30	19.18	80.82		
Nº 30	0.600	24.00	2.60	21.78	78.22		
Nº 40	0.425	18.00	1.95	23.73	76.27		Descripción (SUCS) CL
Nº 60	0.250	30.00	3.25	26.98	73.02		
Nº 140	0.106	59.00	6.39	33.37	66.63		
Nº 200	0.075	12.00	1.30	34.67	65.33		
< Nº 200	FONDO	603.00	65.33	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 1"

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA **Firma:** _____

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER **FECHA DE INF:** 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo: 16/09/2024 **Muestra/Calicata:** CA-01
Prof.(m): 3.00 m

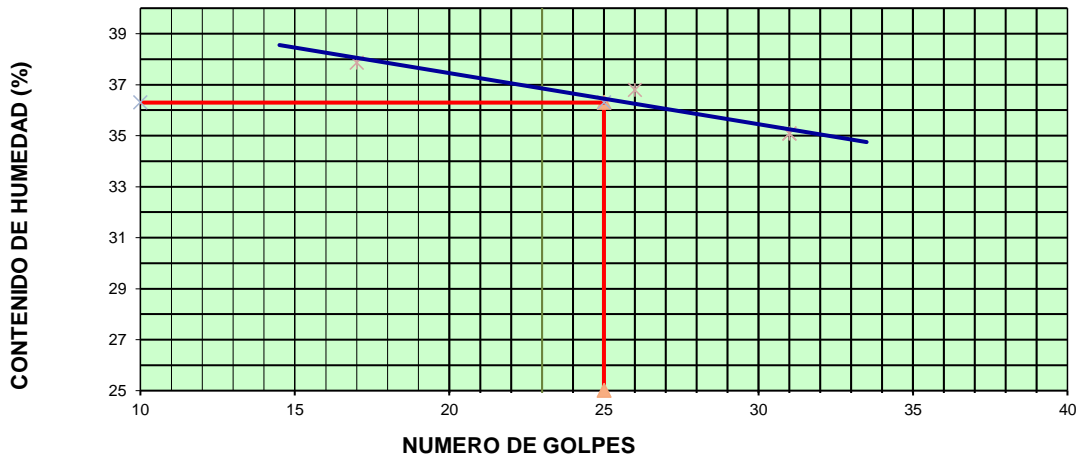
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T403	T408	T414	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	26.02	27.50	28.33	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	22.90	24.16	24.78	
PESO DE AGUA	(g)	3.12	3.34	3.55	
PESO DE LA TARA	(g)	14.66	15.08	14.66	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	8.24	9.08	10.12	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	37.86	36.78	35.08	
NUMERO DE GOLPES		17	26	31	

LIMITE PLASTICO

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T14	T101	
Nº TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	14.28	16.20	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	14.16	16.04	
PESO DE AGUA	(g)	0.12	0.16	
PESO DE LA TARA	(g)	13.60	15.27	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.56	0.77	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.01	20.78	


CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES




CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LIMITE LIQUIDO	%	36.30
LIMITE PLASTICO	%	20.89
INDICE DE PLASTICIDAD	%	15.41

OBSERVACIONES: _____
La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +/- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA **Firma:** _____


CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840


CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA DE INFORME

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

20/10/2024

UBICACIÓN : TALUD EL INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS

ESTRUCTURA :-

C-01

Table with 4 columns: Property, Value 1, Property, Value 2, Property, Value 3, Value 4. Rows include: Número de anillo, Peso de anillo [gr], Humedad natural [%], etc.

Table with 15 columns: DESPL. HORIZ. (mm), LECTURA DIAL (mm), fuerza de corte (kg), esfuerzo de corte (kg/cm²), esfuerzo normal t/s, etc. Rows show data for displacements from 0.00 to 6.00 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA INFORME

20/10/2024

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

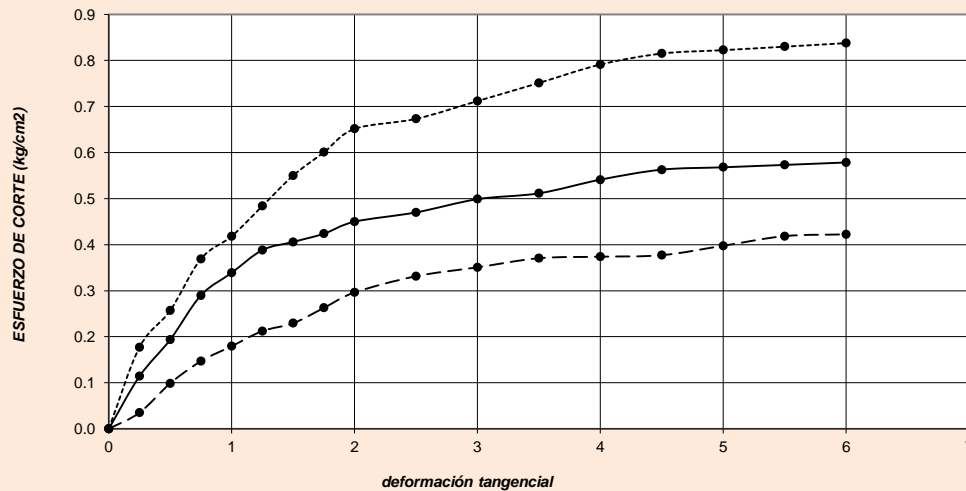
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN : TALUD EL INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS

ESTRUCTURA : - C-01

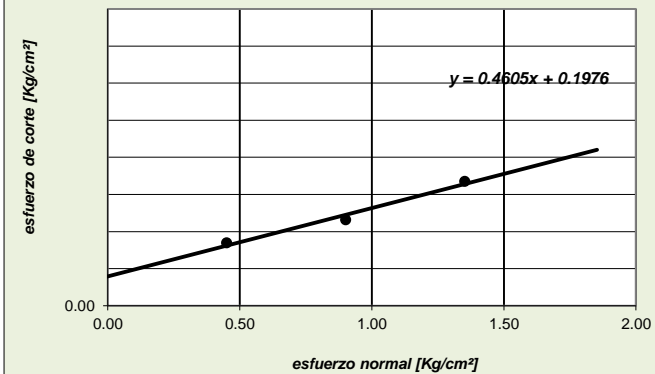
TIPO DE FALLA	
LOCAL	UNID
Cohesión del suelo :	0.20 Kg/cm ²
Ángulo de fricción interna:	24.73 °

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



N° especimen	Peso volum. seco [gr/cm³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm²]	Humedad Natural [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm²]	Proporción esfuerzos τ/σ
1	1.485	0.45	23.76	0.422	0.284
2	1.492	0.9	23.52	0.579	0.388
3	1.493	1.4	23.40	0.838	0.561

ENVOLVENTE DE MOHR



CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
 RUC : 20604291641
 CEL:960234555

TEORIA DE TERZAGUI

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWL.

TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN : TALUD EL INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS

ESTRUCTURA -

FECHA DE INFORME:

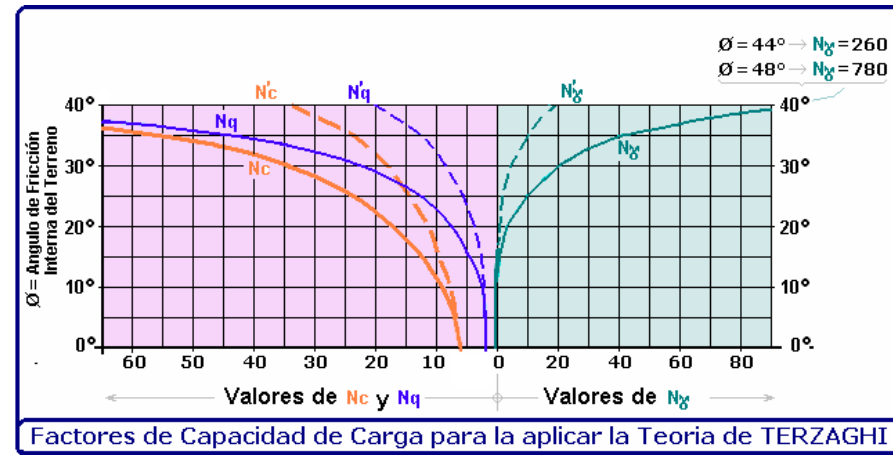
20/10/2024

C-01

CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de falla	Local	
Denominación	C-01	
Clasificación del suelo (SUCS)	CL	
Tipo de falla		LOCAL
DETERMINACIÓN	UNIDAD	VALOR
Cohesion	kg/cm ²	0.198
Ángulo de fricción interna	Grado sexag.	24.73°
Densidad Húmeda(γ)	gr/cm ³	1.84
N'c	adimensional	14.62
N'q	adimensional	5.49
N'γ	adimensional	2.85
Profundidad del cimient (Df)	metros	1.50
Ancho de cimient (B) o diametro en caso circular (D)	metros	1.00
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	2.10
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	2.68
Cimentacion circular	kg/cm ²	2.67
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Factor de seguridad	adimensional	3.00
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	0.70
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	0.89
Cimentacion circular	kg/cm ²	0.89

INGRESAR DATOS



<p align="center">Para falla General</p> $q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_\gamma$ $q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_\gamma$ $q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_\gamma$	<p align="center">Para falla Local</p> $q_u = 2/3 c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_\gamma$ $q_u = 2/3 \times 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_\gamma$ $q_u = 2/3 \times 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_\gamma$
--	--

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO

UBICACIÓN:

EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

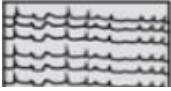

Material: C-02

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

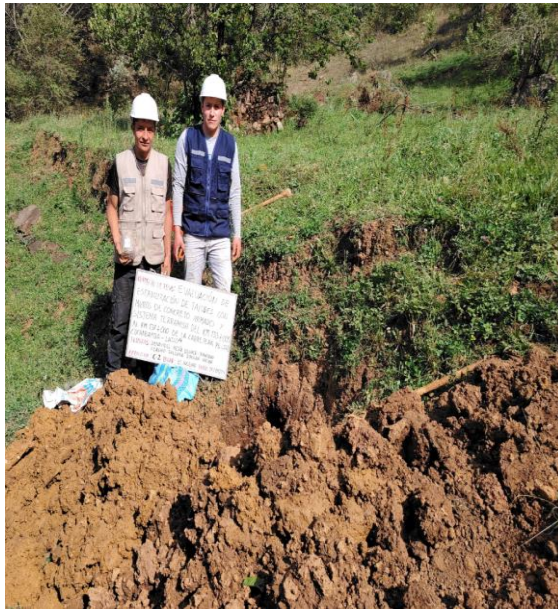
Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRO

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Limites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
0.40	0.10	S/M Material orgánico de color maron , con bajo contenido de humedad y bajo humedad y bajo grado de compacidad.					
	0.20						
	0.30						
	0.40						
3.00	0.50	C-01 Estracto clasificado en el sistema "SUCS" Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	CL		10.12%	36.30	20.89
	0.70						
	0.80						
	0.90						
	1.00						
	1.10						
	1.20						
	2.00						
2.80							
3.00	3.00					IP	15.41

FOTOS



Técnico de Laboratorio:

GILMER YOEL VÁSQUEZ SALDAÑA



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

Pag: 2 de 4

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

Muestra/Calicata: CA-02

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		T1	T12	T9	
Tara	Nº				
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	260.2	211.2	254.1	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	240.0	200.0	240.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	20.2	11.2	14.1	
Peso de Tara ©	gr.	40.3	89.0	101.0	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	199.7	111.0	139.0	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	10.12%	10.13%	10.11%	10.12%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 10.12%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(A.S.T.M D 422 / A.A.S.H.T.O T 89 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC :
20604291641 CEL:950589432
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

Pag: 3 de 4

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

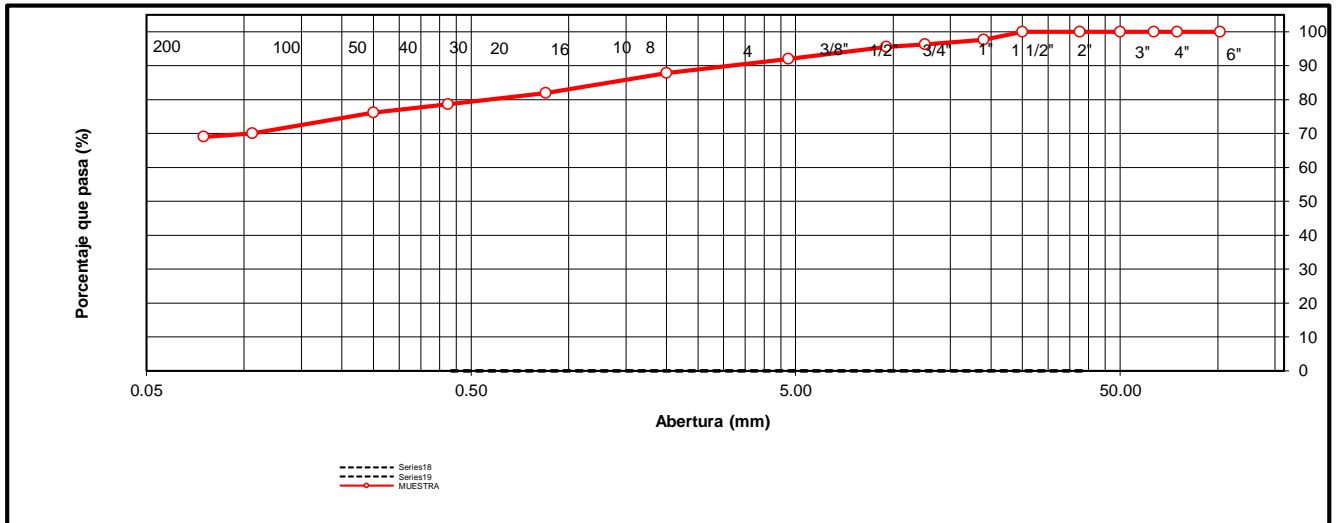
Muestra/Calicata: CA-02

Fecha de Muestreo: 16/09/2024 **Fecha de Recepción:** 16/09/2024 **Prof.(m):** 3.00 m

Tamaño Máximo: 1" **Peso Inicial Seco:** 1000 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	Tipo:	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES :
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - Nº 4 : 8.00 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena Nº4 - Nº 200 : 23.00 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Finos < Nº 200 : 69.00 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 4.20 %
3/4"	19.000	24.00	2.40	2.40	97.60		A. media Nº 10 - Nº 40 9.20 %
1/2"	12.500	13.00	1.30	3.70	96.30		A. fina Nº 40 - Nº 200 9.60 %
3/8"	9.500	8.00	0.80	4.50	95.50		
Nº 4	4.750	35.00	3.50	8.00	92.00		CARACTERISTICAS:
Nº 8	2.360	25.00	2.50	10.50	89.50		LL (ASTM D4318-17): 36.30 %
Nº 10	2.000	17.00	1.70	12.20	87.80		LP (ASTM D4318-17): 20.89 %
Nº 16	1.190	45.00	4.50	16.70	83.30		IP (ASTM D4318-17): 15.41 %
Nº 20	0.850	14.00	1.40	18.10	81.90		
Nº 30	0.600	19.00	1.90	20.00	80.00		
Nº 40	0.425	14.00	1.40	21.40	78.60		Descripción (SUCS) CL
Nº 60	0.250	24.00	2.40	23.80	76.20		
Nº 140	0.106	62.00	6.20	30.00	70.00		
Nº 200	0.075	10.00	1.00	31.00	69.00		
< Nº 200	FONDO	690.00	69.00	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 1"

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INF: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo: 16/09/2024 **Muestra/Calicata:** CA-02
Prof.(m): 3.00 m

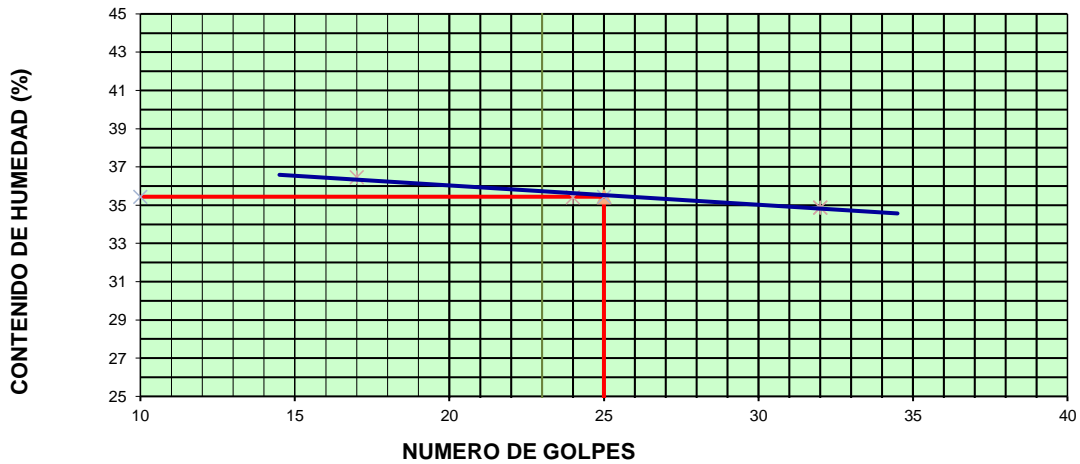
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T1	T2	T3	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	63.91	57.65	34.07	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	56.25	52.63	29.15	
PESO DE AGUA	(g)	7.66	5.02	4.92	
PESO DE LA TARA	(g)	35.24	38.45	15.05	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	21.01	14.18	14.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	36.45	35.41	34.87	
NUMERO DE GOLPES		17	24	32	

LIMITE PLASTICO

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T4	T5	
Nº TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	16.79	16.71	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.50	16.45	
PESO DE AGUA	(g)	0.29	0.26	
PESO DE LA TARA	(g)	15.14	15.23	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.36	1.22	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.15	21.09	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	%	36.30
LIMITE PLASTICO	%	20.89
INDICE DE PLASTICIDAD	%	15.41

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio:

GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma:



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA DE INFORME

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

TESIS

"EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

20/10/2024

UBICACIÓN : TALUD EL INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS

ESTRUCTURA :-

C-02

Número de anillo	1	Número de anillo	1	Número de anillo	1
Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04
Peso anillo+suelo natural [gr]	146.00	Peso anillo+suelo natural [gr]	145.9	Peso anillo+suelo natural [gr]	145.87
Peso suelo seco [gr]	87.74	Peso suelo seco [gr]	87.01	Peso suelo seco [gr]	87.00
Humedad natural [%]	17.35	Humedad natural [%]	18.22	Humedad natural [%]	18.20
longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00
Área de anillo [cm²]	28.27	Área de anillo [cm²]	28.27	Área de anillo [cm²]	28.27
Volumen de anillo [cm³]	56.55	Volumen de anillo [cm³]	56.55	Volumen de anillo [cm³]	56.55
Densidad húmeda [gr/cm³]	1.82	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.82	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.82
Densidad seca [gr/cm³]	1.55	Densidad seca [gr/cm³]	1.54	Densidad seca [gr/cm³]	1.54
peso normal	1.28	peso normal	2.55	peso normal	3.83
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	0.45	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	0.90	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	1.35

DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	1.50	0.97	0.03	0.08	0.25	5.00	2.96	0.08	0.12	0.25	10.50	6.07	0.17	0.16
0.50	4.00	2.39	0.07	0.19	0.50	9.00	5.22	0.15	0.20	0.50	18.00	10.31	0.29	0.27
0.75	8.50	4.94	0.14	0.39	0.75	14.00	8.05	0.23	0.32	0.75	24.00	13.69	0.38	0.36
1.00	10.00	5.79	0.16	0.45	1.00	16.50	9.46	0.27	0.37	1.00	27.50	15.65	0.44	0.41
1.25	12.00	6.92	0.20	0.54	1.25	19.00	10.87	0.31	0.43	1.25	29.00	16.50	0.47	0.43
1.50	15.00	8.61	0.25	0.68	1.50	22.00	12.56	0.36	0.49	1.50	33.00	18.74	0.53	0.49
1.75	17.00	9.74	0.28	0.76	1.75	24.00	13.69	0.39	0.54	1.75	37.00	20.99	0.60	0.55
2.00	19.00	10.87	0.31	0.85	2.00	26.50	15.09	0.43	0.59	2.00	39.00	22.11	0.64	0.58
2.50	19.50	11.15	0.32	0.87	2.50	27.00	15.37	0.45	0.60	2.50	42.50	24.07	0.70	0.63
3.00	20.00	11.43	0.33	0.90	3.00	29.50	16.78	0.49	0.66	3.00	44.00	24.91	0.73	0.65
3.50	20.50	11.71	0.35	0.92	3.50	31.00	17.62	0.52	0.69	3.50	45.00	25.47	0.75	0.67
4.00	21.00	12.00	0.36	0.94	4.00	32.00	18.18	0.54	0.71	4.00	46.00	26.02	0.77	0.68
4.50	23.00	13.12	0.39	1.03	4.50	32.50	18.46	0.55	0.72	4.50	46.50	26.30	0.79	0.69
5.00	23.50	13.40	0.41	1.05	5.00	32.50	18.46	0.56	0.72	5.00	46.50	26.30	0.80	0.69
5.50	23.50	13.40	0.41	1.05	5.50	32.50	18.46	0.56	0.72	5.50	46.50	26.30	0.80	0.69
6.00	23.50	13.40	0.41	1.05	6.00	32.50	18.46	0.57	0.72	6.00	46.50	26.30	0.81	0.69

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA INFORME

20/10/2024

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

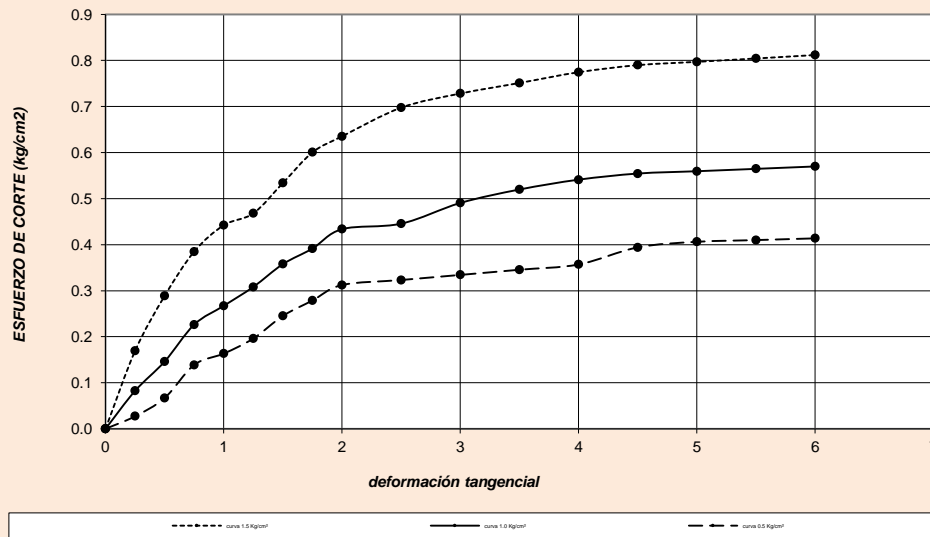
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

UBICACIÓN : TALUD EL INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS

ESTRUCTURA : - C-02

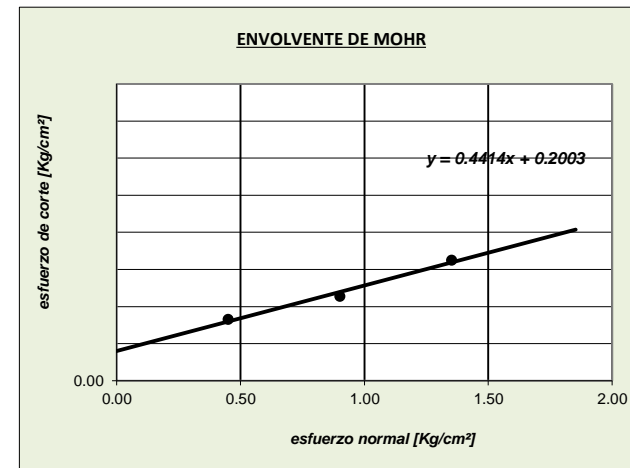
TIPO DE FALLA	
LOCAL	UNID
Cohesión del suelo	0.19 Kg/cm ²
Ángulo de fricción inter	23.82 °

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



N° especimen	Peso volum. seco [g/cm ³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm ²]	Humedad Natural [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm ²]	Proporción esfuerzos τ/σ
1	1.552	0.45	17.35	0.414	0.267
2	1.539	0.9	18.22	0.570	0.370
3	1.538	1.4	18.20	0.812	0.528

ENVOLVENTE DE MOHR





CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

TEORIA DE TERZAGUI

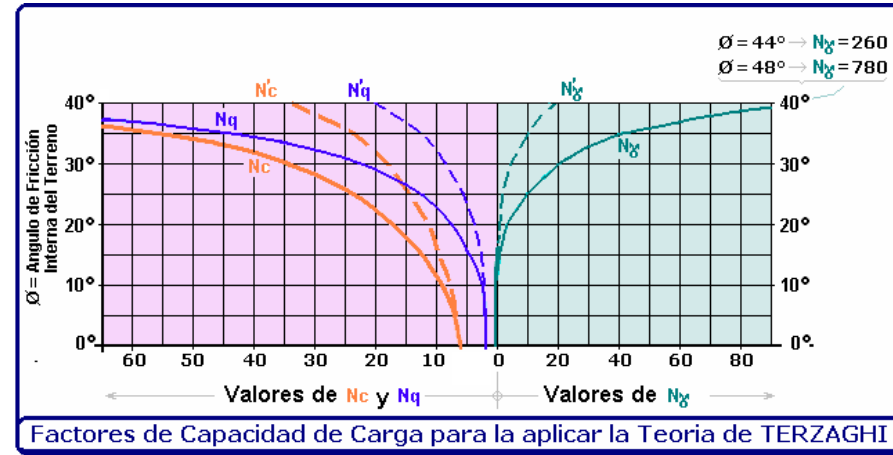
SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWL.
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"
UBICACIÓN : TALUD EL INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS
ESTRUCTURA :

FECHA DE INFORME:
20/10/2024
C-02

CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de falla	Local	
Denominación	C-02	
Clasificación del suelo (SUCS)	CL	
Tipo de falla		LOCAL
	DETERMINACIÓN	UNIDAD VALOR
Cohesion	kg/cm ²	0.189
Ángulo de fricción interna	Grado sexag.	23.82°
Densidad Húmeda (γ)	gr/cm ³	1.82
N' _c	adimensional	14.02
N' _q	adimensional	5.13
N' _γ	adimensional	2.59
Profundidad del cimient (D _f)	metros	1.50
Ancho de ciment (B) o diámetro en caso circular (D)	metros	1.00
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE q_u	kg/cm²	LOCAL
Cimentación corrida	kg/cm ²	1.93
Cimentación Cuadrada	kg/cm ²	2.45
Cimentación circular	kg/cm ²	2.45
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE q_u	kg/cm²	LOCAL
Factor de seguridad	adimensional	3.00
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE q_{adm}	kg/cm²	LOCAL
Cimentación corrida	kg/cm ²	0.64
Cimentación Cuadrada	kg/cm ²	0.82
Cimentación circular	kg/cm ²	0.82

INGRESAR DATOS



Para falla General

$$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_γ$$

$$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_γ$$

$$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_γ$$

Para falla Local

$$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_γ$$

$$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_γ$$

$$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_γ$$

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO

 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

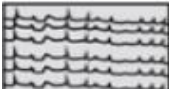

Material: C-03

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

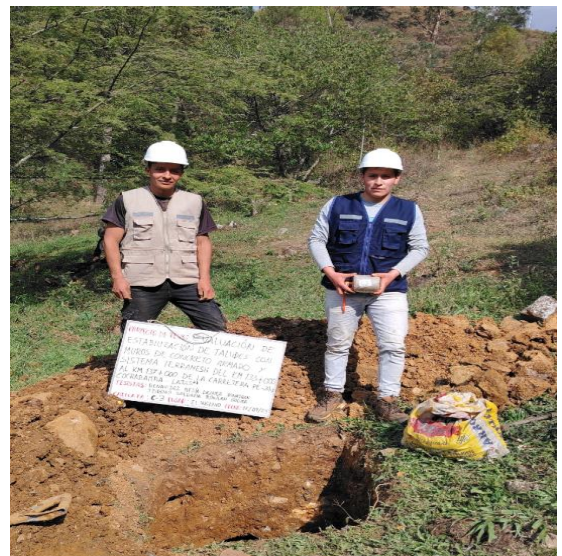
Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRO

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
0.40	0.10	Material orgánico de color maron , con bajo contenido de humedad y bajo humedad y bajo grado de compacidad.					
	0.20						
	0.30						
	0.40						
3.00	0.50	Estracto clasificado en el sistema "SUCS" Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	SC		12.65%	29.04	16.64
	0.70						
	0.80						
	0.90						
	1.00						
	1.10						
	1.20						
	2.00						
2.80							
3.00						IP	12.40

FOTOS



Técnico de Laboratorio:

GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

Muestra/Calicata: CA-03

Fecha de Muestreo: 16/09/2024

Fecha de Recepción: 16/09/2024

Prof.(m): 3.00 m

Descripcion	Und.	Ensayos			Promedio
Tara	Nº	T1	T15	T78	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	88.2	199.7	213.2	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	80.3	186.0	200.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	8.0	13.7	13.2	
Peso de Tara ©	gr.	17.3	78.0	96.0	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	63.0	108.0	104.0	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	12.65%	12.64%	12.66%	12.65%

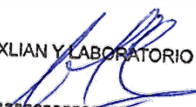
OBSERVACIONES :

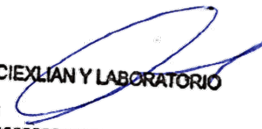
Porcentaje de Humedad: 12.65%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____


 CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840


 CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INFORME: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

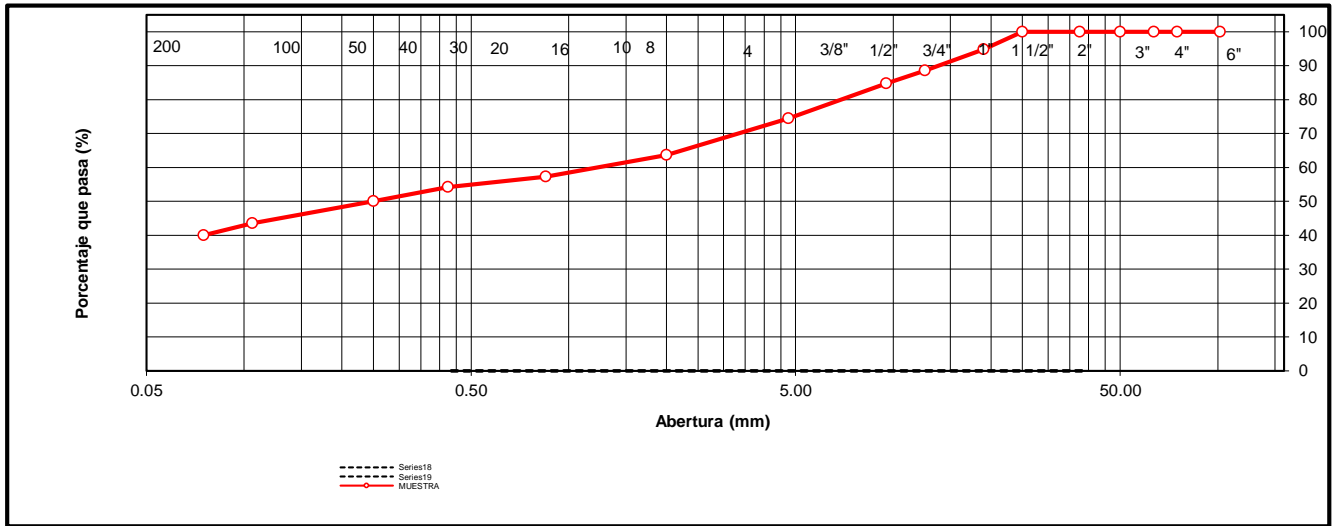
Muestra/Calicata: CA-03

Fecha de Muestreo: 16/09/2024 **Fecha de Recepción:** 16/09/2024 **Prof.(m):** 3.00 m

Tamaño Máximo: 1" **Peso Inicial Seco:** 1000 gr.

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
A.S.T.M	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	Tipo:	
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES :
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - Nº 4 : 25.50 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena Nº4 - Nº 200 : 34.50 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Finos < Nº 200 : 40.00 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 10.80 %
3/4"	19.000	52.00	5.20	5.20	94.80		A. media Nº 10 - Nº 40 9.50 %
1/2"	12.500	62.00	6.20	11.40	88.60		A. fina Nº 40 - Nº 200 14.20 %
3/8"	9.500	38.00	3.80	15.20	84.80		
Nº 4	4.750	103.00	10.30	25.50	74.50		CARACTERISTICAS:
Nº 8	2.360	80.00	8.00	33.50	66.50		LL (ASTM D4318-17): 29.04 %
Nº 10	2.000	28.00	2.80	36.30	63.70		LP (ASTM D4318-17): 16.64 %
Nº 16	1.190	46.00	4.60	40.90	59.10		IP (ASTM D4318-17): 12.40 %
Nº 20	0.850	18.00	1.80	42.70	57.30		
Nº 30	0.600	20.00	2.00	44.70	55.30		
Nº 40	0.425	11.00	1.10	45.80	54.20		Descripción (SUCS) SC
Nº 60	0.250	42.00	4.20	50.00	50.00		
Nº 140	0.106	65.00	6.50	56.50	43.50		
Nº 200	0.075	35.00	3.50	60.00	40.00		
< Nº 200	FONDO	400.00	40.00	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 1"

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

UBICACIÓN: TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS"

SOLICITANTE: BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

FECHA DE INF: 20/10/2024

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo: 16/09/2024 **Muestra/Calicata:** CA-03
Prof.(m): 3.00 m

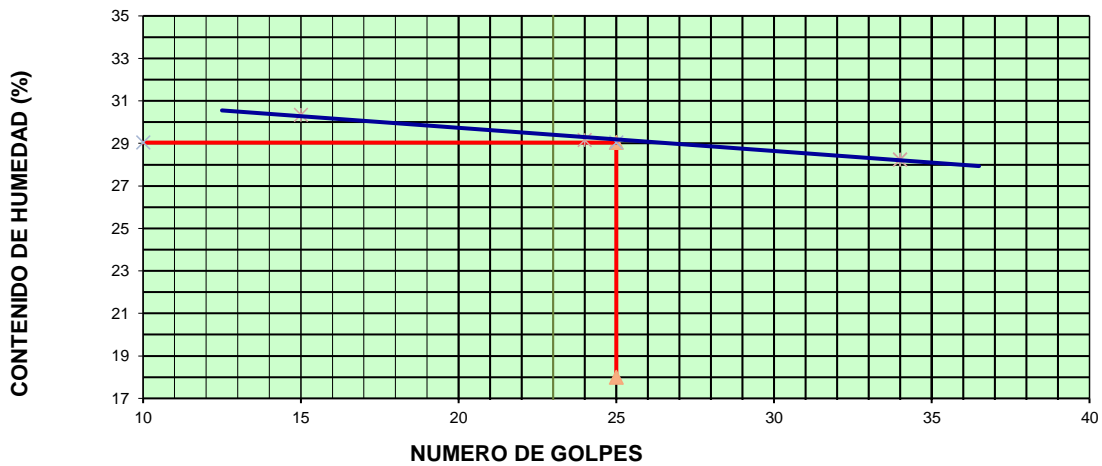
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T1	T2	T3	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	31.14	31.35	29.42	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.37	28.16	26.26	
PESO DE AGUA	(g)	3.77	3.19	3.16	
PESO DE LA TARA	(g)	14.95	17.22	15.07	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	12.42	10.94	11.19	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	30.35	29.16	28.24	
NUMERO DE GOLPES		15	24	34	

LIMITE PLASTICO

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T4	T5	
Nº TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	14.96	15.20	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	14.87	15.09	
PESO DE AGUA	(g)	0.09	0.11	
PESO DE LA TARA	(g)	14.32	14.44	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.55	0.65	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	16.36	16.92	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	%	29.04
LIMITE PLASTICO	%	16.64
INDICE DE PLASTICIDAD	%	12.40

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: GILMER YOEL VASQUEZ SALDAÑA

Firma: _____



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO

RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA DE INFORME

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

20/10/2024

UBICACIÓN : TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS

ESTRUCTURA :-

C-03

Número de anillo	1	Número de anillo	1	Número de anillo	1
Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04	Peso de anillo [gr]	43.04
Peso anillo+suelo natural [gr]	146.80	Peso anillo+suelo natural [gr]	146.45	Peso anillo+suelo natural [gr]	146.75
Peso suelo seco [gr]	86.00	Peso suelo seco [gr]	87	Peso suelo seco [gr]	87.56
Humedad natural [%]	20.65	Humedad natural [%]	18.86	Humedad natural [%]	18.44
longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00	longitud H. muestra (mm)	60.00
Área de anillo [cm²]	28.27	Área de anillo [cm²]	28.27	Área de anillo [cm²]	28.27
Volumen de anillo [cm³]	56.55	Volumen de anillo [cm³]	56.55	Volumen de anillo [cm³]	56.55
Densidad húmeda [gr/cm³]	1.83	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.83	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.83
Densidad seca [gr/cm³]	1.52	Densidad seca [gr/cm³]	1.54	Densidad seca [gr/cm³]	1.55
peso normal	1.28	peso normal	2.55	peso normal	3.83
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	0.45	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	0.90	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	1.35

DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s	DESPL. HORIZ. (mm)	LECTURA DIAL (mm)	fuerza de corte (kg)	esfuerzo de corte	esfuerzo normal t/s
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	2.00	1.26	0.04	0.10	0.25	8.00	4.66	0.13	0.18	0.25	17.00	9.74	0.27	0.25
0.50	3.00	1.82	0.05	0.14	0.50	12.00	6.92	0.19	0.27	0.50	25.00	14.25	0.40	0.37
0.75	7.00	4.09	0.12	0.32	0.75	17.00	9.74	0.27	0.38	0.75	30.00	17.06	0.48	0.45
1.00	9.00	5.22	0.15	0.41	1.00	20.00	11.43	0.32	0.45	1.00	32.00	18.18	0.51	0.48
1.25	11.00	6.35	0.18	0.50	1.25	25.50	14.53	0.41	0.57	1.25	34.00	19.31	0.55	0.50
1.50	13.00	7.48	0.21	0.59	1.50	29.00	16.50	0.47	0.65	1.50	37.00	20.99	0.60	0.55
1.75	17.00	9.74	0.28	0.76	1.75	31.00	17.62	0.50	0.69	1.75	40.00	22.67	0.65	0.59
2.00	20.00	11.43	0.33	0.90	2.00	33.00	18.74	0.54	0.74	2.00	42.00	23.79	0.68	0.62
2.50	23.00	13.12	0.38	1.03	2.50	34.00	19.31	0.56	0.76	2.50	45.00	25.47	0.74	0.67
3.00	27.00	15.37	0.45	1.21	3.00	36.50	20.71	0.61	0.81	3.00	48.00	27.14	0.79	0.71
3.50	29.00	16.50	0.49	1.29	3.50	38.50	21.83	0.64	0.86	3.50	51.00	28.82	0.85	0.75
4.00	29.50	16.78	0.50	1.32	4.00	39.00	22.11	0.66	0.87	4.00	53.00	29.93	0.89	0.78
4.50	29.50	16.78	0.50	1.32	4.50	40.00	22.67	0.68	0.89	4.50	54.00	30.49	0.92	0.80
5.00	29.50	16.78	0.51	1.32	5.00	40.00	22.67	0.69	0.89	5.00	54.00	30.49	0.92	0.80
5.50	29.50	16.78	0.51	1.32	5.50	40.00	22.67	0.69	0.89	5.50	54.00	30.49	0.93	0.80
6.00	29.50	16.78	0.52	1.32	6.00	40.00	22.67	0.70	0.89	6.00	54.00	30.49	0.94	0.80



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

(NORMA: A.S.T.M.D-3080)

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

FECHA INFORME

20/10/2024

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWLAN GOLVER

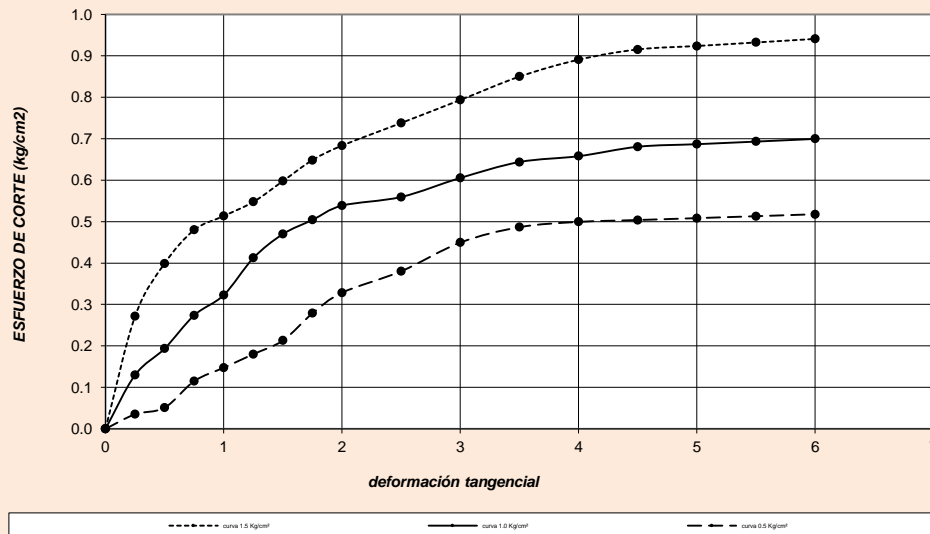
TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

UBICACIÓN : TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS

ESTRUCTURA : - C-03

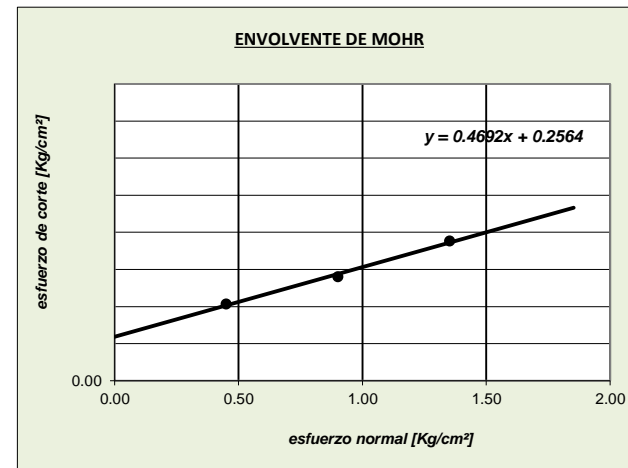
TIPO DE FALLA	
LOCAL	UNID
Cohesión del suelo	0.26 Kg/cm ²
Ángulo de fricción inter	24.79 °

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



N° especimen	Peso volum. seco [gr/cm ³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm ²]	Humedad Natural [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm ²]	Proporción esfuerzos τ/σ
1	1.521	0.45	20.65	0.518	0.341
2	1.538	0.9	18.86	0.700	0.455
3	1.548	1.4	18.44	0.941	0.608

ENVOLVENTE DE MOHR



CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Ing. Hermes Rojas Tiravanti
 REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
 TÉCNICO EN LABORATORIO



CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

TEORIA DE TERZAGUI

SOLICITANTE : BENAVIDEZ MEJÍA DEINER YONATHAN - IDROGO SALDAÑA ROWL.

TESIS : "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJA"

UBICACIÓN : TALUD INGENIO KM 136+480 DE LA CARRETERA PE-3N; COCHABAMBA -LAJAS

ESTRUCTURA -

FECHA DE INFORME:

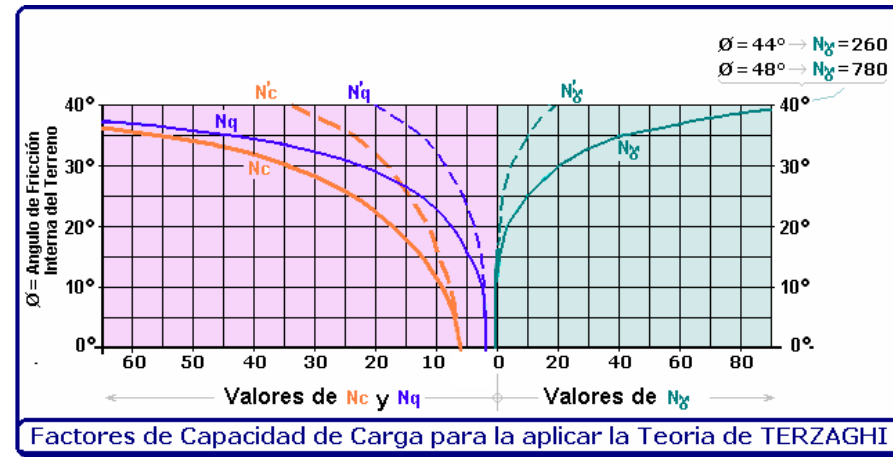
20/10/2024

C-03

CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de falla	Local	
Denominación	C-03	
Clasificación del suelo (SUCS)	SC	
Tipo de falla		LOCAL
	DETERMINACIÓN	UNIDAD VALOR
Cohesion	kg/cm ²	0.256
Ángulo de fricción interna	Grado sexag.	24.79°
Densidad Húmeda(γ)	gr/cm ³	1.83
N'c	adimensional	14.67
N'q	adimensional	5.52
N'γ	adimensional	2.87
Profundidad del cimient (Df)	metros	1.50
Ancho de cimiento (B) o diametro en caso circular (D)	metros	1.00
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	2.68
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	3.43
Cimentacion circular	kg/cm ²	3.43
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA O CARGA LIMITE qu	kg/cm²	LOCAL
Factor de seguridad	adimensional	3.00
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm	kg/cm²	LOCAL
Cimentacion corrida	kg/cm ²	0.89
Cimentacion Cuadrada	kg/cm ²	1.14
Cimentacion circular	kg/cm ²	1.14

INGRESAR DATOS



<p align="center">Para falla General</p> $q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_\gamma$ $q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_\gamma$ $q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_\gamma$	<p align="center">Para falla Local</p> $q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_\gamma$ $q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_\gamma$ $q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_\gamma$
---	--

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Anexo G. Análisis de precipitaciones pluviales Lajas

PRECIPITACIONES

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba - Lajas

**ESTACIÓN: CHOTANO LAJAS****Ubicación Política:**

Región : Cajamarca
Distrito : Lajas
Periodo : 1986-2023
Provincia : Chota

Ubicación Geográfica:

Latitud: 6° 33' 43.77"
Longitud: 78° 44' 19.87"
Altitud : 2163 msnm

Precipitación Máxima en 24 Horas (mm).

Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1	1986	S/D	27.4	15.4	38	23.3	1.8	1.8	12.4	8.6	20.2	30	29.1	38
2	1987	29.6	26	9.9	17.5	4.5	1.2	14.4	15.7	34	17.5	29	16.1	34
3	1988	28.6	24.4	21.2	31.2	23.8	21.3	4.4	12.5	18	10.5	20.5	24	31.2
4	1989	32.8	51.5	82.1	25.3	17	25.5	10.2	31.7	35.7	44	33.3	4.5	82.1
5	1990	24.5	14	9.2	18.8	22.2	5.2	3.2	10.7	1.7	43.3	16.9	10.2	43.3
6	1991	3	31.1	22.7	33.9	4.5	3.2	17.6	S/D	13.2	10.9	12.8	23.1	33.9
7	1992	14.3	32.2	18.7	37.8	13	11.8	14.6	6.5	28.1	26.2	14.5	7.7	37.8
8	1993	17.1	S/D	20.9	13	14.2	6.8	5.2	S/D	18.1	25.2	19.2	25.8	25.8
9	1994	20.3	23.3	26.6	19.3	16	13.8	2.4	S/D	31.8	7.9	22	17.6	31.8
10	1995	6.5	21.6	38.1	21.2	15.2	3	19.3	20.7	15.2	20.2	9.1	17.5	38.1
11	1996	19.3	22.7	20.5	17.9	10	15	2.1	10.4	21.7	31.1	17.5	5.8	31.1
12	1997	10.7	28.6	23	25.5	6.1	10.7	0.4	0.3	6.6	14.5	14.2	48.3	48.3
13	1998	28.1	28.6	36.8	63.4	28.2	0.3	5.1	16.6	18.5	29.1	19.2	69.1	69.1
14	1999	32	32.4	37.2	15	7.8	41.4	9	8.1	27.7	53.3	16.7	19.2	53.3
15	2000	18.7	18.6	17	35.4	24.5	27.5	0.9	13	7.7	3.3	9	29.1	35.4
16	2001	22.7	11.8	36.5	42.5	27.1	1.7	6.9	S/D	20	21	15	16.5	42.5
17	2002	20.9	35.5	26.6	24.2	24	1.9	3	1.3	11.7	24.3	24.2	39.5	39.5
18	2003	32.5	27.9	26	32.6	9.6	29.1	4.5	4.3	17.5	18.6	21.1	27.4	32.6
19	2004	26.2	18	27	17.6	43.3	0.8	14.7	1.2	29	18.8	27.7	19.3	43.3
20	2005	7.5	22.1	37.5	25	4	13.6	1.4	5.2	28.5	22.2	29.6	15.8	37.5
21	2006	29.6	36.2	42.4	30.3	1.2	9.2	13.6	10.1	37.1	18.4	32.4	26.7	42.4
22	2007	25.3	11.2	S/D	34.4	25.2	S/D	4.7	12.2	12.3	41.2	32.7	12.9	41.2
23	2008	49	35	20.4	11.8	12.7	10.8	2.6	17.6	35.5	43.4	26.2	8.2	49
24	2009	24	20.1	43.9	29.9	23.2	15.6	1.4	4.1	36.2	26.4	54.1	27.2	54.1
25	2010	15.1	57.7	34.2	33.5	13.5	10.3	16.9	12.4	19.4	20	8.6	13.1	57.7
26	2011	12.3	20.2	19.8	14.3	19.5	0.8	8.2	3.4	17.8	11.8	11.6	28.8	28.8
27	2012	26.7	48.5	36.4	47.6	18.9	0.6	4.8	0.6	15.8	23.1	31.4	35.7	48.5
28	2013	50.4	14.6	25.7	18.4	36.1	5.9	18.8	17.6	6	17.8	5.7	10.3	50.4
29	2014	16.6	22.1	24.1	16.8	34.6	3.1	8.7	11.9	11.1	17.7	40	16.5	40
30	2015	35	18	31.4	19	30.8	16.7	3.2	2.5	3.5	41.1	37.4	19.7	41.1
31	2016	20.3	32.4	37.5	31.5	19.6	29.4	S/D	S/D	26.7	15.8	16.8	17	37.5
32	2017	29.2	18.7	41.8	22.2	23.3	25.4	S/D	33.4	14	24.4	32	18	41.8
33	2018	34.4	40	20	38	19.5	5.8	S/D	S/D	32	35.7	46.5	12.4	46.5
34	2019	16.7	41.1	18.9	48.8	41.9	5.1	6.5	S/D	16.4	21.8	16	27	48.8
35	2020	6.7	25.5	23.6	44	18.1	21.4	27.9	5.5	21.9	34.5	34.8	59.5	59.5
36	2021	25.3	41.9	40.9	25.6	24.8	26.2	5.1	16.5	7.1	57.7	52.2	23.7	57.7
37	2022	16	34.6	51	18	25.7	13.8	13.7	22.4	13.4	12.2	7.8	47.2	51
38	2023	25.3	18	23.8	41.9	14	25.4	11.3	6.9	7.9	21.4	44.6	33	44.6



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba - Lajas



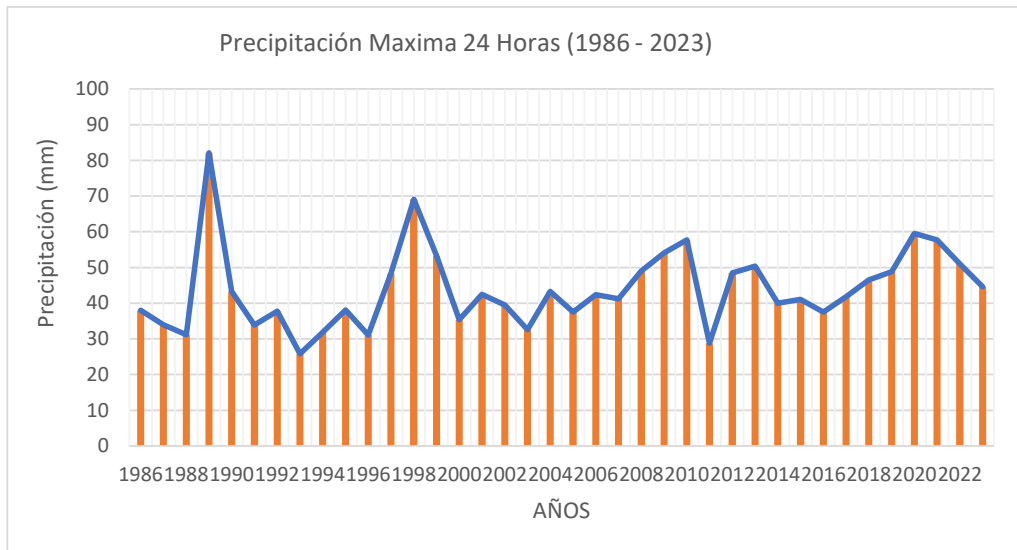
ESTACIÓN: CHOTANO LAJAS

Ubicación Política:

Región : Cajamarca
Distrito : Lajas
Periodo : 1986-2023
Provincia : Chota

Ubicación Geográfica:

Latitud: 6° 33' 43.77"
Longitud: 78° 44' 19.87"
Altitud : 2163 msnm



Año	Precipitación Histórica máx 24h	Log
1986	38.00	1.58
1987	34.00	1.53
1988	31.20	1.49
1989	82.10	1.91
1990	43.30	1.64
1991	33.90	1.53
1992	37.80	1.58
1993	25.80	1.41
1994	31.80	1.50
1995	38.10	1.58
1996	31.10	1.49
1997	48.30	1.68
1998	69.10	1.84
1999	53.30	1.73
2000	35.40	1.55
2001	42.50	1.63
2002	39.50	1.60
2003	32.60	1.51
2004	43.30	1.64
2005	37.50	1.57
2006	42.40	1.63
2007	41.20	1.61
2008	49.00	1.69
2009	54.10	1.73
2010	57.70	1.76
2011	28.80	1.46
2012	48.50	1.69
2013	50.40	1.70
2014	40.00	1.60
2015	41.10	1.61
2016	37.50	1.57
2017	41.80	1.62
2018	46.50	1.67
2019	48.80	1.69
2020	59.50	1.77
2021	57.70	1.76
2022	51.00	1.71
2023	44.60	1.65

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	38	38
Sumatoria	1669.20	61.93
Valor Máximo	82.10	1.91
Valor Mínimo	25.80	1.41
Media:	43.93	1.63
Varianza:	125.61	0.01
Desviación Estándar:	11.36	0.11
Coefficiente Variación:	0.259	0.065
Coefficiente de Curtosis:	2.41	0.41

PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)

$$n = 38.00$$

$$K_n = -3.62201 + 6.28446n^{1/4} - 2.49835n^{1/2} + 0.491436n^{3/4} - 0.037911n$$

$$K_n = 2.661$$

Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n
(significancia:5%)

Umbral de datos dudosos **altos (xH: unidad. Logaritmicas)**

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s$$

$$x_H = 1.91$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{x_H}$$

$$PH = 81.46 \text{ mm}$$

EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos **bajos (xL: unidad. Logaritmicas)**

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s$$

$$x_L = 1.35$$

Precipitacion minima aceptaba

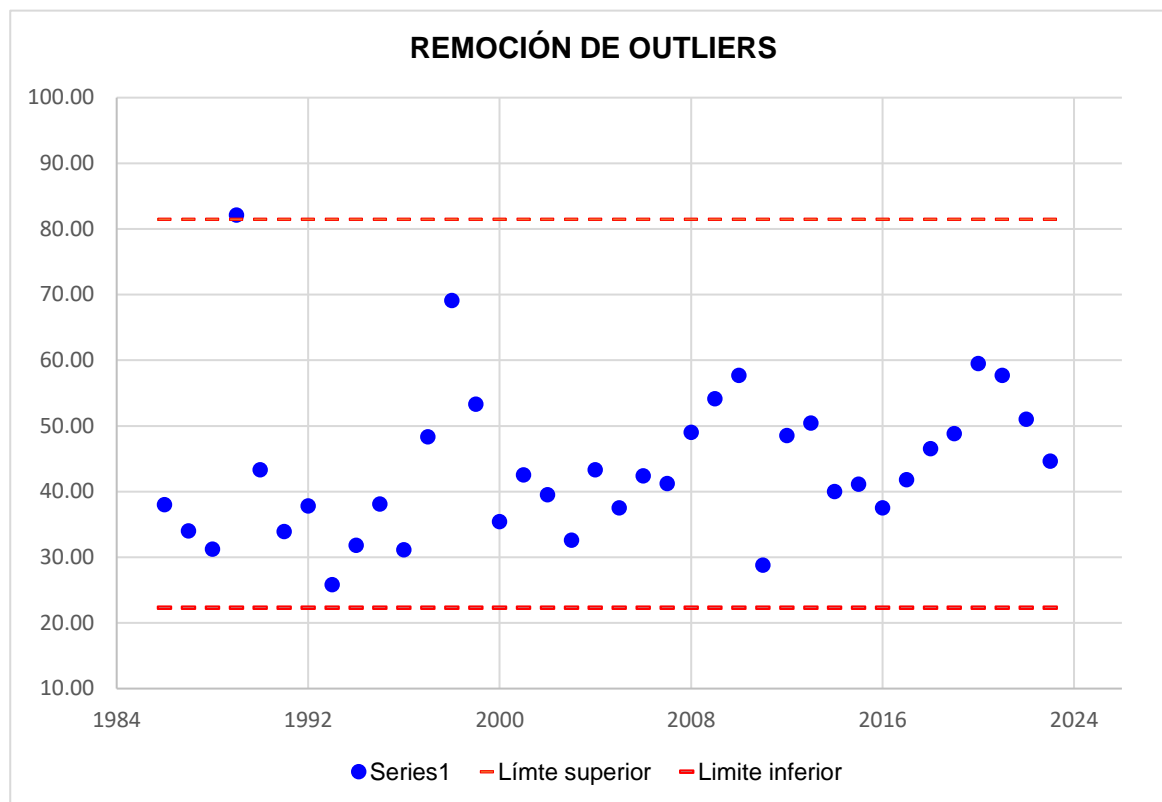
$$PL = 10^{x_L}$$

$$PL = 22.32 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Análisis de datos atípicos (Outliers)

Para el registro de precipitaciones máximas en 24 horas en la estación Chotano Lajas se ha evaluado la constancia mediante la prueba de datos dudosos (Outliers), recomendado por Water Resources Council.



Dato atípico 1989 82.1

ESTA FORMULA ES DE UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 5%

Número de registros	38
Precipitación media	43.93
Precipitación máx	82.10
Precipitación mínima	25.80
Desviación estándar de la muestra	11.36
Media de logaritmos de registros	1.63
Desviación estándar de logaritmos de registros	0.11
Coficiente al nivel de significación de 5% (Kn)	2.661
Logaritmo del límite superior	1.911
Logaritmo de límite inferior	1.35

Limite superior 81.46
 Límite inferior 22.321

**Verificar
Ok**

Año	Precipitación Histórica máx 24h	Log
1986	38.00	1.58
1987	34.00	1.53
1988	31.20	1.49
1990	43.30	1.64
1991	33.90	1.53
1992	37.80	1.58
1993	25.80	1.41
1994	31.80	1.50
1995	38.10	1.58
1996	31.10	1.49
1997	48.30	1.68
1998	69.10	1.84
1999	53.30	1.73
2000	35.40	1.55
2001	42.50	1.63
2002	39.50	1.60
2003	32.60	1.51
2004	43.30	1.64
2005	37.50	1.57
2006	42.40	1.63
2007	41.20	1.61
2008	49.00	1.69
2009	54.10	1.73
2010	57.70	1.76
2011	28.80	1.46
2012	48.50	1.69
2013	50.40	1.70
2014	40.00	1.60
2015	41.10	1.61
2016	37.50	1.57
2017	41.80	1.62
2018	46.50	1.67
2019	48.80	1.69
2020	59.50	1.77
2021	57.70	1.76
2022	51.00	1.71
2023	44.60	1.65

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	37	37
Sumatoria	1587.10	60.02
Valor Máximo	69.10	1.84
Valor Mínimo	25.80	1.41
Media:	42.89	1.62
Varianza:	88.55	0.01
Desviación Estándar:	9.54	0.10
Coefficiente Variación:	0.222	0.059
Coefficiente de Curtosis:	0.27	-0.25

PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)

$$n = 37.00$$

$$K_n = -3.62201 + 6.28446n^{1/4} - 2.49835n^{1/2} + 0.491436n^{3/4} - 0.037911n$$

$$K_n = 2.650$$

Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n
(significancia:5%)

Umbral de datos dudosos **altos (xH: unidad. Logaritmicas)**

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \qquad \qquad \qquad xH = 1.88$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \qquad \qquad \qquad PH = 75.13 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos **bajos (xL: unidad. Logaritmicas)**

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \qquad \qquad \qquad xL = 1.37$$

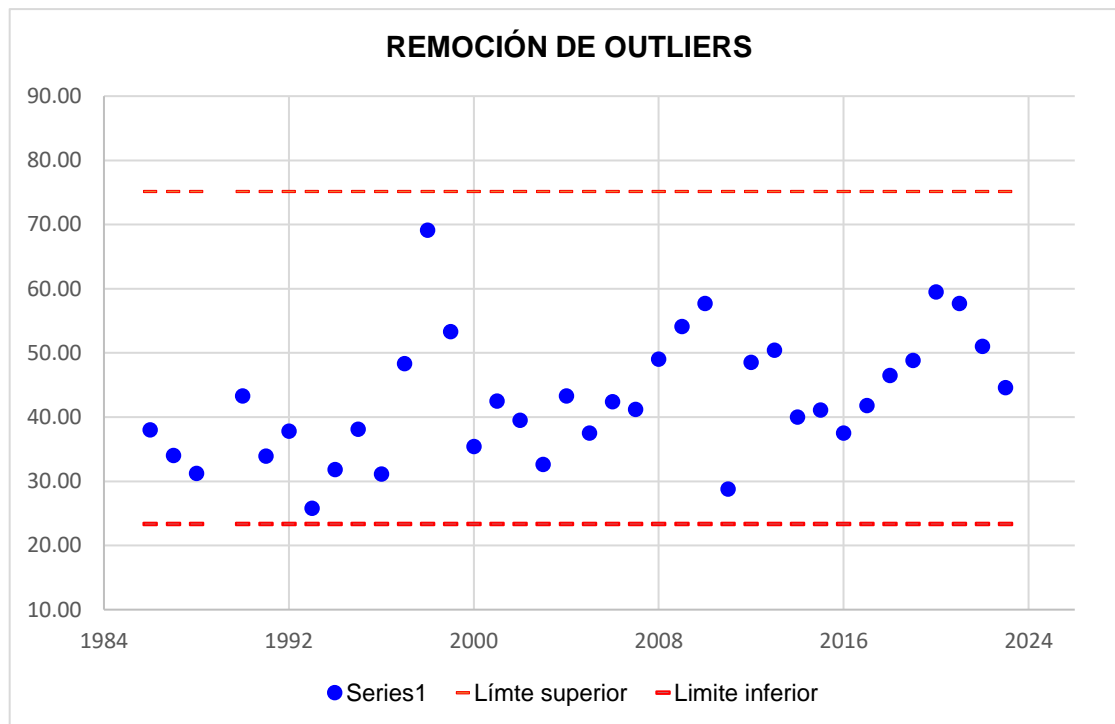
Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \qquad \qquad \qquad PL = 23.36 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Análisis de datos atípicos (Outliers)

Para el registro de precipitaciones máximas en 24 horas en la estación Chotano Lajas se ha evaluado la constancia mediante la prueba de datos dudosos (Outliers), recomendado por Water Resources Council.



ESTA FORMULA ES DE UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 5%

Número de registros	37	
Precipitación media	42.89	
Precipitación máx	69.10	
Precipitación mínima	25.80	
Desviación estándar de la muestra	9.54	
Media de logaritmos de registros	1.62	
Desviación estándar de logaritmos de registros	0.10	
Coficiente al nivel de significación de 5% (Kn)	2.6505	
Logaritmo del límite superior	1.876	
Logaritmo de límite inferior	1.37	
Limite superior	75.13	Ok
Límite inferior	23.360	Ok

CORRECCIÓN DE PRECIPITACIÓN

Precipitación máxima de 24 horas (mm)

Factor corrección :

1.13

	Año	Precipitación Histórica máx 24h	Pmáx 24 horas corregido
1	1986	38.00	42.94
2	1987	34.00	38.42
3	1988	31.20	35.26
4	1990	43.30	48.93
5	1991	33.90	38.31
6	1992	37.80	42.71
7	1993	25.80	29.15
8	1994	31.80	35.93
9	1995	38.10	43.05
10	1996	31.10	35.14
11	1997	48.30	54.58
12	1998	69.10	78.08
13	1999	53.30	60.23
14	2000	35.40	40.00
15	2001	42.50	48.03
16	2002	39.50	44.64
17	2003	32.60	36.84
18	2004	43.30	48.93
19	2005	37.50	42.38
20	2006	42.40	47.91
21	2007	41.20	46.56
22	2008	49.00	55.37
23	2009	54.10	61.13
24	2010	57.70	65.20
25	2011	28.80	32.54
26	2012	48.50	54.81
27	2013	50.40	56.95
28	2014	40.00	45.20
29	2015	41.10	46.44
30	2016	37.50	42.38
31	2017	41.80	47.23
32	2018	46.50	52.55
33	2019	48.80	55.14
34	2020	59.50	67.24
35	2021	57.70	65.20
36	2022	51.00	57.63
37	2023	44.60	50.40

Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov a un nivel de significancia de 5%

Estación: Chotano Lajas

Distribución teórica de probabilidades	Estimación de parámetros		
	Parámetros Ordinarios		
	Δ teorico	Δ tabular	Se ajustan los datos?
Normal	0.0883	0.2236	Sí
Log-Normal de 2 parámetros	0.0566	0.2236	Sí
Log-Normal de 3 parámetros	0.0608	0.2236	Sí
Gamma (2 parámetros)	0.0592	0.2236	Sí
Gamma generalizado (3 parámetros)	0.0529	0.2236	Sí
Log-Pearson tipo III	-	-	-
Gumbel	0.078	0.2236	Sí
Log-Gumbel	0.0983	0.2236	Sí

Fuente: Hidroesta 2

Δ teorico

Max 0.0983

Min 0.0529

Gamma generalizado(3 parámetros)

Gamma G. 3Parametros

Analisis de frecuencia a un nivel de confianza de 5%

Estación: Chota		
Periodo de retorno T (años)	Propabilidad de excedencia q	Precipitación correspondiente XT (mm)
2	0.500	47.43
5	0.200	57.10
10	0.100	62.78
20	0.050	67.80
30	0.033	70.53
50	0.020	73.81
80	0.013	76.70
100	0.010	78.03
140	0.007	80.00
175	0.006	81.28

Precipitación máxima de 24 horas (mm), para diferentes Tr

Factor corrección : 0.99

Altura promedio del area de estudio 2135.5
Altura de la estacion Chotano Lajas 2163

Periodo de retorno T (años)	P Máx (mm/24h)	P Máx corregida (mm/24h)
2	47.43	46.83
5	57.10	56.37
10	62.78	61.98
20	67.80	66.94
30	70.53	69.63
50	73.81	72.87
80	76.70	75.72
100	78.03	77.04
140	80.00	78.98
175	81.28	80.25

Factor 0.987

Se trabajara con la precipitación de un periodo de retorno de 50 años

Periodo de retorno T (años)	P Máx corregida (mm/24h)	P Máx corregida. (m)/dia
50	72.87	0.07

Anexo H. Cálculo del factor sísmico

ESTABILIDAD DE TALUDES

Análisis Pseudo Estático: Ceficiente Sísmico

Se utilizo la aceleración máxima horizontal de diseño (Valiente, et al.,2016)

$$A_{max_d} = PGA * S$$

Donde:

A_{max_d} = Aceleración de diseño.

PGA = Factor de zona (Peak Ground Aceleración).

S = Clasificación del suelo de acuerdo ala amplificacion sismica.

Zonificación del area de estudio.

Factores de Zona "Z"	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Zona
2

Z
0.25



Fuente: E.030 Diseño Sissmorresistente, 2018.

Factores de amplificación sismica del suelo "S".

Se muestra los factores de suelo "S"				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

S₂ = **1.2**

Fuente: E.030 Diseño Sissmorresistente, 2018.

Se Considera Pseudo Estático.

Al tomar en cuenta las recomendaciones de algunas fuentes como el AASHTO y la FHWA, sugieren que se tome un factor de 1/2 a 1/3 del valor de A_{max_d}.

$$Ad = \frac{1}{2} A_{max_d}$$

$$Ad = 0.150$$

Donde:

Ad = Coeficiente Pseudo Estático.

Anexo I. Memoria de cálculo del muro de concreto armado en voladizo para el talud

El Ingenio y Tayal



MEMORIA DE CÁLCULO – MUROS EN VOLADIZO

1. GENERALIDADES

Notación y unidades

Símbolo	Definición
b	ancho tributario por metro (b = 1000 mm)
d	peralte efectivo (mm)
z	brazo interno $\approx 0.90 \cdot d$ (mm)
f'c	resistencia a compresión (MPa)
fy	límite de fluencia del acero (MPa)
ϕ	factor de reducción: 0.90 (flexión), 0.75 (corte)
As	área de acero por metro (cm ² /m)
Mu, Vu	momentos y cortantes de diseño (kN·m/m, kN/m)

Criterios y ecuaciones (E.060 / E.030)

Tema	Ecuación
Empuje activo	$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_a \cdot H^2$ (aplicado a H/3)
Mononobe–Okabe	Definir $\theta = \arctan(kh/(1-kv))$; usar ecuación general de K_{ae} ; $\omega = 0^\circ$ ($\beta \approx 0$)
Flexión	$A_s = M_u / (\phi \cdot f_y \cdot z)$; $a = (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f'_c \cdot b)$; $\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$
Corte (concreto)	$V_c = 0.17 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$; $\phi V_n = 0.75 \cdot V_c$; estribos si $V_u > 0.5 \cdot \phi V_n$
Mínimos	$A_{s,min} \approx 0.0018 \cdot b \cdot h$ (exposición)
Fisuración	$f_s = M_{serv} / (A_s \cdot z) \leq 0.6 \cdot f_y$
Desarrollo	l_d (tracción) $\geq 40 \cdot \phi$ (adoptado)
Estabilidad externa (resumen):	$FS_{volteo} \geq 2.0$; $FS_{deslizamiento} \geq 1.5$ (sin cohesión ni K_p frontal); $e \leq B/6$; $\sigma_{max} \leq q_{adm}$



Materiales y parámetros

Parámetro	Valor
Concreto $f'c$	210 kg/cm ² (\approx 20.7 MPa)
Acero f_y	4200 kg/cm ² (\approx 412 MPa)
Peso volumétrico del concreto	24 kN/m ³
TMN agregado	3/4"
Recubrimiento (vástago / zapata)	5.0 cm / 7.5 cm
Longitud de desarrollo adoptada	$l_d = 40\phi$ (tracción)

Sismo (E.030) – Pseudoestático

Parámetro	Valor
Método	Mononobe–Okabe (pseudoestático)
k_h (adoptado)	0.15
k_v (adoptado)	0.0
Zona sísmica (ref.)	RNE E.030 – Chota ($Z \approx 0.25$, $S \approx 1.2$)

Drenaje

- Sistema de trasdós: Geotextil no tejido + filtro granular (grava 3/8"–3/4") $e \geq 0.20$ m, pendiente $\geq 1\%$
- Tubería dren: PVC/PEAD $\phi 110$ mm perforado, pendiente $\geq 1\%$, envuelto en geotextil; descarga a cuneta
- Aliviaderos: $\phi 75$ –100 mm @ 2.0–2.5 m; dos hileras alternadas a 0.60 m y 1.20 m sobre la base
- Corona: Berma/cuneta para desviar escorrentía; evitar infiltración al trasdós



2. MEMORIA DE CÁLCULO DE MUROS DE CONTENCIÓN H:7.40 m (EL INGENIO)

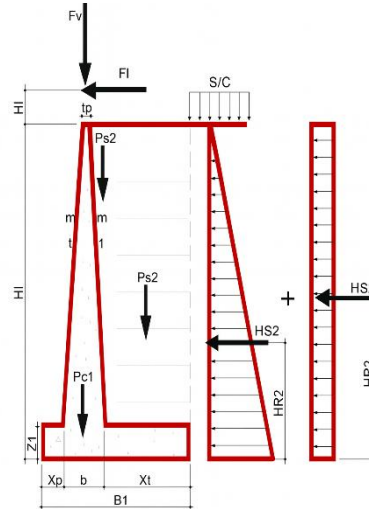
2.1. Características del material del relleno:

- Fricción interna= 35°
- Inclinación del relleno= 0°
- Ángulo del espladón con la horizontal= 1:1

2.2. Coeficiente sísmico

- Coeficiente sísmico horizontal= 0.15 g
- Coeficiente sísmico vertical= 0.15 g

Se usa el coeficiente de empuje activo de Coulomb



2.3. Características generales del suelo natural

Calicata	1	2	3
Humedad (%)	15.25	10.12	12.65
LL	36.30	36.30	29.04
LP	20.89	20.89	16.64
IP	15.41	15.41	12.40
SUCS	CL	CL	SC
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.84	1.82	1.83
Peso específico (KN/m ³)	18.00	17.80	17.90
Cohesión (kg/cm ²)	0.20	0.19	0.26
Cohesión (KN/m ²)	19.42	18.53	25.11
Ángulo de fricción (°)	24.73	23.82	24.79
Profundidad de cimiento (Df) m	1.50	1.50	1.50
Ancho de cimiento (D) m	1.00	1.00	1.00
Capacidad de carga última qu			
Cimentación corrida	2.10	1.93	2.68
Cimentación cuadrada	2.68	2.45	3.43
Cimentación circular	2.67	2.45	3.43
Factor de seguridad	3.00	3.00	3.00
Capacidad de carga admisible qadm			
Cimentación corrida	0.70	0.64	0.89
Cimentación cuadrada	0.89	0.82	1.14
Cimentación circular	0.89	0.82	1.14

2.4. Suelo (diseño)

Parámetro	Valor
γ suelo (kN/m ³) – estudio	18.0
ϕ' (°) – estudio	23.82
c' (kPa) para empuje	0.0
q_adm estudio (kPa)	62.8
q_adm adoptada (kPa)	280.0



2.5. Geometría

Parámetro	Valor
Altura H (m)	7.4
Ancho de base B (m)	5.2
Talón (m)	3.4
Puntera (m)	0.9
Espesor zapata (m)	1.1
Espesor en coronación (m)	0.5
Profundidad de desplante Df (m)	1.9

2.6. Resumen de estabilidad (según GEO5)

Verificación	Límite	Valor
FS Volteo	≥ 2.0	3.13
FS Deslizamiento	≥ 1.5	2.43
Excentricidad e (m)	$\leq B/6$	0.081
Límite $e \leq B/6$ (m)		0.867
FS Cap. portante		1.18
σ_{max} (kPa)		237.05
q_adm comparación (kPa)		280.0
σ_{max} vs qadm (KPa)	\leq	OK

2.7. Envoltentes Mu–Vu

Ubicación – Estático	Mu (kN·m/m)	Vu (kN/m)
Vástago (base)	518	210
Talón (eje vástago)	690	408
Talón (borde)	520	300
Puntera	49	108
Ubicación – Sísmico	Mu (kN·m/m)	Vu (kN/m)
Vástago (base)	820	270
Talón (eje vástago)	860	510
Talón (borde)	650	360
Puntera	65	130



2.8. Diseño detallado

PANTALLA – Momento en la base

Pantalla – Base	Dato	Resultado
Mu envolvente (base)	820 kN·m/m	
d efectivo estimado	0.440 m	
As requerido (aprox)	55.80 cm ² /m	
As mínimo (E.060)	9.00 cm ² /m	
As provisto (zona inferior)	3/4" @ 12 cm	23.75 cm ² /m
OK		No

Corte del refuerzo a profundidad

Pantalla – A profundidad	Dato	Resultado
Mu a $\sim H/2$	328 kN·m/m	
As requerido	22.32 cm ² /m	
As provisto (cara intradós – distribución)	1/2" @ 25 cm	5.07 cm ² /m
OK		Sí

ZAPATA – Talón

Talón	Dato	Resultado
Mu envolvente (talón – eje)	860 kN·m/m	
d efectivo estimado	1.02 m	
As requerido	25.34 cm ² /m	
As provisto (inferior)	5/8" @ 20 cm	9.90 cm ² /m
OK		No
Reparto superior	1/2" @ 25 cm	5.07 cm ² /m

Zapata – Puntera

Puntera	Dato	Resultado
Mu envolvente (puntera)	65 kN·m/m	
d efectivo estimado	1.02 m	
As requerido	1.92 cm ² /m	
As provisto (superior)	5/8" @ 25 cm	7.92 cm ² /m
OK		Sí
Reparto inferior	1/2" @ 25 cm	5.07 cm ² /m

Refuerzo horizontal y mínimos

Vástago – horizontales	Dato	Resultado
Refuerzo horizontal (ambas caras)	1/2" @ 25 cm	5.07 cm ² /m
Cumple Asmin temperatura ($\approx 0.0018 \cdot b \cdot h$)	Sí	



2.9. Diseño general por flexión y corte con acero provisto

Flexión

Elemento	Acero provisto	As prov (cm ² /m)	As mín (cm ² /m)	ϕMn (kN·m/m)	Mu env (kN·m/m)	Flexión
Vástago (base)	3/4" @ 12 cm	23.75	9.00	363	820	OK
Talón (voladizo)	5/8" @ 20 cm	9.90	19.80	369	860	OK
Puntera (voladizo)	5/8" @ 25 cm	7.92	19.80	296	65	OK

Nota. Bloque de ecuaciones antes del diseño¹

Corte

Elemento	Acero provisto	As prov (cm ² /m)	As mín (cm ² /m)	ϕVn (kN/m)	Vu env (kN/m)	Corte
Vástago (base)	3/4" @ 12 cm	23.75	9.00	255	270	OK
Talón (voladizo)	5/8" @ 20 cm	9.90	19.80	588	510	OK
Puntera (voladizo)	5/8" @ 25 cm	7.92	19.80	588	130	OK

Fisuración

Elemento	Acero provisto	As prov (cm ² /m)	fs serv (MPa)	0.6fy (MPa)	Fisuración
Vástago (base)	3/4" @ 12 cm	23.75	550132612	247	OK
Talón (voladizo)	5/8" @ 20 cm	9.90	761678305	247	OK
Puntera (voladizo)	5/8" @ 25 cm	7.92	54090198	247	OK

Ejemplo numérico – Cálculo de As (vástago, base)

$$d \approx t - \text{rec} - \phi/2 = 50.0 - 5.0 - 0.95 \approx 44.0 \text{ cm}; z \approx 0.9 \cdot d \approx 39.6 \text{ cm}$$

$$Mu = 820 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m} = 8,361,540 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{m}$$

$$As = Mu / (\phi \cdot fy \cdot z) = 8,361,540 / (0.9 \cdot 4200 \cdot 39.6) \approx 55.80 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Acero provisto: 3/4" @ 12 cm → As_prov ≈ 23.75 cm²/m ⇒ NO y ϕMn ≥ Mu.

¹ • **Vástago (base):**•• $d = t_{\text{base}} - \text{rec} - \phi/2$; $z \approx 0.90 \cdot d$; $As = Mu / (\phi \cdot fy \cdot z)$; $a = (As \cdot fy) / (0.85 \cdot f'c \cdot b)$; $\phi M_n = \phi \cdot As \cdot fy \cdot (d - a/2)$; $\phi V_n = 0.75 \cdot 0.17 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$.

• **Talón/Puntera (voladizos):**•• usar Mu envolvente y d basado en espesor de zapata; verificación de corte con ϕVn (concreto).

• **Mínimos y fisuración:**•• $As \geq As_{\text{min}}$; $fs = M_{\text{serv}} / (As \cdot z) \leq 0.6 \cdot fy$.



2.10. Refuerzo complementario y detalles

- Vástago intradós (distribución): 1/2" @ 25 cm. Horizontales ambas caras: 1/2" @ 25 cm.
- Desarrollo y traslapes: l_d (tracción) adoptado = 40ϕ , empalmes escalonados fuera de zonas críticas y ganchos donde falte desarrollo.

Desarrollo y traslapes (resumen)

Barra	l_d (tensión) adoptado
3/8"	381 mm
1/2"	508 mm
5/8"	635 mm
3/4"	762 mm

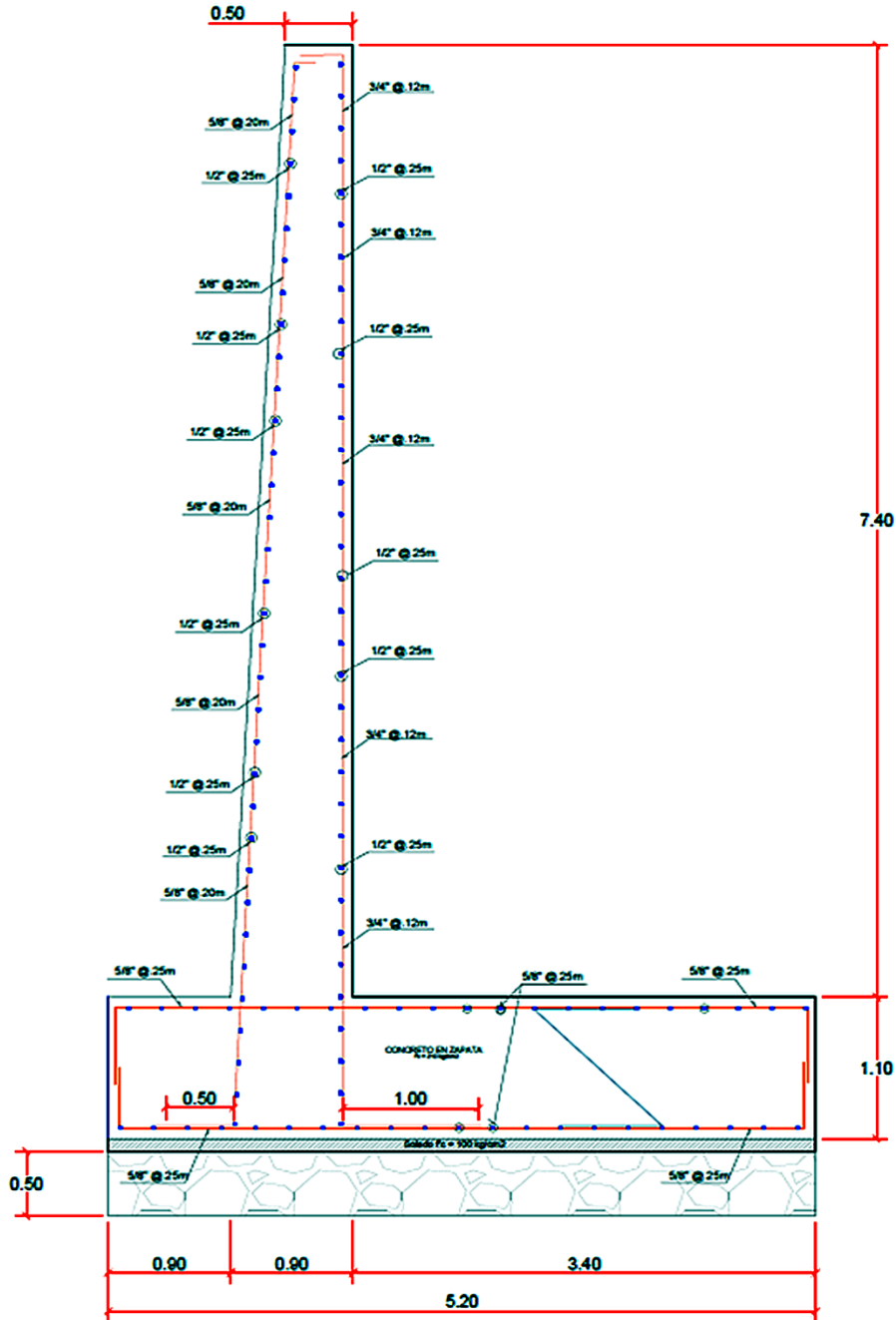
2.11. Cuadro de acero por elemento

Elemento	Tramo	Barra	Espaciamiento
Vástago – vertical trasdós (principal)	0–2.5 m	3/4"	0.12 m
Vástago – vertical trasdós (principal)	2.5–5.0 m	1/2"	0.25 m
Vástago – vertical trasdós (principal)	5.0–7.4 m	3/8"	0.20 m
Vástago – vertical intradós (distrib.)	0–7.4 m	1/2"	0.25 m
Vástago – horizontal (ambas caras)	0–7.4 m	1/2"	0.25 m
Talón – principal inferior (muro)		5/8"	0.20 m
Talón – reparto superior		1/2"	0.25 m
Talón – transversal (cosido alrededor del alma)		1/2"	0.25 m
Puntera – principal superior (muro)		5/8"	0.25 m
Puntera – reparto inferior		1/2"	0.25 m
Nudo vástago–zapata	Barras en L, $l_d \geq 40\phi$; parche cosido 1.20 m	1/2"	0.25 m

Notas: barras en "L" ancladas al vástago; $l_d, ten \geq 40\phi$; recubrimientos conforme a tabla de materiales.



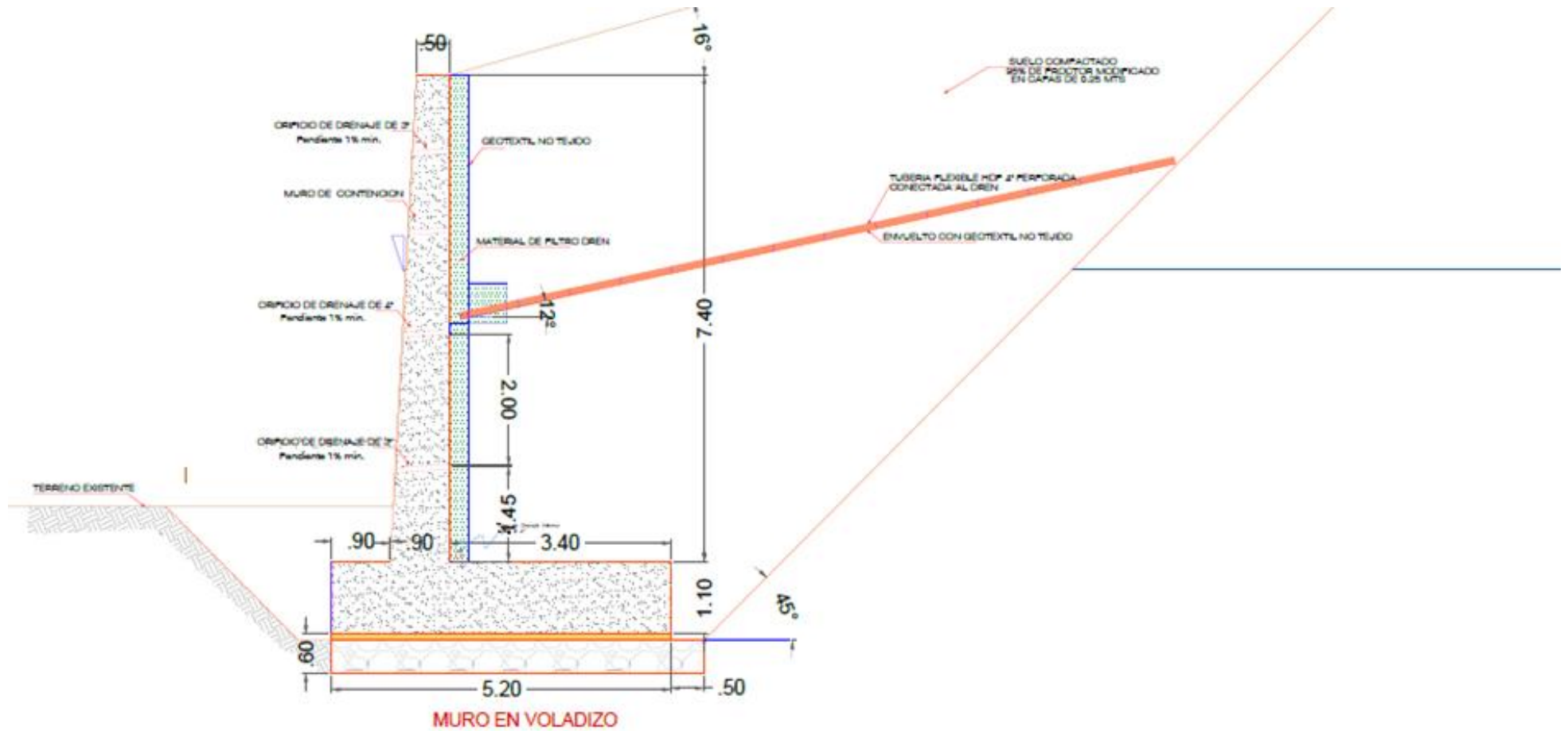
2.12. Esquema de acero



MURO EN VOLADIZO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MEMORÍA DE CÁLCULO DE MUROS DE CONCRETO ARMADO EN VOLADIZO





3. MEMORIA DE CÁLCULO DE MUROS DE CONTENCIÓN H:5.60 m (TAYAL)

3.1. Características del material del relleno:

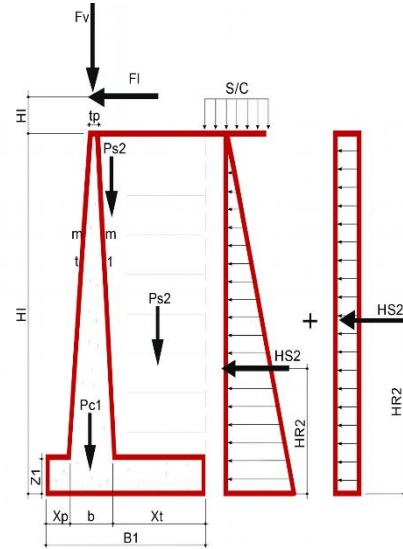
- Fricción interna= 35°
- Inclinación del relleno= 0°
- Ángulo del espladón con la horizontal= 1:1

3.2. Coeficiente sísmico

- Coeficiente sísmico horizontal= 0.15 g
- Coeficiente sísmico vertical= 0.15 g

Se usa el coeficiente de empuje activo de Coulomb

3.3. Características del suelo natural



Calicata	1	2	3
Humedad (%)	12.35	10.12	14.21
LL	32.08	39.75	36.81
LP	21.79	19.14	15.27
IP	10.29	20.61	21.54
SUCS	CL	CL	GC
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.82	1.87	1.80
Peso específico (KN/m ³)	17.80	18.30	17.70
Cohesión (kg/cm ²)	0.295	0.331	0.27
Cohesión (KN/m ²)	28.93	32.46	26.58
Ángulo de fricción (°)	20.97	20.02	26.46
Profundidad de cimiento (Df) m	1.50	1.50	1.50
Ancho de cimiento (D) m	1.00	1.00	1.00
Capacidad de carga última qu			
Cimentación corrida	2.56	2.74	3.07
Cimentación cuadrada	3.29	3.52	3.92
Cimentación circular	3.28	3.52	3.91
Factor de seguridad	3.00	3.00	3.00
Capacidad de carga admisible qadm			
Cimentación corrida	0.85	0.91	1.02
Cimentación cuadrada	1.10	1.17	1.31
Cimentación circular	1.09	1.17	1.30

3.4. Suelo (diseño)

Parámetro	Valor
γ suelo (kN/m ³) – estudio	18.3
ϕ' (°) – estudio	20.02
c' (kPa) para empuje	0.0
q_{adm} estudio (kPa)	83.4
q_{adm} adoptada (kPa)	280.0



3.5. Geometría

Parámetro	Valor
Altura H (m)	5.6
Ancho de base B (m)	3.9
Talón (m)	2.6
Puntera (m)	0.7
Espesor zapata (m)	0.9
Espesor en coronación (m)	0.35
Profundidad de desplante Df (m)	1.8

3.6. Resumen de estabilidad (según GEO5)

Verificación	Valor
FS Volteo	3.59
FS Deslizamiento	4.91
Excentricidad e (m)	0.074
Límite $e \leq B/6$ (m)	0.65
FS Cap. portante	1.57
σ_{max} (kPa)	177.9
q_adm comparación (kPa)	280.0

3.7. Envoltentes Mu–Vu

Ubicación – Estático	Mu (kN·m/m)	Vu (kN/m)
Vástago (base)	263	141
Talón (eje vástago)	410	312
Talón (borde)	300	230
Puntera	29	84
Ubicación – Sísmico	Mu (kN·m/m)	Vu (kN/m)
Vástago (base)	600	178
Talón (eje vástago)	520	390
Talón (borde)	380	280
Puntera	40	95



3.8. Diseño detallado

PANTALLA – Momento en la base

Pantalla – Base

	Dato	Resultado
Pantalla – Base		
Mu envolvente (base)	600 kN·m/m	
d efectivo estimado	0.390 m	
As requerido (aprox)	0.05 cm ² /m	
As mínimo (E.060)	8.10 cm ² /m	
As provisto (zona inferior)	¾" @ 20 cm → 14.25 cm ² /m	Sí

Corte del refuerzo a profundidad

Pantalla – A profundidad

	Dato	Resultado
Mu a 'H/2' (aprox 0.4·Mu_base)	240 kN·m/m	
As requerido	0.02 cm ² /m	
As provisto (cara intradós – distribución)	½" @ 25 cm → 5.07 cm ² /m	Sí

ZAPATA – Talón

Talón

	Dato	Resultado
Mu envolvente (talón – eje)	520 kN·m/m	
d efectivo estimado	0.817 m	
As requerido	0.02 cm ² /m	
As provisto (inferior)	⅝" @ 25 cm → 7.92 cm ² /m	Sí
Reparto superior	½" @ 25 cm → 5.07 cm ² /m	≥ Asmin (info)

Zapata – Puntera

	Dato	Resultado
Mu envolvente (puntera)	40 kN·m/m	
d efectivo estimado	0.817 m	
As requerido	0.00 cm ² /m	
As provisto (superior)	⅝" @ 25 cm → 7.92 cm ² /m	Sí
Reparto inferior	½" @ 25 cm → 5.07 cm ² /m	

Refuerzo horizontal y mínimos

Vástago – horizontales

	Dato	Resultado
Vástago – horizontales		
As provisto (ambas caras)	½" @ 25 cm → 5.07 cm ² /m	
Cumple Asmin temperatura (ρ=0.0012)	Asmin ≈ 5.04 cm ² /m	Sí



3.9. Diseño por flexión y corte con acero provisto

Flexión

Elemento	Acero provisto	As prov (cm ² /m)	As mín (cm ² /m)	φMn (kN·m/m)	Mu env (kN·m/m)	Flexión
Vástago (base)	3/4" @ 20 cm	14.25	8.10	197	600	NO
Talón (voladizo)	5/8" @ 25 cm	7.92	16.20	237	520	NO
Puntera (voladizo)	5/8" @ 25 cm	7.92	16.20	237	40	OK

Nota. Bloque de ecuaciones antes del diseño²

Corte

Elemento	Acero provisto	As prov (cm ² /m)	As mín (cm ² /m)	φVn (kN/m)	Vu env (kN/m)	Corte
Vástago (base)	3/4" @ 20 cm	14.25	8.10	226	178	OK
Talón (voladizo)	5/8" @ 25 cm	7.92	16.20	473	390	OK
Puntera (voladizo)	5/8" @ 25 cm	7.92	16.20	473	95	OK

Fisuración

Elemento	Acero provisto	As prov (cm ² /m)	As mín (cm ² /m)	fs serv (MPa)	0.6fy (MPa)	Fisuración
Vástago (base)	3/4" @ 20 cm	14.25	8.10	525134027	247	OK
Talón (voladizo)	5/8" @ 25 cm	7.92	16.20	704220605	247	OK
Puntera (voladizo)	5/8" @ 25 cm	7.92	16.20	49810726	247	OK

Ejemplo numérico – Cálculo de As (vástago, base)

$$d \approx t - \text{rec} - \phi/2 = 45.0 - 5.0 - 0.95 \approx 39.0 \text{ cm}; z \approx 0.9 \cdot d \approx 35.1 \text{ cm}$$

$$Mu = 600 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m} = 6,118,200 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{m}$$

$$As = Mu / (\phi \cdot fy \cdot z) = 6,118,200 / (0.9 \cdot 4200 \cdot 35.1) \approx 46.06 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Acero provisto: 3/4" @ 20 cm → As_{prov} ≈ 14.25 cm²/m ⇒ NO y φMn ≥ Mu.

² • **Vástago (base):** d = t_{base} - rec - φ/2; z ≈ 0.90·d; As = Mu/(φ·fy·z); a = (As·fy)/(0.85·f'c·b); φMn = φ·As·fy·(d - a/2); φVn = 0.75·0.17·√f'c·b·d.

• **Talón/Puntera (voladizos):** usar Mu envolvente y d basado en espesor de zapata; verificación de corte con φVn (concreto).

• **Mínimos y fisuración:** As ≥ As,min; fs = M_{serv}/(As·z) ≤ 0.6·fy.



3.10. Refuerzo complementario y detalles

- Vástago intradós (distribución): 1/2" @ 25 cm. Horizontales ambas caras: 1/2" @ 25 cm.
- Desarrollo y traslapes: l_d (tracción) adoptado = 40ϕ , empalmes escalonados fuera de zonas críticas y ganchos donde falte desarrollo.

Desarrollo y traslapes (resumen)

Barra	l_d (tensión) adoptado
3/8"	381 mm
1/2"	508 mm
5/8"	635 mm
3/4"	762 mm

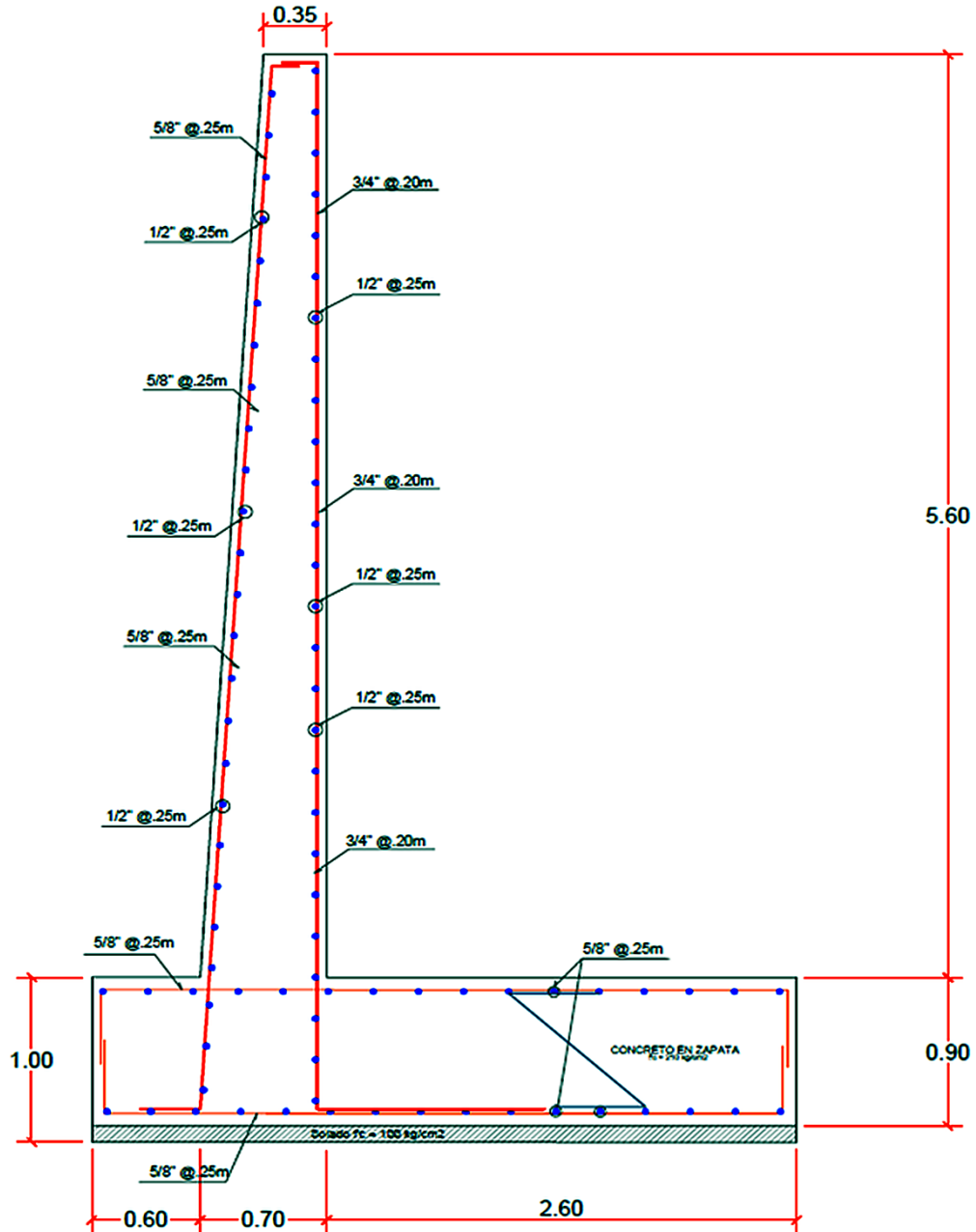
3.11. Cuadro de acero por elemento

Elemento	Tramo	Barra	Espaciamiento
Vástago – vertical trasdós (principal)	0–2.0 m	3/4"	0.20 m
Vástago – vertical trasdós (principal)	2.0–5.6 m	1/2"	0.25 m
Vástago – vertical intradós (distrib.)	0–5.6 m	1/2"	0.25 m
Vástago – horizontal (ambas caras)	0–5.6 m	1/2"	0.25 m
Talón – principal inferior (muro)		5/8"	0.25 m
Talón – reparto superior		1/2"	0.25 m
Talón – transversal (cosido alrededor del alma)		1/2"	0.25 m
Puntera – principal superior (muro)		5/8"	0.25 m
Puntera – reparto inferior		1/2"	0.25 m
Nudo vástago–zapata	Barras en L, $l_d \geq 40\phi$; parche cosido 1.00 m	1/2"	0.25 m

Notas: barras en "L" ancladas al vástago; $l_d, ten \geq 40\phi$; recubrimientos conforme a tabla de materiales.



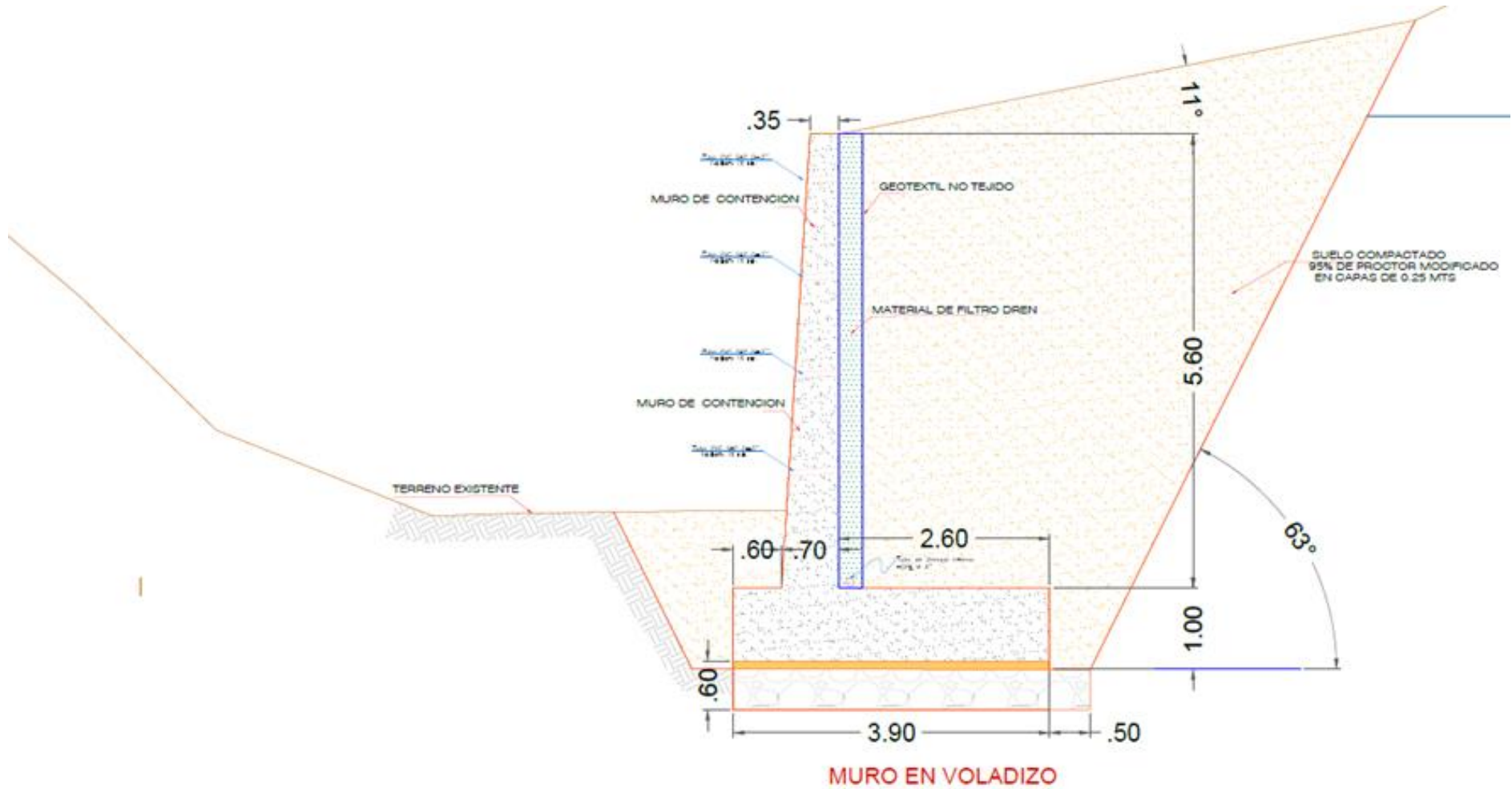
3.12. Esquema de acero



SECCION MURO M2 - H=6.50 mts.
DETALLE DE ACERO
ESC: 1/20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MEMORÍA DE CÁLCULO DE MUROS DE CONCRETO ARMADO EN VOLADIZO



Anexo J. Metrados, análisis de costos unitarios y presupuesto

METRADOS Y COSTOS INGENIO

MURO DE CONCRETO EN VOLADIZO

RESUMEN DE METRADOS

Proyecto Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas

Sub Presupuesto **01 - Muro - Ingenio**

Cliente UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

Ubicación LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA **Costo a : Mar-25**

Item	Descripción	Unidad	Metrado
04	<u>OBRAS COMPLEMENTARIAS</u>		
04.01	MUROS DE CONTENCIÓN		
04.01.01	MUROS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO ARMADO MC-01; H=8.50m		
04.01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES		
04.01.01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	148.80
04.01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
04.01.01.02.01	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	2,003.95
04.01.01.02.02	EXCAVACIÓN DE TERRENO MANUAL	m3	74.88
04.01.01.02.03	REFINE Y NIVELACION DE TALUDES Y FONDO DE CIMENTACIÓN	m2	176.00
04.01.01.02.04	RELLENO CON MATERIAL GRUESO (FILTRO) E=0.30m	m3	53.28
04.01.01.02.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	m3	2,111.07
04.01.01.02.06	MATERIAL GRANULAR TIPO OVER EN ZAPATAS E=0.50m	m3	62.40
04.01.01.02.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA Dprom = 5 Km	m3	2,598.54
04.01.01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE		
04.01.01.03.01	SOLADO F'C= 100KG/CM2 (e=10cm)	m2	124.80
04.01.01.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO		
04.01.01.04.01	ACERO ESTRUCTURAL fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	11,179.52
04.01.01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MUROS DE CONTENCIÓN	m2	500.20
04.01.01.04.03	CONCRETO EN MURO DE CONTENCIÓN f'c=210 kg/cm2	m3	261.60
04.01.01.05	JUNTAS		
04.01.01.05.01	JUNTAS ASFALTICA DE DILATACIÓN E = 1"	m	42.50
04.01.01.06	VARIOS		
04.01.01.06.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	480.00
04.01.01.06.02	TUBERÍA PVC - SAL Ø2" - PARA DRENAJE	m	30.45
04.01.01.06.03	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	68.00
04.01.01.06.04	GEOTEXTIL MT 270 NO TEJIDO	m2	372.00

HOJA DE SUSTENTACION DE METRADOS

Código del Proyecto:
Revisión:
Especialidad:
Consultor:
Elaboración:

Proyecto:	Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas
------------------	---

Descripción del Trabajo:	MUROS DE CONTENCIÓN				(1 UND)
---------------------------------	----------------------------	--	--	--	------------------

4.00	OBRAS COMPLEMENTARIAS
-------------	------------------------------

04.01	MUROS DE CONTENCIÓN
--------------	----------------------------

04.01.01	MUROS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO ARMADO MC-01; H=8.50 MTS
-----------------	---

04.01.01.01	OBRAS PRELIMINARES
--------------------	---------------------------

04.01.01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	Metrado: 148.80	Und : m2
-----------------------	--------------------------	------------------------	-----------------

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO (m)	LARGO (m)	AREA TOTAL
MC-6.50	1	6.2	4.8	29.76
MC-6.50	1	6.2	4.8	29.76
MC-6.50	1	6.2	4.8	29.76
MC-6.50	1	6.2	4.8	29.76
MC-6.50	1	6.2	4.8	29.76
TOTAL =				148.80 m2

24

04.01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS
--------------------	------------------------------

04.01.01.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	Metrado: 2003.95	Und : m3
-----------------------	---	-------------------------	-----------------

TRAMO		LONGITUD (m)	AREA DE CORTE			VOLUMEN (m3)
INICIO	FIN		INICIO	FIN	PROMEDIO	
0+000	0+006	6.00	99.33	93.85	96.59	579.55
0+006	0+012	6.00	93.85	78.11	85.98	515.87
0+012	0+018	6.00	78.11	71.37	74.74	448.44
0+018	0+024	6.00	71.37	81.99	76.68	460.09
TOTAL EXCAVACION =						2003.95 m3

04.01.01.02.02	EXCAVACION DE TERRENO MANUAL	Metrado: 74.88	Und : m3
-----------------------	-------------------------------------	-----------------------	-----------------

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO (m)	ALTO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN
MC-8.50	5	5.20	0.60	4.80	74.88
TOTAL EXCAVACION DE ZANJA =					74.88

04.01.01.02.03	REFINE Y NIVELACION DE TALUDES Y FONDO DE ZANJA	Metrado: 176.00	Und : m2
-----------------------	--	------------------------	-----------------

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO	ALTO	PERIMETRO	LARGO	AREA
MC-8.50	5	5.20	0.60	6.40	5.50	176.00
TOTAL =						176.00

04.01.01.02.04 RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m Metrado: 53.28 Und : m3

MURO	N° ELEMENTOS	ALTO	LARGO	AREA	VOLUMEN TOTAL
MC-8.50	5	7.40	4.80	1.44	53.28
TOTAL=					53.28

04.01.01.02.05 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO Metrado: 2111.07 Und : m3

TRAMO		LONGITUD (m)	AREA DE RELLENO			VOLUMEN (m3)
INICIO	FIN		INICIO	FIN	PROMEDIO	
0+000	0+006	6.00	99.71	95.86	97.78	586.70
0+006	0+012	6.00	95.86	82.98	89.42	536.52
0+012	0+018	6.00	82.98	79.22	81.10	486.61
0+018	0+024	6.00	79.22	87.86	83.54	501.25
TOTAL =						2111.07 m3

04.01.01.02.06 MATERIAL GRANULAR TIPO OVER EN ZAPATAS e= 0.50 m Metrado: 62.40 Und : m3

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO	ALTURA (m)	LARGO (m)	VOLUMEN TOTAL
MC-8.50	5	5.20	0.50	4.80	62.40
TOTAL =					62.40 m3

04.01.01.02.07 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CARGA MANUAL VOLQUETE 6 M3 D=5.0 M Metrado: 2598.54 Und : m3

VOLUMEN DE EXCAVACION = 2078.829
 FACTOR DE ESPONJAMIENTO = 1.25
 VOLUMEN EXCEDENTE = 2598.54 m3

04.01.01.03 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

04.01.01.03.01 SOLADO EN ZAPATAS f'c = 100 KG/CM2 e = 10 cm Metrado: 124.80 Und : m2

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO (m)	LARGO (m)	AREA TOTAL
MC-8.50	5	5.20	4.80	124.80
TOTAL =				124.80 m2

04.01.01.04

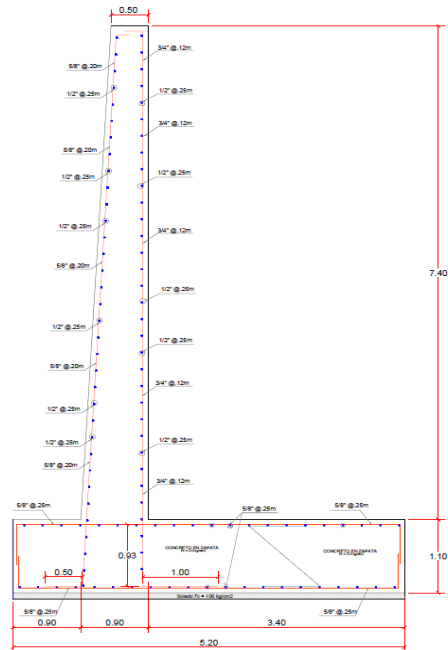
OBRAS DE CONCRETO ARMADO

04.01.01.04.01


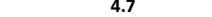

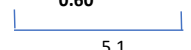


ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$

Metrado: 11179.52

Und : Kg



MURO	N° ELEMENTOS	DESCRIPCION	LONGITUD DESARROLLO	Φ	KG/ML	N° VECES	PESO (kg)
MC - 8.50	5	A° VERTICAL INTERIOR S= 0.12 m	9.6	3/4	2.237	41	4380.33
	0.25						
	1						
MC - 8.50	5	A° VERTICAL EXTERIOR S= 0.20 m	9.1	5/8	1.554	25	1757.70
	0.25						
	8.3						
	0.5						

MC - 8.50	5	A° TRANSVERSAL EXTERIOR PANTALLA	4.7	1/2	0.994	34	794.54
							
MC - 8.50	5	A° TRANSVERSAL INTERIOR PANTALLA	4.7	1/2	0.994	33	771.17
							
MC - 8.50	5	A° LONG. SUPERIOR ZAPATA	6.3	5/8	1.554	20	971.11
							
		S= 0.25 m					
MC - 8.50	5	A° LONG. INFERIOR ZAPATA	6.3	5/8	1.554	20	971.11
							
		S= 0.25 m					
MC - 8.50	5	A° TRANSVERSAL INFERIOR ZAPATA	4.7	5/8	1.554	21	766.79
							
MC - 8.50	5	A° TRANSVERSAL SUPERIOR ZAPATA	4.7	5/8	1.554	21	766.79
							

TOTAL = 11179.52 Kg

04.01.01.04.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN NORMAL

Metrado: 500.20

Und : m2

MURO	N° ELEMENTOS	ALTURA DE PANTALLA (m)	LARGO (m)	N° VECES	AREA DE TAPAS	LARGO	ANCHO	PERALTE	AREA TOTAL
MC-8.50	5	7.40	4.80	2	3.50 m2	4.80	5.20	1.10	500.20
TOTAL =									500.20 m2

04.01.01.04.03 CONCRETO F'C= 210 KG/CM2

Metrado: 261.60

Und : m3

MURO	N° ELEMENTOS	LARGO (m)	PANTALLA			ZAPATA		AREA SECCION MURO	VOLUMEN TOTAL
			ALTURA	CORONA	FUSTE	ANCHO	PERALTE		
MC-8.50	5	4.80	7.40	0.5	0.90	5.20	1.10	10.90	261.60
TOTAL =									261.60

04.01.01.05	JUNTAS						
04.01.01.05.01	JUNTAS ASFÁLTICA E=1"				Metrado:	42.50	Und : m

Longitud de Muro = 24.00 m
 Espaciamiento entre juntas = 4.80 m
 N° de juntas = 5 und
 Longitud prom. por junta = 8.5 m
 Total = 42.5 m

04.01.01.06	VARIOS						
04.01.01.06.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO				Metrado:	480.00	Und : m2

MURO	N° ELEMENTOS	ALTURA DE PANTALLA (m)	LARGO (m)	N° VECES	LARGO	ANCHO	AREA TOTAL
MC-8.50	5	7.40	4.80	2	4.80	5.20	480.00
TOTAL =							480.00 m2

04.01.01.06.02	TUBERIA PVC SAP 3" PARA DRENAJE				Metrado:	30.45	Und : m
----------------	---------------------------------	--	--	--	----------	--------------	----------------

MURO	N° ELEMENTOS	FILA SUPERIOR	FILA INTERMEDIA	FILA INFERIOR	ELEM. X FILA	LONG TOTAL
MC-8.50	5	0.57	0.63	0.83	3	30.45
TOTAL =						30.45 m

04.01.01.06.03	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE				Metrado:	68.00	Und : m
----------------	--	--	--	--	----------	--------------	----------------

Longitud de Muro = 24.00 m
 Longitud de Muro = 44.00 m

04.01.01.06.04	GEOTEXTIL MT 270 NO TEJIDO				Metrado:	372.00	Und : m2
----------------	----------------------------	--	--	--	----------	---------------	-----------------

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO (m)	ALTO (m)	LONGITUD (m)	AREA TOTAL
MC-8.50	5	0.35	7.40	4.80	372.00
TOTAL =					372.00 m2

4.01 MUROS DE CONTENCIÓN

Partida:	04.01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR			Rendimiento:	500 m2/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.0160	12.68	0.20
47 00009	PEÓN	HH	3	0.0480	9.08	0.44
						0.44
	Materiales					
03 08949	ESTACAS DE ACERO CORRUGADO Ø1/2"	Und		0.0223	2.80	0.06
30 08942	YESO EN BOLSAS DE 18 KG.	BOL		0.0500	15.50	0.78
39 00266	CORDEL	M		0.1900	0.12	0.02
						0.86
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.44	0.01
48 08943	ESTACIÓN TOTAL	HM	1	0.0160	12.710	0.20
48 08950	NIVEL TOPOGRÁFICO	HM	1	0.0160	8.47	0.14
						0.35
						1.65
					Costo unitario por m2:	1.65
Partida:	04.01.01.02.01	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA			Rendimiento:	300 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.0267	12.68	0.34
47 00009	PEÓN	HH	2	0.0533	9.08	0.48
						0.48
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.484	0.01
48 08172	RETROEXCAVADORA DE 1/2 A 1 1/4 Y d3	HM	1	0.0267	296.610	7.91
						7.92
						8.41
					Costo unitario por m3:	8.41
Partida:	04.01.01.02.02	EXCAVACIÓN DE TERRENO MANUAL			Rendimiento:	4 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00009	PEÓN	HH	1	2.0000	9.08	18.16
						18.16
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	18.160	0.54
						0.54
						18.70
					Costo unitario por m3:	18.70
Partida:	04.01.01.02.03	REFINE Y NIVELACION DE TALUDES Y FONDO DE CIMENTACIÓ			Rendimiento:	100 m2/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	2	0.1600	12.68	2.03
47 00009	PEON	HH	1	0.0800	9.08	0.73
						2.76
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.76	0.08
49 08964	RODILLO LISO VIBRATORIO MANUAL 10.8HP 0.8-1.1 ton	HM	1	0.0800	84.25	6.74
						6.82
						9.58
					Costo unitario por m2:	9.58
Partida:	04.01.01.02.04	RELLENO CON MATERIAL GRUESO (FILTRO) E=0.30m			Rendimiento:	25 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.3200	12.68	4.06
47 00009	PEÓN	HH	4	1.2800	9.08	11.62
						15.68
	Materiales					
05 08965	PIEDRA MEDIANA DE 2" - 3"	m3		1.1500	63.560	73.09
						73.09
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	15.68	0.47
49 00113	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	HM	1	0.3200	18.50	5.92
						6.39
						95.16
					Costo unitario por m3:	95.16

Partida:	04.01.01.02.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO			Rendimiento:	20 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.4000	12.68	5.07
47 00009	PEÓN	HH	4	1.6000	9.08	14.53
						19.60
Materiales						
37 00004	AFIRMADO	M3		1.2500	57.63	72.04
39 00040	AGUA	M3		0.0140	8.47	0.12
						72.16
Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	19.60	0.59
49 00113	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	HM	1	0.4000	18.50	7.40
						7.99
Costo unitario por m3:						99.74
Partida:	04.01.01.02.06	MATERIAL GRANULAR TIPO OVER EN ZAPATAS E=0.50m			Rendimiento:	1,500.00 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00008	OFICIAL	HH	1	0.0053	9.98	0.05
47 00009	PEON	HH	4	0.0213	9.08	0.19
						0.25
Materiales						
05 08957	PIEDRA GRANDE Tmáx 8"	m3		0.4200	59.32	24.91
						24.91
Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.25	0.01
49 00351	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1	0.0053	271.18	1.45
49 08955	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP	HM	1	0.0053	156.77	0.84
						2.29
Costo unitario por m3:						27.45
Partida:	04.01.01.02.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA D			Rendimiento:	380 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00009	PEÓN	HH	1	0.0211	9.08	0.19
						0.19
Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.19	0.01
48 08925	CAMION VOLQUETE 6x4 330HP 15 m3	HM	2	0.0421	144.07	6.07
49 08926	CARGADOR S/LLANTAS 110-125 HP	HM	1	0.0211	262.71	5.54
						11.61
Costo unitario por m3:						11.81
Partida:	04.01.01.03.01	SOLADO FC= 100KG/CM2 (e=10cm)			Rendimiento:	100 m2/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	2	0.1600	12.68	2.03
47 00009	PEÓN	HH	8	0.6400	9.08	5.81
						7.84
Materiales						
21 06201	ARENA GRUESA	bls		0.3000	26.27	7.88
38 00005	ASFALTO LÍQUIDO RC-250	M3		0.1250	63.56	7.95
39 00040	TECNOPOR DE 3/4X4X8"	M3		0.0120	8.47	0.10
						15.93
Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	7.840	0.24
49 07320	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	HM	1	0.0800	15.250	1.22
						1.46
Costo unitario por m2:						25.22
Partida:	04.01.01.04.01	ACERO ESTRUCTURAL fy=4200 kg/cm2 GRADO 60			Rendimiento:	250 kg/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.0320	12.68	0.41
47 00008	OFICIAL	HH	1	0.0320	9.98	0.32
						0.73
Materiales						
02 00123	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0750	5.51	0.41
03 06206	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.1000	4.40	4.84
						5.25

	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.73	0.02	
48 01579	CIZALLA P/CORTE DE FIERRO	HM	1	0.0320	5.00	0.16	0.18
							Costo unitario por kg: 6.16
Partida:	04.01.01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MUROS DE CONTENCIÓN			Rendimiento:	16 m2/día	
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.5000	12.68	6.34	
47 00008	OFICIAL	HH	1	0.5000	9.98	4.99	
47 00009	PEÓN	HH	1	0.5000	9.08	4.54	15.87
	Materiales						
02 00117	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.300	5.51	1.65	
02 06203	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.110	5.51	0.61	
43 08179	MADERA TORNILLO INC. CORTE P/ENCOFRADO	p2		4.500	8.89	40.01	42.26
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	15.870	0.48	0.48
							Costo unitario por m2: 58.61
Partida:	04.01.01.04.03	CONCRETO EN MURO DE CONTENCION f'c=210 kg/cm2			Rendimiento:	12 m3/día	
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	2	1.3333	12.68	16.91	
47 00008	OFICIAL	HH	2	1.3333	9.98	13.31	
47 00009	PEÓN	HH	10	6.6667	9.08	60.53	90.75
	Materiales						
05 00029	ARENA GRUESA	M3		0.5200	80.51	41.87	
05 08915	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"	m3		0.5300	80.51	42.67	
21 06201	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" m3 0.5300 80.51 42.67	bis		9.7300	26.27	255.61	
39 00040	AGUA	M3		0.1850	8.47	1.57	341.71
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	90.750	2.72	
49 07320	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1	0.6667	15.250	10.17	
49 00122	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1	0.6667	12.710	8.47	21.36
							Costo unitario por m3: 453.82
Partida:	04.01.01.05.01	JUNTAS ASFALTICA DE DILATACION E = 1"			Rendimiento:	100 m/día	
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
47 00008	OFICIAL	HH	1	0.0800	9.98	0.798	
47 00009	PEON	HH	2	0.1600	9.08	1.453	2.251
	Materiales						
04 00033	ARENA FINA	M3		0.01	84.74	0.85	
13 07348	ASFALTO RC-250	gal		0.10	16.95	1.70	
30 08102	TECNOPOR DE 1"	pln		0.12	12.71	1.53	
43 07640	LEÑA (tercio)	Und		0.20	5.00	1.00	5.07
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.251	0.07	0.07
							Costo unitario por m2: 7.39
Partida:	04.01.01.06.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO			Rendimiento:	300 m2/día	
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
47 00009	PEON	HH	1	0.0267	9.08	0.24	0.24
	Materiales						
30 08944	CURADOR DE CONCRETO	gal		0.0500	37.20	1.86	1.86
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.24	0.01	
49 07350	EQUIPO PULVERIZADOR	HM	1	0.0267	3.00	0.08	

						Costo unitario por m2:	0.09
						Costo unitario por m2:	2.19
Partida:	04.01.01.06.02	TUBERÍA PVC - SAL Ø2" - PARA DRENAJE			Rendimiento:	60 m/día	
Código	Descripción insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra							
47 00007	OPERARIO		HH	1	0.1333	12.68	1.69
							1.69
Materiales							
72 08967	ARENA FINA		m		1.10	4.33	4.76
							4.76
Equipos							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.69	0.05
							0.05
						Costo unitario por m:	6.50
Partida:	04.01.01.06.03	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE			Rendimiento:	16 m/día	
Código	Descripción insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra							
47 00007	OPERARIO		HH	1	0.5000	12.68	6.34
47 00009	PEON		HH	0.5	0.2500	9.08	2.27
							8.61
Materiales							
65 08968	TUBERIA HDPE 4"		m		1.0500	24.00	25.20
							25.20
Equipos							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	8.610	0.26
							0.26
						Costo unitario por m:	34.07
Partida:	04.01.01.06.04	GEOTEXTIL MT 270 NO TEJIDO			Rendimiento:	30 m2/día	
Código	Descripción insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra							
47 00007	OPERARIO		HH	2	0.5333	12.68	6.76
47 00008	OFICIAL		HH	1	0.2667	9.98	2.66
47 00009	PEON		HH	2	0.5333	9.08	4.84
							14.27
Materiales							
04 03791	ARCILLA IMPERMEABILIZANTE		M3		0.25	60.00	15.00
30 08952	GEOTEXTIL NO TEJIDO GT 270		m2		1.05	8.75	9.19
							24.19
Equipos							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	14.267	0.43
							0.43
						Costo unitario por m2:	38.88

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Proyecto Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas

Res Presupuesto **01 - Muro - Ingenio**

Cliente UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

Ubicación LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA **Costo a :** **Mar-25**

Item	Descripción	Und	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
04	<u>OBRAS COMPLEMENTARIAS</u>				
04.01	MUROS DE CONTENCIÓN				
04.01.01	MUROS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO ARMADO MC-01; H=8.50m				
04.01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	148.80	1.65	245.52
04.01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.01.01.02.01	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	2,003.95	8.41	16,853.22
04.01.01.02.02	EXCAVACIÓN DE TERRENO MANUAL	m3	74.88	18.70	1,400.26
04.01.01.02.03	REFINE Y NIVELACION DE TALUDES Y FONDO DE CIMENTACIÓN	m2	176.00	9.58	1,686.08
04.01.01.02.04	RELLENO CON MATERIAL GRUESO (FILTRO) E=0.30m	m3	53.28	95.16	5,070.12
04.01.01.02.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	m3	2,111.07	99.74	210,558.12
04.01.01.02.06	MATERIAL GRANULAR TIPO OVER EN ZAPATAS E=0.50m	m3	62.40	27.45	1,712.88
04.01.01.02.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA Dprom = 5 Km	m3	2,598.54	11.81	30,688.76
04.01.01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
04.01.01.03.01	SOLADO F'C= 100KG/CM2 (e=10cm)	m2	124.80	25.22	3,147.46
04.01.01.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
04.01.01.04.01	ACERO ESTRUCTURAL fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	11,179.52	6.16	68,865.84
04.01.01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MUROS DE CONTENCIÓN	m2	500.20	58.61	29,316.72
04.01.01.04.03	CONCRETO EN MURO DE CONTENCIÓN f'c=210 kg/cm2	m3	261.60	453.82	118,719.31
04.01.01.05	JUNTAS				
04.01.01.05.01	JUNTAS ASFALTICA DE DILATACIÓN E = 1"	m	42.50	7.39	314.08
04.01.01.06	VARIOS				
04.01.01.06.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	480.00	2.19	1,051.20
04.01.01.06.02	TUBERÍA PVC - SAL Ø2" - PARA DRENAJE	m	30.45	6.50	197.93
04.01.01.06.03	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	68.00	34.07	2,316.76
04.01.01.06.04	GEOTEXTIL MT 270 NO TEJIDO	m2	372.00	38.88	14,463.36
			TOTAL	S/.	506,607.61

MURO SUELO REFORZADO CON INCLINACIÓN (TSR)

RESUMEN DE METRADO

Presupuesto **Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas**

Subpresupuesto **MURO TERRAMESH SYSTEM- INGENIO**
Cliente **UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**
Lugar **INGENIO - CHOTA - CAJAMARCA**

Item	Descripción	Und.	Metrado
04.02	MUROS TERRAMESH SYSTEM		
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	546.00
04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN Y REPLANTEO	m2	546.00
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3	1,481.17
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3	1,983.61
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	1,639.22
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3	180.00
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2	182.88
04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3	104.49
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2	576.00
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2	912.00
04.02.11	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.50M	und	168.00
04.02.12	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und	120.00
04.02.13	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und	48.00
04.02.14	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	24.00
04.02.15	GEODREN PLANAR	m2	1,214.40

HOJA DE SUSTENTACION DE METRADOS

Proyecto: Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas		Revisión:								
		Especialidad:								
		Consultor:								
Descripción del Trabajo:		MUROS TERRAMESH SYSTEM						(1 UND)		
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.12		und	VECES	NIVELES	A	H	AREA	UNIDADES		
	Muro Terramesh 01								120.00	
	Bloques intermedios	und	24.00	5.00		0.50		120.00		
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.13		und	VECES	NIVELES	A	H	AREA	UNIDADES		
	Muro Terramesh 01								48.00	
	Bloques superiores	und	24.00	2.00		0.50		48.00		
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	UND							PARCIAL	TOTAL
04.02.14		m								24.00
	Longitud	=	24.00	m					24.00	
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	GEODREN PLANAR	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.15		m2	VECES	A	H	AREA				
								1,214.40	1,214.40	
			2.00	24.00	25.30	607.20	1,214.40			

0.02. MUROS TERRAMESH SYSTEM

Partida:	04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	Rendimiento:			60 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147010004	PEÓN	HH	1	0.1333	6.75	0.90	
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.900	0.03	
	Costo unitario por m2: 0.93						
Partida:	04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN DE REPLANTEO	Rendimiento:			500 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147000032	OPERARIO	HH	1	0.0160	12.00	0.192	
147010004	PEÓN	HH	2	0.0320	6.75	0.216	
	Materiales						
229030005	YESO BOLSA DE 5 KG.	BOL		0.00	5.93	0.02	
243510013	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'	pza		0.01	1.53	0.02	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.408	0.01	
337020046	MIRA TOPOGRAFICA	HE	1	0.0160	1.270	0.02	
349880004	NIVEL DE TOPOGRAFO	HM	1	0.0160	12.710	0.20	
349880005	ESTACION TOTAL INCL. PRISMAS Y BASTONES	HM	1	0.0160	16.950	0.27	
	Costo unitario por m2: 0.95						
Partida:	04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	Rendimiento:			450 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO	HH	1	0.0178	9.85	0.175	
147010004	PEÓN	HH	1	0.0178	6.75	0.120	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.300	0.01	
349040102	RETROEXCAVADORA DE 1/2 A 1 1/4 Y d3	HM	1	0.0178	228.810	4.07	
	Costo unitario por m2: 4.37						
Partida:	04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	Rendimiento:			444 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147010003	OFICIAL	HH	1	0.0180	8.00	0.14	
147010004	PEÓN	HH	1	0.0180	6.75	0.12	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.266	0.01	
348110008	VOLQUETE DE 15 M3	HM	3	0.0541	144.070	7.79	
349040102	EXCAVADOR S/ORUGAS 115 - 165 HP - 1.4 YD3	HM	1	0.0180	228.810	4.12	
	Costo unitario por m2: 12.18						
Partida:	04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	Rendimiento:			60 m3/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147010004	PEÓN	HH	2	0.2667	6.75	1.80	
147010005	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	HH	1	0.1333	9.85	1.31	
	Materiales						
205010000	AFIRMADO	m3		1.2500	42.370	52.96	
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1200	10.000	1.20	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.11	0.09	
349030048	MINI RODILLO LISO VIBR 2.5TN	HM	1	0.1333	84.75	11.30	
349040099	RETROEXCAVADOR S/LL 95 HP - 1.25 YD3	HM	0.5	0.0667	101.69	6.78	
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	0.5	0.0667	8.47	0.56	
	Costo unitario por m2: 76.01						
Partida:	04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILRANTE e=0.30m	Rendimiento:			25 m3/día	
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	

47 00007	Mano de obra OPERARIO	HH	1	0.3200	12.68	4.06
47 00009	PEÓN	HH	4	1.2800	9.08	11.62
						15.68
	Materiales					
05 08965	PIEDRA MEDIANA DE 2" - 3"	m3		1.1500	63.560	73.09
						73.09
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	15.68	0.47
49 00113	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	HM	1	0.3200	18.50	5.92
						6.39
						Costo unitario por m3: 95.16
Partida:	04.02.07 PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION			Rendimiento:	100 kg/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.0800	9.85	0.79
147010004	PEÓN	HH	1	0.0800	6.75	0.54
						1.33
	Materiales					
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0500	10.000	0.50
						0.50
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.33	0.04
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	1	0.0800	8.47	0.68
						0.72
						Costo unitario por m2: 2.55
Partida:	04.02.08 CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m			Rendimiento:	45 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010004	PEÓN	HH	2	0.3556	6.75	2.40
147010005	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	HH	1	0.1778	9.85	1.75
						4.15
	Materiales					
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1200	10.000	1.20
						1.20
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.15	0.12
349030048	MINI RODILLO LISO VIBR 2.5TN	HM	0.7500	0.1333	84.75	11.30
349040099	RETROEXCAVADOR S/LL 95 HP - 1.25 YD3	HM	0.5000	0.0889	101.69	9.04
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	0.5000	0.0889	8.47	0.75
						21.22
						Costo unitario por m2: 26.57
Partida:	04.02.09 GEOTEXTIL MACTEX H40.2			Rendimiento:	70 kg/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.1143	9.85	1.13
147010004	PEÓN	HH	1	0.1143	6.75	0.77
						1.90
	Materiales					
272010044	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2		1.1000	3.29	3.62
						3.62
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.90	0.06
						0.06
						Costo unitario por m2: 5.57
Partida:	04.02.10 GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120			Rendimiento:	150 kg/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.0533	9.85	0.53
147010004	PEÓN	HH	2	0.1067	6.75	0.72
						1.25
	Materiales					
272010045	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2		1.10	6.880	7.57
						7.57
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.25	0.04
						0.04
						Costo unitario por m2: 8.85
Partida:	04.02.11 TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.50M			Rendimiento:	15 kg/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	2	1.0667	9.85	10.51

147010003	OFICIAL	HH	1	0.5333	8.00	4.27
147010004	PEÓN	HH	6	3.2000	6.75	21.60
						36.37
	Materiales					
205000050	PIEDRA MEDIANA DE 6"-8" PARA TERRAMESH	m3		1.30	42.370	55.08
246000049	CAJA TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.50M	und		1	227.94	227.94
						283.02
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.37	1.09
						1.09
						Costo unitario por und: 320.49
Partida:	04.02.12	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M			Rendimiento:	15 kg/día
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	2	1.0667	9.85	10.51
147010003	OFICIAL	HH	1	0.5333	8.00	4.27
147010004	PEÓN	HH	6	3.2000	6.75	21.60
						36.37
	Materiales					
205000050	PIEDRA MEDIANA DE 6"-8" PARA TERRAMESH	m3		1.30	42.37	55.08
246000050	CAJA TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und		1	262.50	262.50
						317.58
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.37	1.09
						1.09
						Costo unitario por und: 355.05
Partida:	04.02.13	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M			Rendimiento:	15 kg/día
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	2	1.0667	9.85	10.51
147010003	OFICIAL	HH	1	0.5333	8.00	4.27
147010004	PEÓN	HH	6	3.2000	6.75	21.60
						36.37
	Materiales					
205000050	PIEDRA MEDIANA DE 6"-8" PARA TERRAMESH	m3		1.30	42.37	55.08
246000051	CAJA TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und		1	262.50	262.50
						317.58
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.37	1.09
						1.09
						Costo unitario por und: 355.05
Partida:	04.02.14	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE			Rendimiento:	16 m/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.5000	12.68	6.34
47 00009	PEON	HH	0.5	0.2500	9.08	2.27
						8.61
	Materiales					
65 08968	TUBERIA HDPE 4"	m		1.0500	24.00	25.20
						25.20
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	8.610	0.26
						0.26
						Costo unitario por m: 34.07
Partida:	04.02.15	GEODREN PLANAR			Rendimiento:	70 kg/día
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.1143	9.85	1.13
147010004	PEÓN	HH	1	0.1143	6.75	0.77
						1.90
	Materiales					
272010044	GEODREN PLANAR	m2		1.1000	3.29	3.62
						3.62
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.90	0.06
						0.06
						Costo unitario por m2: 5.57

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Presupuesto **Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas**

Res presupuesto **MURO TERRAMESH SYSTEM- INGENIO**
Cliente **UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**
Lugar **INGENIO - CHOTA - CAJAMARCA**

Item	Descripción	Und.	Cantidad	Precio S/.	ParcialA/.
04.02	MUROS TERRAMESH SYSTEM				
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	546.00	0.93	507.78
04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN Y REPLANTEO	m2	546.00	0.95	518.7
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3	1,481.17	4.37	6472.7129
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3	1,983.61	12.18	24160.3698
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	1,639.22	76.01	124597.1122
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3	180.00	95.16	17128.8
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2	182.88	2.55	466.344
04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3	104.49	26.57	2776.2993
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2	576.00	5.57	3208.32
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2	912.00	8.85	8071.2
04.02.11	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.50M	und	168.00	320.49	53842.32
04.02.12	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und	120.00	355.05	42606
04.02.13	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und	48.00	355.05	17042.4
04.02.14	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	24.00	34.07	817.68
04.02.15	GEODREN PLANAR	m2	1,214.40	5.57	6764.208

TOTAL S/ 308,980.25

MURO SUELO REFORZADO SIN INCLINACIÓN (MSR)

RESUMEN DE METRADO

Presupuesto **Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas**

Subpresupuesto **MURO DE SUELO ESTRUCTURA- INGENIO**
Cliente **UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**
Lugar **LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA**

Item	Descripción	Und.	Metrado
04.02	MUROS TERRAMESH SYSTEM		
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	542.64
04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN Y REPLANTEO	m2	542.64
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3	1,334.87
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3	1,757.01
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	1,415.20
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3	180.00
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2	181.68
04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3	115.68
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2	576.00
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2	3,060.00
04.02.11	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	24.00
04.02.12	GEODREN PLANAR	m2	1,214.40

HOJA DE SUSTENTACION DE METRADOS		Código del Proyecto:
		Revisión:
		Especialidad:
Proyecto:	Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas	Consultor:
Descripción del Trabajo:	MUROS DE SUELO REFORZADO -INGENIO	Elaboración:
		(1 UND)

04.02 MUROS DE SUELO REFORZADO										
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	VECES	L	A	H	AREA	LONGITUD		
	Muro de Suelo Reforzado 01	m2	1.00	24.00	22.61		542.64		542.64	
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2	VECES	L	A	H	AREA	LONGITUD		
	Muro de Suelo Reforzado 01	m2	1.00	24.00	22.61		542.64		542.64	
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND			AREA DE CORTE				PARCIAL	TOTAL
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3	Long.		INICIO	FIN	PROM.	VOLUMEN		
	Muro de Suelo Reforzado 01	m3	TRAMO						1,334.87	
			INICIO	FIN						
			0+000	0+006	6.00	80.24	63.06	71.65	429.89	
			0+006	0+012	6.00	63.06	46.70	54.88	329.27	
			0+012	0+018	6.00	46.70	47.61	47.16	282.93	
			0+018	0+024	6.00	47.61	49.98	48.80	292.78	
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3	VECES	ESPONJ.	CONTRAC.	A	H	VOLUMEN		
		m3	1.00	1.20	0.84			1,464.17	1,757.01	
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND			AREA DE CORTE				PARCIAL	TOTAL
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL PRESTAMO	m3	Long.		INICIO	FIN	PROM.	VOLUMEN		
	Muro de Suelo Reforzado 01	m3	TRAMO						1,415.20	
			INICIO	FIN						
			0+000	0+006	6.00	79.66	71.29	75.48	452.86	
			0+006	0+012	6.00	71.29	50.88	61.09	366.51	
			0+012	0+018	6.00	50.88	48.54	49.71	298.25	
			0+018	0+024	6.00	48.54	50.65	49.60	297.57	
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3	VECES	L	A	H	AREA	VOLUMEN		
	Muro de Suelo Reforzado 01	m3	1.00	24.00	25.00	0.30	600.00	180.00	180.00	
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2	VECES	L	A	H	AREA	LONGITUD		
	Muro de Suelo Reforzado 01	m2	1.00	24.00	7.57		181.68		181.68	
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.08	CONFORMACION DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3	VECES	L	A	H	AREA	VOLUMEN		
	Muro de Suelo Reforzado 01	m3	1.00	24.00			Area CAD= 4.82	115.65	115.65	
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2	VECES	L	A	H	AREA	PESO KG		
	Muro de Suelo Reforzado 01	m2							576.00	
	Bloques inferiores	m2	12.00	24.00	1.50		432.00			
	Bloques inferiores	m2	2.00	24.00	3.00		144.00			
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2	VECES	L	A	H	AREA	PESO KG		
	Muro de Suelo Reforzado 01	m2							3,060.00	
	Inferiores	m2	1.00	24.00	6.30		151.20			
	Intermedios	m2	4.00	24.00	7.80		748.80			
	Intermedios	m2	6.00	24.00	8.80		1,267.20			
	Superiores	m2	4.00	24.00	9.30		892.80			
ESPECIFICACIONES										
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND							PARCIAL	TOTAL
04.02.11	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	Longitud						24.00	
		=	24.00 m						24.00	

HOJA DE SUSTENTACION DE METRADOS

		Revisión:						
		Especialidad:						
Proyecto:	Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas	Consultor:						
Descripción del Trabajo:	MUROS DE SUELO REFORZADO -INGENIO	Elaboración:						
		(1 UND)						
ESPECIFICACIONES								
PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N°	DIMENSIONES			PARCIAL	TOTAL
04.02.12	GEODREN PLANAR	m2	VECES	A	H	AREA		
							1,214.40	1,214.40
			2.00	24.00	25.30	607.20	1,214.40	

0.02. MUROS TERRAMESH SYSTEM

Partida:	04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	Rendimiento:			60 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010004	PEÓN		HH	1	0.1333	6.75	0.90
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.900	0.03
	Costo unitario por m2: 0.93						
Partida:	04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN DE REPLANTEO	Rendimiento:			500 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147000032	OPERARIO		HH	1	0.0160	12.00	0.192
147010004	PEÓN		HH	2	0.0320	6.75	0.216
	Materiales						
229030005	YESO BOLSA DE 5 KG.		BOL		0.00	5.93	0.02
243510013	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'		pza		0.01	1.53	0.02
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.408	0.01
337020046	MIRA TOPOGRAFICA		HE	1	0.0160	1.270	0.02
349880004	NIVEL DE TOPOGRAFO		HM	1	0.0160	12.710	0.20
349880005	ESTACION TOTAL INCL. PRISMAS Y BASTONES		HM	1	0.0160	16.950	0.27
	Costo unitario por m2: 0.95						
Partida:	04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	Rendimiento:			450 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO		HH	1	0.0178	9.85	0.175
147010004	PEÓN		HH	1	0.0178	6.75	0.120
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.300	0.01
349040102	RETROEXCAVADORA DE 1/2 A 1 1/4 Y d3		HM	1	0.0178	228.810	4.07
	Costo unitario por m2: 4.37						
Partida:	04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	Rendimiento:			444 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010003	OFICIAL		HH	1	0.0180	8.00	0.14
147010004	PEÓN		HH	1	0.0180	6.75	0.12
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.266	0.01
348110008	VOLQUETE DE 15 M3		HM	3	0.0541	144.070	7.79
349040102	EXCAVADOR S/ORUGAS 115 - 165 HP - 1.4 YD3		HM	1	0.0180	228.810	4.12
	Costo unitario por m2: 12.18						
Partida:	04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	Rendimiento:			60 m3/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010004	PEÓN		HH	2	0.2667	6.75	1.80
147010005	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO		HH	1	0.1333	9.85	1.31
	Materiales						
205010000	AFIRMADO		m3		1.2500	42.370	52.96
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1200	10.000	1.20
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	3.11	0.09
349030048	MINI RODILLO LISO VIBR 2.5TN		HM	1	0.1333	84.75	11.30
349040099	RETROEXCAVADOR S/LL 95 HP - 1.25 YD3		HM	0.5	0.0667	101.69	6.78
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP		HM	0.5	0.0667	8.47	0.56
	Costo unitario por m2: 76.01						

Partida:	04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILRANTE e=0.30m			Rendimiento:	25 m3/día	
Código	Descripción insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
47 00007	OPERARIO		HH	1	0.3200	12.68	4.06
47 00009	PEÓN		HH	4	1.2800	9.08	11.62
							15.68
	Materiales						
05 08965	PIEDRA MEDIANA DE 2" - 3"		m3		1.1500	63.560	73.09
							73.09
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	15.68	0.47
49 00113	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP		HM	1	0.3200	18.50	5.92
							6.39
							Costo unitario por m3: 95.16
Partida:	04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION			Rendimiento:	100 kg/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO		HH	1	0.0800	9.85	0.79
147010004	PEÓN		HH	1	0.0800	6.75	0.54
							1.33
	Materiales						
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0500	10.000	0.50
							0.50
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.33	0.04
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP		HM	1	0.0800	8.47	0.68
							0.72
							Costo unitario por m2: 2.55
Partida:	04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m			Rendimiento:	45 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010004	PEÓN		HH	2	0.3556	6.75	2.40
147010005	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO		HH	1	0.1778	9.85	1.75
							4.15
	Materiales						
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1200	10.000	1.20
							1.20
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	4.15	0.12
349030048	MINI RODILLO LISO VIBR 2.5TN		HM	0.7500	0.1333	84.75	11.30
349040099	RETROEXCAVADOR S/LL 95 HP - 1.25 YD3		HM	0.5000	0.0889	101.69	9.04
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP		HM	0.5000	0.0889	8.47	0.75
							21.22
							Costo unitario por m2: 26.57
Partida:	04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2			Rendimiento:	70 kg/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO		HH	1	0.1143	9.85	1.13
147010004	PEÓN		HH	1	0.1143	6.75	0.77
							1.90
	Materiales						
272010044	GEOTEXTIL MACTEX H40.2		m2		1.1000	3.29	3.62
							3.62
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.90	0.06
							0.06
							Costo unitario por m2: 5.57
Partida:	04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120			Rendimiento:	150 kg/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO		HH	1	0.0533	9.85	0.53
147010004	PEÓN		HH	2	0.1067	6.75	0.72
							1.25
	Materiales						
272010045	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120		m2		1.10	6.880	7.57
							7.57
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.25	0.04
							0.04
							Costo unitario por m2: 8.85
Partida:	04.02.11	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE			Rendimiento:	16 m/día	

Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.5000	12.68	6.34
47 00009	PEON	HH	0.5	0.2500	9.08	2.27
						8.61
	Materiales					
65 08968	TUBERIA HDPE 4"	m		1.0500	24.00	25.20
						25.20
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	8.610	0.26
						0.26
					Costo unitario por m:	34.07
Partida:	04.02.12 GEODREN PLANAR			Rendimiento:		70 kg/día
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.1143	9.85	1.13
147010004	PEÓN	HH	1	0.1143	6.75	0.77
						1.90
	Materiales					
272010044	GEODREN PLANAR	m2		1.1000	3.29	3.62
						3.62
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.90	0.06
						0.06
					Costo unitario por m2:	5.57

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Presupuesto **Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas**

Subpresupuesto **MURO DE SUELO ESTRUCTURA- INGENIO**
 Cliente **UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**
 Lugar **LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA**

Item	Descripción	Und.	Cantidad	Precio S/.	ParcialA/.
04.02	MUROS TERRAMESH SYSTEM				
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	542.64	0.93	504.6552
04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN Y REPLANTEO	m2	542.64	0.95	515.508
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3	1,334.87	4.37	5833.3819
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3	1,757.01	12.18	21400.3818
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	1,415.20	76.01	107569.352
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3	180.00	95.16	17128.8
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2	181.68	2.55	463.284
04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3	115.68	26.57	3073.6176
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2	576.00	5.57	3208.32
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2	3,060.00	8.85	27081
04.02.11	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	24.00	34.07	817.68
04.02.12	GEODREN PLANAR	m2	1,214.40	5.57	6764.208

TOTAL S/ 194,360.19

METRADOS Y COSTOS TAYAL

MURO DE CONCRETO EN VOLADIZO

RESUMEN DE METRADOS

Proyecto Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas

Sub Presupuesto **01 - Muro - Tayal**

Cliente UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

Ubicación LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA **Costo a : Mar-25**

Item	Descripción	Unidad	Metrado
04	<u>OBRAS COMPLEMENTARIAS</u>		
04.01	MUROS DE CONTENCIÓN		
04.01.01	MUROS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO ARMADO MC-01; H=8.50m		
04.01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES		
04.01.01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	245.00
04.01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
04.01.01.02.01	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	1,299.70
04.01.01.02.02	EXCAVACIÓN DE TERRENO MANUAL	m3	110.00
04.01.01.02.03	REFINE Y NIVELACION DE TALUDES Y FONDO DE CIMENTACIÓN	m2	297.00
04.01.01.02.04	RELLENO CON MATERIAL GRUESO (FILTRO) E=0.30m	m3	84.00
04.01.01.02.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	m3	1,324.00
04.01.01.02.06	MATERIAL GRANULAR TIPO OVER EN ZAPATAS E=0.50m	m3	110.00
04.01.01.02.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA Dprom = 5 Km	m3	1,762.13
04.01.01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE		
04.01.01.03.01	SOLADO F'C= 100KG/CM2 (e=10cm)	m2	195.00
04.01.01.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO		
04.01.01.04.01	ACERO ESTRUCTURAL fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	13,802.78
04.01.01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MUROS DE CONTENCIÓN	m2	825.20
04.01.01.04.03	CONCRETO EN MURO DE CONTENCIÓN f'c=210 kg/cm2	m3	322.50
04.01.01.05	JUNTAS		
04.01.01.05.01	JUNTAS ASFALTICA DE DILATACIÓN E = 1"	m	65.00
04.01.01.06	VARIOS		
04.01.01.06.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	755.00
04.01.01.06.02	TUBERÍA PVC - SAL Ø3" - PARA DRENAJE	m	23.04
04.01.01.06.03	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	90.00
04.01.01.06.04	GEOTEXTIL MT 270 NO TEJIDO	m2	595.00

HOJA DE SUSTENTACION DE METRADOS

Código del Proyecto:
Revisión:
Especialidad:
Consultor:
Elaboración:

Proyecto:	Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas
------------------	---

Descripción del Trabajo:	MUROS DE CONTENCIÓN-TAYAL				(1 UND)
---------------------------------	----------------------------------	--	--	--	------------------

4.00	OBRAS COMPLEMENTARIAS
-------------	------------------------------

04.01	MUROS DE CONTENCIÓN
--------------	----------------------------

04.01.01	MUROS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO ARMADO MC-01; H=6.50 MTS
-----------------	---

04.01.01.01	OBRAS PRELIMINARES
--------------------	---------------------------

04.01.01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	Metrado: 245.00	Und : m2
-----------------------	--------------------------	------------------------	-----------------

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO (m)	LARGO (m)	AREA TOTAL
MC-6.50	2	4.9	5	49.00
MC-6.50	2	4.9	5	49.00
MC-6.50	2	4.9	5	49.00
MC-6.50	2	4.9	5	49.00
MC-6.50	2	4.9	5	49.00
TOTAL =				245.00 m2

04.01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS
--------------------	------------------------------

04.01.01.02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	Metrado: 1299.70	Und : m3
-----------------------	---	-------------------------	-----------------

TRAMO		LONGITUD (m)	AREA DE CORTE			VOLUMEN (m3)
INICIO	FIN		INICIO	FIN	PROMEDIO	
0+010	0+020	10.00	28.35	32.82	30.59	305.86
0+020	0+030	10.00	32.82	31.22	32.02	320.19
0+030	0+040	10.00	31.22	35.50	33.36	333.61
0+040	0+050	10.00	35.50	32.51	34.01	340.06
0+050	0+060	10.00	32.51	39.22	35.86	358.65
TOTAL EXCAVACION =						1299.70 m3

04.01.01.02.02	EXCAVACION DE TERRENO MANUAL	Metrado: 110.00	Und : m3
-----------------------	-------------------------------------	------------------------	-----------------

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO (m)	ALTO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN
MC-6.50	10	4.40	0.50	5.00	110.00
TOTAL EXCAVACION DE ZANJA =					110.00

04.01.01.02.03	REFINE Y NIVELACION DE TALUDES Y FONDO DE ZANJA	Metrado: 297.00	Und : m2
-----------------------	--	------------------------	-----------------

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO	ALTO	PERIMETRO	LARGO	AREA
MC-6.50	10	4.40	0.50	5.40	5.50	297.00
TOTAL =						297.00

04.01.01.02.04 RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m Metrado: 84.00 Und : m3

MURO	N° ELEMENTOS	ALTO	LARGO	AREA	VOLUMEN TOTAL
MC-6.50	10	5.60	5.00	1.50	84.00
TOTAL=					84.00

04.01.01.02.05 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO Metrado: 1324.00 Und : m3

TRAMO		LONGITUD (m)	AREA DE RELLENO			VOLUMEN (m3)
INICIO	FIN		INICIO	FIN	PROMEDIO	
0+010	0+020	10.00	34.20	34.24	34.22	342.22
0+020	0+030	10.00	34.24	31.38	32.81	328.12
0+030	0+040	10.00	31.38	33.32	32.35	323.50
0+040	0+050	10.00	33.32	32.72	33.02	330.17
0+050	0+060	10.00	32.72	40.39	36.55	365.53
TOTAL =						1324.00 m3

04.01.01.02.06 MATERIAL GRANULAR TIPO OVER EN ZAPATAS e= 0.50 m Metrado: 110.00 Und : m3

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO	ALTURA (m)	LARGO (m)	VOLUMEN TOTAL
MC-6.50	10	4.40	0.50	5.00	110.00
TOTAL =					110.00 m3

04.01.01.02.07 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CARGA MANUAL VOLQUETE 6 M3 D=5.0 M Metrado: 1762.13 Und : m3

VOLUMEN DE EXCAVACION = 1409.700
 FACTOR DE ESPONJAMIENTO = 1.25
 VOLUMEN EXCEDENTE = 1762.13 m3

04.01.01.03 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE

04.01.01.03.01 SOLADO EN ZAPATAS f'c = 100 KG/CM2 e = 10 cm Metrado: 195.00 Und : m2

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO (m)	LARGO (m)	AREA TOTAL
MC-6.50	10	3.90	5.00	195.00
TOTAL =				195.00 m2

04.01.01.04

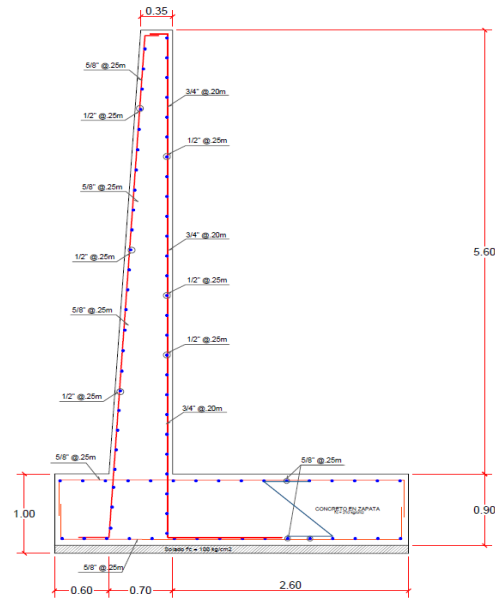
OBRAS DE CONCRETO ARMADO

04.01.01.04.01

ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$


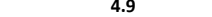

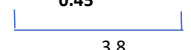


Metrado: 13802.78

Und : Kg



SECCION A-BECC 02 - H=5.60 mts.
DETALLE DE ACERO
1:0.175

MURO	N° ELEMENTOS	DESCRIPCION	LONGITUD DESARROLLO	Φ	KG/ML	N° VECES	PESO (kg)
MC - 6.50	10	A° VERTICAL INTERIOR S= 0.20 m	6.9	3/4	2.237	26	3999.41
	1.1						
MC - 6.50	10	A° VERTICAL EXTERIOR S= 0.25 m	6.1	5/8	1.554	21	1992.01
	0.175						
	5.6						
	0.33						

MC - 6.50	10	A° TRANSVERSAL EXTERIOR PANTALLA	4.9	1/2	0.994	26	1266.88
							
MC - 6.50	10	A° TRANSVERSAL INTERIOR PANTALLA	4.9	1/2	0.994	25	1218.16
							
MC - 6.50	10	A° LONG. SUPERIOR ZAPATA	4.7	5/8	1.554	20	1445.01
							
		S= 0.25 m					
MC - 6.50	10	A° LONG. INFERIOR ZAPATA	4.7	5/8	1.554	20	1445.01
							
		S= 0.25 m					
MC - 6.50	10	A° TRANSVERSAL INFERIOR ZAPATA	4.9	5/8	1.554	16	1218.16
							
MC - 6.50	10	A° TRANSVERSAL SUPERIOR ZAPATA	4.9	5/8	1.554	16	1218.16
							

TOTAL = 13802.78 Kg

04.01.01.04.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN NORMAL

Metrado: 825.20

Und : m2

MURO	N° ELEMENTOS	ALTURA DE PANTALLA (m)	LARGO (m)	N° VECES	AREA DE TAPAS	LARGO	ANCHO	PERALTE	AREA TOTAL
MC-6.50	10	5.60	5.00	2	5.25 m2	5.00	3.90	0.90	825.20
TOTAL =									825.20 m2

04.01.01.04.03 CONCRETO F'C= 210 KG/CM2

Metrado: 322.50

Und : m3

MURO	N° ELEMENTOS	LARGO (m)	PANTALLA			ZAPATA		AREA SECCION MURO	VOLUMEN TOTAL
			ALTURA	CORONA	FUSTE	ANCHO	PERALTE		
MC-6.50	10	5.00	5.60	0.35	0.70	3.90	0.90	6.45	322.50
TOTAL =									322.50

04.01.01.05	JUNTAS						
04.01.01.05.01	JUNTAS ASFÁLTICA E=1"				Metrado:	65.00	Und : m

Longitud de Muro = 50.00 m
 Espaciamiento entre juntas = 5.00 m
 N° de juntas = 10 und
 Longitud prom. por junta = 6.5 m
 Total = 65 m

04.01.01.06	VARIOS						
04.01.01.06.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO				Metrado:	755.00	Und : m2

MURO	N° ELEMENTOS	ALTURA DE PANTALLA (m)	LARGO (m)	N° VECES	LARGO	ANCHO	AREA TOTAL
MC-8.50	10	5.60	5.00	2	5.00	3.90	755.00
TOTAL =							755.00 m2

04.01.01.06.02	TUBERIA PVC SAP 3" PARA DRENAJE				Metrado:	23.04	Und : m
----------------	---------------------------------	--	--	--	----------	--------------	----------------

MURO	N° ELEMENTOS	FILA SUPERIOR	FILA INTERMEDIA	FILA INFERIOR	ELEM. X FILA	LONG TOTAL
MC-8.50	4	0.38	0.45	0.61	4	23.04
TOTAL =						23.04 m

04.01.01.06.03	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE				Metrado:	90.00	Und : m
----------------	--	--	--	--	----------	--------------	----------------

Longitud de Muro = 50.00 m
 Longitud de Muro = 40.00 m

04.01.01.06.04	GEOTEXTIL MT 270 NO TEJIDO				Metrado:	595.00	Und : m2
----------------	----------------------------	--	--	--	----------	---------------	-----------------

MURO	N° ELEMENTOS	ANCHO (m)	ALTO (m)	LONGITUD (m)	AREA TOTAL
MC-8.50	10	0.35	5.60	5.00	595.00
TOTAL =					595.00 m2

4.01 MUROS DE CONTENCIÓN

Partida:	04.01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR			Rendimiento:	500 m2/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.0160	12.68	0.20
47 00009	PEÓN	HH	3	0.0480	9.08	0.44
						0.44
	Materiales					
03 08949	ESTACAS DE ACERO CORRUGADO Ø1/2"	Und		0.0223	2.80	0.06
30 08942	YESO EN BOLSAS DE 18 KG.	BOL		0.0500	15.50	0.78
39 00266	CORDEL	M		0.1900	0.12	0.02
						0.86
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.44	0.01
48 08943	ESTACIÓN TOTAL	HM	1	0.0160	12.710	0.20
48 08950	NIVEL TOPOGRÁFICO	HM	1	0.0160	8.47	0.14
						0.35
						1.65
					Costo unitario por m2:	1.65
Partida:	04.01.01.02.01	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA			Rendimiento:	300 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.0267	12.68	0.34
47 00009	PEÓN	HH	2	0.0533	9.08	0.48
						0.48
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.484	0.01
48 08172	RETROEXCAVADORA DE 1/2 A 1 1/4 Y d3	HM	1	0.0267	296.610	7.91
						7.92
						8.41
					Costo unitario por m3:	8.41
Partida:	04.01.01.02.02	EXCAVACIÓN DE TERRENO MANUAL			Rendimiento:	4 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00009	PEÓN	HH	1	2.0000	9.08	18.16
						18.16
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	18.160	0.54
						0.54
						18.70
					Costo unitario por m3:	18.70
Partida:	04.01.01.02.03	REFINE Y NIVELACION DE TALUDES Y FONDO DE CIMENTACIÓ			Rendimiento:	100 m2/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	2	0.1600	12.68	2.03
47 00009	PEON	HH	1	0.0800	9.08	0.73
						2.76
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.76	0.08
49 08964	RODILLO LISO VIBRATORIO MANUAL 10.8HP 0.8-1.1 ton	HM	1	0.0800	84.25	6.74
						6.82
						9.58
					Costo unitario por m2:	9.58
Partida:	04.01.01.02.04	RELLENO CON MATERIAL GRUESO (FILTRO) E=0.30m			Rendimiento:	25 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.3200	12.68	4.06
47 00009	PEÓN	HH	4	1.2800	9.08	11.62
						15.68
	Materiales					
05 08965	PIEDRA MEDIANA DE 2" - 3"	m3		1.1500	63.560	73.09
						73.09
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	15.68	0.47
49 00113	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	HM	1	0.3200	18.50	5.92
						6.39
						95.16
					Costo unitario por m3:	95.16

Partida:	04.01.01.02.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO			Rendimiento:	20 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.4000	12.68	5.07
47 00009	PEÓN	HH	4	1.6000	9.08	14.53
						19.60
Materiales						
37 00004	AFIRMADO	M3		1.2500	57.63	72.04
39 00040	AGUA	M3		0.0140	8.47	0.12
						72.16
Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	19.60	0.59
49 00113	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	HM	1	0.4000	18.50	7.40
						7.99
Costo unitario por m3:						99.74
Partida:	04.01.01.02.06	MATERIAL GRANULAR TIPO OVER EN ZAPATAS E=0.50m			Rendimiento:	1,500.00 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00008	OFICIAL	HH	1	0.0053	9.98	0.05
47 00009	PEON	HH	4	0.0213	9.08	0.19
						0.25
Materiales						
05 08957	PIEDRA GRANDE Tmáx 8"	m3		0.4200	59.32	24.91
						24.91
Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.25	0.01
49 00351	MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	1	0.0053	271.18	1.45
49 08955	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP	HM	1	0.0053	156.77	0.84
						2.29
Costo unitario por m3:						27.45
Partida:	04.01.01.02.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA D			Rendimiento:	380 m3/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00009	PEÓN	HH	1	0.0211	9.08	0.19
						0.19
Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.19	0.01
48 08925	CAMION VOLQUETE 6x4 330HP 15 m3	HM	2	0.0421	144.07	6.07
49 08926	CARGADOR S/LLANTAS 110-125 HP	HM	1	0.0211	262.71	5.54
						11.61
Costo unitario por m3:						11.81
Partida:	04.01.01.03.01	SOLADO FC= 100KG/CM2 (e=10cm)			Rendimiento:	100 m2/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	2	0.1600	12.68	2.03
47 00009	PEÓN	HH	8	0.6400	9.08	5.81
						7.84
Materiales						
21 06201	ARENA GRUESA	bls		0.3000	26.27	7.88
38 00005	ASFALTO LÍQUIDO RC-250	M3		0.1250	63.56	7.95
39 00040	TECNOPOR DE 3/4X4X8"	M3		0.0120	8.47	0.10
						15.93
Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	7.840	0.24
49 07320	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	HM	1	0.0800	15.250	1.22
						1.46
Costo unitario por m2:						25.22
Partida:	04.01.01.04.01	ACERO ESTRUCTURAL fy=4200 kg/cm2 GRADO 60			Rendimiento:	250 kg/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.0320	12.68	0.41
47 00008	OFICIAL	HH	1	0.0320	9.98	0.32
						0.73
Materiales						
02 00123	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0750	5.51	0.41
03 06206	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.1000	4.40	4.84
						5.25

	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.73	0.02	
48 01579	CIZALLA P/CORTE DE FIERRO	HM	1	0.0320	5.00	0.16	0.18
							Costo unitario por kg: 6.16
Partida:	04.01.01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MUROS DE CONTENCIÓN		Rendimiento:	16 m2/día		
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.5000	12.68	6.34	
47 00008	OFICIAL	HH	1	0.5000	9.98	4.99	
47 00009	PEÓN	HH	1	0.5000	9.08	4.54	15.87
	Materiales						
02 00117	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.300	5.51	1.65	
02 06203	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.110	5.51	0.61	
43 08179	MADERA TORNILLO INC. CORTE P/ENCOFRADO	p2		4.500	8.89	40.01	42.26
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	15.870	0.48	0.48
							Costo unitario por m2: 58.61
Partida:	04.01.01.04.03	CONCRETO EN MURO DE CONTENCIÓN f'c=210 kg/cm2		Rendimiento:	12 m3/día		
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
47 00007	OPERARIO	HH	2	1.3333	12.68	16.91	
47 00008	OFICIAL	HH	2	1.3333	9.98	13.31	
47 00009	PEÓN	HH	10	6.6667	9.08	60.53	90.75
	Materiales						
05 00029	ARENA GRUESA	M3		0.5200	80.51	41.87	
05 08915	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"	m3		0.5300	80.51	42.67	
21 06201	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4" m3 0.5300 80.51 42.67	bis		9.7300	26.27	255.61	
39 00040	AGUA	M3		0.1850	8.47	1.57	341.71
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	90.750	2.72	
49 07320	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1	0.6667	15.250	10.17	
49 00122	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1	0.6667	12.710	8.47	21.36
							Costo unitario por m3: 453.82
Partida:	04.01.01.05.01	JUNTAS ASFALTICA DE DILATACIÓN E = 1"		Rendimiento:	100 m/día		
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
47 00008	OFICIAL	HH	1	0.0800	9.98	0.798	
47 00009	PEON	HH	2	0.1600	9.08	1.453	2.251
	Materiales						
04 00033	ARENA FINA	M3		0.01	84.74	0.85	
13 07348	ASFALTO RC-250	gal		0.10	16.95	1.70	
30 08102	TECNOPOR DE 1"	pln		0.12	12.71	1.53	
43 07640	LEÑA (tercio)	Und		0.20	5.00	1.00	5.07
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.251	0.07	0.07
							Costo unitario por m2: 7.39
Partida:	04.01.01.06.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO		Rendimiento:	300 m2/día		
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
47 00009	PEON	HH	1	0.0267	9.08	0.24	0.24
	Materiales						
30 08944	CURADOR DE CONCRETO	gal		0.0500	37.20	1.86	1.86
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.24	0.01	
49 07350	EQUIPO PULVERIZADOR	HM	1	0.0267	3.00	0.08	

						Costo unitario por m2:	0.09
						Costo unitario por m2:	2.19
Partida:	04.01.01.06.02	TUBERÍA PVC - SAL Ø2" - PARA DRENAJE			Rendimiento:	60 m/día	
Código	Descripción insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra							
47 00007	OPERARIO		HH	1	0.1333	12.68	1.69
							1.69
Materiales							
72 08967	ARENA FINA		m		1.10	4.33	4.76
							4.76
Equipos							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.69	0.05
							0.05
						Costo unitario por m:	6.50
Partida:	04.01.01.06.03	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE			Rendimiento:	16 m/día	
Código	Descripción insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra							
47 00007	OPERARIO		HH	1	0.5000	12.68	6.34
47 00009	PEON		HH	0.5	0.2500	9.08	2.27
							8.61
Materiales							
65 08968	TUBERIA HDPE 4"		m		1.0500	24.00	25.20
							25.20
Equipos							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	8.610	0.26
							0.26
						Costo unitario por m:	34.07
Partida:	04.01.01.06.04	GEOTEXTIL MT 270 NO TEJIDO			Rendimiento:	30 m2/día	
Código	Descripción insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra							
47 00007	OPERARIO		HH	2	0.5333	12.68	6.76
47 00008	OFICIAL		HH	1	0.2667	9.98	2.66
47 00009	PEON		HH	2	0.5333	9.08	4.84
							14.27
Materiales							
04 03791	ARCILLA IMPERMEABILIZANTE		M3		0.25	60.00	15.00
30 08952	GEOTEXTIL NO TEJIDO GT 270		m2		1.05	8.75	9.19
							24.19
Equipos							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	14.267	0.43
							0.43
						Costo unitario por m2:	38.88

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Proyecto Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas

Sub Presupuesto 01 - Muro - Tayal

Cliente UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

Ubicación LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA

Costo a : Mar-25

Item	Descripción	Und	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
04	OBRAS COMPLEMENTARIAS				
04.01	MUROS DE CONTENCIÓN				
04.01.01	MUROS DE CONTENCIÓN DE CONCRETO ARMADO MC-01; H=8.50m				
04.01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	245.00	1.65	404.25
04.01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.01.01.02.01	EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	1,299.70	8.41	10,930.48
04.01.01.02.02	EXCAVACIÓN DE TERRENO MANUAL	m3	110.00	18.70	2,057.00
04.01.01.02.03	REFINE Y NIVELACION DE TALUDES Y FONDO DE CIMENTACIÓN	m2	297.00	9.58	2,845.26
04.01.01.02.04	RELLENO CON MATERIAL GRUESO (FILTRO) E=0.30m	m3	84.00	95.16	7,993.44
04.01.01.02.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	m3	1,324.00	99.74	132,055.76
04.01.01.02.06	MATERIAL GRANULAR TIPO OVER EN ZAPATAS E=0.50m	m3	110.00	27.45	3,019.50
04.01.01.02.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA Dprom = 5 Km	m3	1,762.13	11.81	20,810.76
04.01.01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
04.01.01.03.01	SOLADO F'C= 100KG/CM2 (e=10cm)	m2	195.00	25.22	4,917.90
04.01.01.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
04.01.01.04.01	ACERO ESTRUCTURAL fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	13,802.78	6.16	85,025.12
04.01.01.04.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO EN MUROS DE CONTENCIÓN	m2	825.20	58.61	48,364.97
04.01.01.04.03	CONCRETO EN MURO DE CONTENCIÓN f'c=210 kg/cm2	m3	322.50	453.82	146,356.95
04.01.01.05	JUNTAS				
04.01.01.05.01	JUNTAS ASFALTICA DE DILATACIÓN E = 1"	m	65.00	7.39	480.35
04.01.01.06	VARIOS				
04.01.01.06.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	755.00	2.19	1,653.45
04.01.01.06.02	TUBERÍA PVC - SAL Ø2" - PARA DRENAJE	m	23.04	6.50	149.76
04.01.01.06.03	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	90.00	34.07	3,066.30
04.01.01.06.04	GEOTEXTIL MT 270 NO TEJIDO	m2	595.00	38.88	23,133.60
			TOTAL	S/.	493,264.85

MURO SUELO REFORZADO CON INCLINACIÓN (TSR)

RESUMEN DE METRADO

Presupuesto **Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas**

Subpresupuesto **MURO TERRAMESH SYSTEM - TAYAL**
Cliente **UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**
Lugar **LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA**

Item	Descripción	Und.	Metrado
04.02	MUROS TERRAMESH SYSTEM		
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	664.50
04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN Y REPLANTEO	m2	664.50
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3	2,115.51
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3	2,734.42
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	2,074.35
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3	144.90
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2	186.48
04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3	218.34
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2	504.00
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2	1,675.00
04.02.11	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.00M	und	50.00
04.02.12	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.50M	und	300.00
04.02.13	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und	250.00
04.02.14	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	50.00
04.02.15	GEODREN PLANAR	m2	966.00

HOJA DE SUSTENTACION DE METRADOS

Código del Proyecto:

Revisión:

Especialidad:

Consultor:

Elaboración:

Proyecto: Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas

Descripción del Trabajo: **MUROS TERRAMESH SYSTEM- TAYAL**

(1 UND)

04.02 MUROS TERRAMESH SYSTEM

ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	L	A	H	AREA	LONGITUD		
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2								
	Muro Terramesh 01								664.50	
		m2	2.00	5.00	13.29		132.90			
		m2	2.00	5.00	13.29		132.90			
		m2	2.00	5.00	13.29		132.90			
		m1	2.00	5.00	13.29		132.90			
		m2	2.00	5.00	13.29		132.90			
ESPECIFICACIONES		UND <th>N°</th> <th colspan="4">DIMENSIONES</th> <th>PARCIAL</th> <th>TOTAL</th>	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	L	A	H	AREA	LONGITUD		
04.02.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO	m2								
	Muro Terramesh 01								664.50	
		m2	1.00	50.00	13.29			664.50		
ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	L	A	H	AREA	LONGITUD		
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3								
	Muro Terramesh 01								2,115.51	
				Long. m	INICIO	FIN	PROM.	VOLUMEN		
				TRAMO						
				INICIO	FIN					
				0+010	0+020	10.00	35.29	40.74	38.01	380.15
				0+020	0+030	10.00	40.74	39.15	39.95	399.46
				0+030	0+040	10.00	39.15	45.38	42.27	422.66
				0+040	0+050	10.00	45.38	41.89	43.63	436.34
				0+050	0+060	10.00	41.89	53.49	47.69	476.91
ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	ESPONJ.	CONTRAC.	A	H	VOLUMEN		
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3								
			1.00	1.20	0.84			2,278.68	2,734.42	
ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	ESPONJ.	CONTRAC.	A	H	VOLUMEN		
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL PRESTAMO	m3								
	Muro Terramesh 01								2,074.35	
				Long. m	INICIO	FIN	PROM.	VOLUMEN		
				TRAMO						
				INICIO	FIN					
				0+010	0+020	10.00	40.51	38.86	39.69	396.89
				0+020	0+030	10.00	38.86	38.98	38.92	389.20
				0+030	0+040	10.00	38.98	41.94	40.46	404.59
				0+040	0+050	10.00	41.94	41.20	41.57	415.73
				0+050	0+060	10.00	41.20	52.38	46.79	467.94
ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	L	A	H	AREA	VOLUMEN		
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3								
	Muro Terramesh 01								144.90	
		m3	1.00	50.00	9.66	0.30	483.00	144.90		
ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	L	A	H	AREA	LONGITUD		
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2								
	Muro Terramesh 01								186.48	
		m2	1.00	24.00	7.77		186.48			
ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	L	A	H	AREA	VOLUMEN		
04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3								
	Muro Terramesh 01								218.34	
		m3	1.00	50.00			Area CAD= 4.37	218.34		
ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	L	A	H	AREA	PESO KG		
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2								
	Muro Terramesh 01								504.00	
									504.00	
	Bloques inferiores	m2	10.00	24.00	1.50		360.00			
	Bloques inferiores	m2	2.00	24.00	3.00		144.00			
ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL	
PARTIDA			VECES	L	A	H	AREA	PESO KG		
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2								
	Muro Terramesh 01								1,675.00	
									1,675.00	
	Bloques inferiores	m2	1.00	50.00	5.00		250.00			
	Bloques intermedios	m2	3.00	50.00	5.50		825.00			
	Bloques superiores	m2	2.00	50.00	6.00		600.00			

HOJA DE SUSTENTACION DE METRADOS

		Revisión:
		Especialidad:
Proyecto:	Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas	Consultor:
Descripción del Trabajo:	MUROS TERRAMESH SYSTEM- TAYAL	Elaboración:
		(1 UND)

ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL
PARTIDA	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.00M	und	VECES	NIVELES	A	H	AREA	UNIDADES	
	Muro Terramesh 01								50.00
	Bloques inferiores	und	50.00	1.00		0.50		50.00	

ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL
PARTIDA	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.50M	und	VECES	NIVELES	A	H	AREA	UNIDADES	
	Muro Terramesh 01								300.00
	Bloques intermedios	und	50.00	6.00		0.50		300.00	

ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL
PARTIDA	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und	VECES	NIVELES	A	H	AREA	UNIDADES	
	Muro Terramesh 01								250.00
	Bloques superiores	und	50.00	5.00		0.50		250.00	

ESPECIFICACIONES		UND							PARCIAL	TOTAL
PARTIDA	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m								
	Longitud	=	50.00	m					50.00	50.00

ESPECIFICACIONES		UND	N°	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL
PARTIDA	GEODREN PLANAR	m2	VECES	A	H	AREA			
			2.00	50.00	9.66	483.00	966.00	966.00	966.00

0.02. MUROS TERRAMESH SYSTEM

Partida:	04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	Rendimiento:			60 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147010004	PEÓN	HH	1	0.1333	6.75	0.90	
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.900	0.03	
	Costo unitario por m2: 0.93						
Partida:	04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN DE REPLANTEO	Rendimiento:			500 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147000032	OPERARIO	HH	1	0.0160	12.00	0.192	
147010004	PEÓN	HH	2	0.0320	6.75	0.216	
	Materiales						
229030005	YESO BOLSA DE 5 KG.	BOL		0.00	5.93	0.02	
243510013	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'	pza		0.01	1.53	0.02	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.408	0.01	
337020046	MIRA TOPOGRAFICA	HE	1	0.0160	1.270	0.02	
349880004	NIVEL DE TOPOGRAFO	HM	1	0.0160	12.710	0.20	
349880005	ESTACION TOTAL INCL. PRISMAS Y BASTONES	HM	1	0.0160	16.950	0.27	
	Costo unitario por m2: 0.95						
Partida:	04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	Rendimiento:			450 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO	HH	1	0.0178	9.85	0.175	
147010004	PEÓN	HH	1	0.0178	6.75	0.120	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.300	0.01	
349040102	RETROEXCAVADORA DE 1/2 A 1 1/4 Y d3	HM	1	0.0178	228.810	4.07	
	Costo unitario por m2: 4.37						
Partida:	04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	Rendimiento:			444 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147010003	OFICIAL	HH	1	0.0180	8.00	0.14	
147010004	PEÓN	HH	1	0.0180	6.75	0.12	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.266	0.01	
348110008	VOLQUETE DE 15 M3	HM	3	0.0541	144.070	7.79	
349040102	EXCAVADOR S/ORUGAS 115 - 165 HP - 1.4 YD3	HM	1	0.0180	228.810	4.12	
	Costo unitario por m2: 12.18						
Partida:	04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	Rendimiento:			60 m3/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de obra						
147010004	PEÓN	HH	2	0.2667	6.75	1.80	
147010005	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	HH	1	0.1333	9.85	1.31	
	Materiales						
205010000	AFIRMADO	m3		1.2500	42.370	52.96	
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1200	10.000	1.20	
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.11	0.09	
349030048	MINI RODILLO LISO VIBR 2.5TN	HM	1	0.1333	84.75	11.30	
349040099	RETROEXCAVADOR S/LL 95 HP - 1.25 YD3	HM	0.5	0.0667	101.69	6.78	
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	0.5	0.0667	8.47	0.56	
	Costo unitario por m2: 76.01						
Partida:	04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILRANTE e=0.30m	Rendimiento:			25 m3/día	
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	

47 00007	Mano de obra OPERARIO	HH	1	0.3200	12.68	4.06
47 00009	PEÓN	HH	4	1.2800	9.08	11.62
						15.68
	Materiales					
05 08965	PIEDRA MEDIANA DE 2" - 3"	m3		1.1500	63.560	73.09
						73.09
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	15.68	0.47
49 00113	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	HM	1	0.3200	18.50	5.92
						6.39
						Costo unitario por m3: 95.16
Partida:	04.02.07 PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION			Rendimiento:	100 kg/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.0800	9.85	0.79
147010004	PEÓN	HH	1	0.0800	6.75	0.54
						1.33
	Materiales					
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0500	10.000	0.50
						0.50
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.33	0.04
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	1	0.0800	8.47	0.68
						0.72
						Costo unitario por m2: 2.55
Partida:	04.02.08 CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m			Rendimiento:	45 m2/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010004	PEÓN	HH	2	0.3556	6.75	2.40
147010005	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	HH	1	0.1778	9.85	1.75
						4.15
	Materiales					
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1200	10.000	1.20
						1.20
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.15	0.12
349030048	MINI RODILLO LISO VIBR 2.5TN	HM	0.7500	0.1333	84.75	11.30
349040099	RETROEXCAVADOR S/LL 95 HP - 1.25 YD3	HM	0.5000	0.0889	101.69	9.04
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP	HM	0.5000	0.0889	8.47	0.75
						21.22
						Costo unitario por m2: 26.57
Partida:	04.02.09 GEOTEXTIL MACTEX H40.2			Rendimiento:	70 kg/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.1143	9.85	1.13
147010004	PEÓN	HH	1	0.1143	6.75	0.77
						1.90
	Materiales					
272010044	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2		1.1000	3.29	3.62
						3.62
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.90	0.06
						0.06
						Costo unitario por m2: 5.57
Partida:	04.02.10 GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120			Rendimiento:	150 kg/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.0533	9.85	0.53
147010004	PEÓN	HH	2	0.1067	6.75	0.72
						1.25
	Materiales					
272010045	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2		1.10	6.880	7.57
						7.57
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.25	0.04
						0.04
						Costo unitario por m2: 8.85
Partida:	04.02.11 TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.00M			Rendimiento:	15 kg/día	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	2	1.0667	9.85	10.51

147010003	OFICIAL	HH	1	0.5333	8.00	4.27
147010004	PEÓN	HH	6	3.2000	6.75	21.60
						36.37
	Materiales					
205000050	PIEDRA MEDIANA DE 6"-8" PARA TERRAMESH	m3		1.30	42.370	55.08
246000049	CAJA TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.00M	und		1	227.94	227.94
						283.02
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.37	1.09
						1.09
						Costo unitario por und: 320.49
Partida:	04.02.12	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.50M			Rendimiento:	15 kg/día
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	2	1.0667	9.85	10.51
147010003	OFICIAL	HH	1	0.5333	8.00	4.27
147010004	PEÓN	HH	6	3.2000	6.75	21.60
						36.37
	Materiales					
205000050	PIEDRA MEDIANA DE 6"-8" PARA TERRAMESH	m3		1.30	42.37	55.08
246000050	CAJA TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.50M	und		1	227.94	227.94
						283.02
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.37	1.09
						1.09
						Costo unitario por und: 320.49
Partida:	04.02.13	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M			Rendimiento:	15 kg/día
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	2	1.0667	9.85	10.51
147010003	OFICIAL	HH	1	0.5333	8.00	4.27
147010004	PEÓN	HH	6	3.2000	6.75	21.60
						36.37
	Materiales					
205000050	PIEDRA MEDIANA DE 6"-8" PARA TERRAMESH	m3		1.30	42.37	55.08
246000051	CAJA TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und		1	262.50	262.50
						317.58
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	36.37	1.09
						1.09
						Costo unitario por und: 355.05
Partida:	04.02.14	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE			Rendimiento:	16 m/día
Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.5000	12.68	6.34
47 00009	PEON	HH	0.5	0.2500	9.08	2.27
						8.61
	Materiales					
65 08968	TUBERIA HDPE 4"	m		1.0500	24.00	25.20
						25.20
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	8.610	0.26
						0.26
						Costo unitario por m: 34.07
Partida:	04.02.15	GEODREN PLANAR			Rendimiento:	70 kg/día
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.1143	9.85	1.13
147010004	PEÓN	HH	1	0.1143	6.75	0.77
						1.90
	Materiales					
272010044	GEODREN PLANAR	m2		1.1000	3.29	3.62
						3.62
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.90	0.06
						0.06
						Costo unitario por m2: 5.57

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Presupuesto **Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas**

Subpresupuesto **MURO TERRAMESH SYSTEM - TAYAL**
Cliente **UNIVERSIDA NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**
Lugar **LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA**

Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
4.02	MUROS TERRAMESH SYSTEM				
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	664.50	0.93	617.985
04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN Y REPLANTEO	m2	664.50	0.95	631.275
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3	2,115.51	4.37	9244.7787
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3	2,734.42	12.18	33305.2356
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	2,074.35	76.01	157671.3435
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3	144.90	95.16	13788.684
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2	186.48	2.55	475.524
04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3	218.34	26.57	5801.2938
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2	504.00	5.57	2807.28
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2	1,675.00	8.85	14823.75
04.02.11	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X4.50M	und	50.00	320.49	16024.5
04.02.12	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und	300.00	320.49	96147
04.02.13	TERRAMESH SYSTEM 0.50X1.00X5.00M	und	250.00	355.05	88762.5
04.02.14	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	50.00	34.07	1703.5
04.02.15	GEODREN PLANAR	m2	966.00	5.57	5380.62

TOTAL S/. **447,185.27**

MURO SUELO REFORZADO SIN INCLINACIÓN (MSR)

RESUMEN DE METRADO

Presupuesto **Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas**

Subpresupuesto **MURO DE SUELO REFORZADO- LAJAS**
Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**
Lugar **LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA**

Item	Descripción	Und.	Metrado
04.02	MUROS TERRAMESH SYSTEM		
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	674.00
04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN Y REPLANTEO	m2	674.00
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3	2,115.10
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3	2,708.66
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	2,329.38
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3	146.40
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2	404.00
04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3	236.37
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2	1,200.00
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2	4,895.00
04.02.11	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	50.00
04.02.12	GEODREN PLANAR	m2	976.00

HOJA DE SUSTENTACION DE METRADOS

		Revisión:
		Especialidad:
Proyecto:	Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas	Consultor:
Descripción del Trabajo:	MUROS DE SUELO REFORZADO - TAYAL	Elaboración:
		(1 UND)

PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UND	N° VECES	DIMENSIONES				PARCIAL	TOTAL
				A	H	AREA			
04.02.12	GEODREN PLANAR	m2							
			2.00	50.00	9.76	488.00	976.00	976.00	976.00

0.02. MUROS TERRAMESH SYSTEM

Partida:	04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	Rendimiento:			60 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010004	PEÓN		HH	1	0.1333	6.75	0.90
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.900	0.03
	Costo unitario por m2: 0.93						
Partida:	04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN DE REPLANTEO	Rendimiento:			500 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147000032	OPERARIO		HH	1	0.0160	12.00	0.192
147010004	PEÓN		HH	2	0.0320	6.75	0.216
	Materiales						
229030005	YESO BOLSA DE 5 KG.		BOL		0.00	5.93	0.02
243510013	ESTACAS MADERA 2"X2"X1'		pza		0.01	1.53	0.02
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.408	0.01
337020046	MIRA TOPOGRAFICA		HE	1	0.0160	1.270	0.02
349880004	NIVEL DE TOPOGRAFO		HM	1	0.0160	12.710	0.20
349880005	ESTACION TOTAL INCL. PRISMAS Y BASTONES		HM	1	0.0160	16.950	0.27
	Costo unitario por m2: 0.95						
Partida:	04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	Rendimiento:			450 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO		HH	1	0.0178	9.85	0.175
147010004	PEÓN		HH	1	0.0178	6.75	0.120
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.300	0.01
349040102	RETROEXCAVADORA DE 1/2 A 1 1/4 Y d3		HM	1	0.0178	228.810	4.07
	Costo unitario por m2: 4.37						
Partida:	04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	Rendimiento:			444 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010003	OFICIAL		HH	1	0.0180	8.00	0.14
147010004	PEÓN		HH	1	0.0180	6.75	0.12
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.266	0.01
348110008	VOLQUETE DE 15 M3		HM	3	0.0541	144.070	7.79
349040102	EXCAVADOR S/ORUGAS 115 - 165 HP - 1.4 YD3		HM	1	0.0180	228.810	4.12
	Costo unitario por m2: 12.18						
Partida:	04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	Rendimiento:			60 m3/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010004	PEÓN		HH	2	0.2667	6.75	1.80
147010005	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO		HH	1	0.1333	9.85	1.31
	Materiales						
205010000	AFIRMADO		m3		1.2500	42.370	52.96
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1200	10.000	1.20
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	3.11	0.09
349030048	MINI RODILLO LISO VIBR 2.5TN		HM	1	0.1333	84.75	11.30
349040099	RETROEXCAVADOR S/LL 95 HP - 1.25 YD3		HM	0.5	0.0667	101.69	6.78
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP		HM	0.5	0.0667	8.47	0.56
	Costo unitario por m2: 76.01						

Partida:	04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILRANTE e=0.30m			Rendimiento:	25 m3/día	
Código	Descripción insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
47 00007	OPERARIO		HH	1	0.3200	12.68	4.06
47 00009	PEÓN		HH	4	1.2800	9.08	11.62
							15.68
	Materiales						
05 08965	PIEDRA MEDIANA DE 2" - 3"		m3		1.1500	63.560	73.09
							73.09
	Equipos						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	15.68	0.47
49 00113	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP		HM	1	0.3200	18.50	5.92
							6.39
							Costo unitario por m3: 95.16
Partida:	04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION			Rendimiento:	100 kg/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO		HH	1	0.0800	9.85	0.79
147010004	PEÓN		HH	1	0.0800	6.75	0.54
							1.33
	Materiales						
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0500	10.000	0.50
							0.50
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.33	0.04
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP		HM	1	0.0800	8.47	0.68
							0.72
							Costo unitario por m2: 2.55
Partida:	04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m			Rendimiento:	45 m2/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010004	PEÓN		HH	2	0.3556	6.75	2.40
147010005	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO		HH	1	0.1778	9.85	1.75
							4.15
	Materiales						
239050001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1200	10.000	1.20
							1.20
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	4.15	0.12
349030048	MINI RODILLO LISO VIBR 2.5TN		HM	0.7500	0.1333	84.75	11.30
349040099	RETROEXCAVADOR S/LL 95 HP - 1.25 YD3		HM	0.5000	0.0889	101.69	9.04
349100025	PLANCHA COMPACTADORA 5.8 HP		HM	0.5000	0.0889	8.47	0.75
							21.22
							Costo unitario por m2: 26.57
Partida:	04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2			Rendimiento:	70 kg/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO		HH	1	0.1143	9.85	1.13
147010004	PEÓN		HH	1	0.1143	6.75	0.77
							1.90
	Materiales						
272010044	GEOTEXTIL MACTEX H40.2		m2		1.1000	3.29	3.62
							3.62
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.90	0.06
							0.06
							Costo unitario por m2: 5.57
Partida:	04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120			Rendimiento:	150 kg/día	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra						
147010002	OPERARIO		HH	1	0.0533	9.85	0.53
147010004	PEÓN		HH	2	0.1067	6.75	0.72
							1.25
	Materiales						
272010045	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120		m2		1.10	6.880	7.57
							7.57
	Equipos						
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.25	0.04
							0.04
							Costo unitario por m2: 8.85
Partida:	04.02.11	TUBERÍA HDPE Ø4" PERFORADA PARA DRENAJE			Rendimiento:	16 m/día	

Código	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
47 00007	OPERARIO	HH	1	0.5000	12.68	6.34
47 00009	PEON	HH	0.5	0.2500	9.08	2.27
						8.61
	Materiales					
65 08968	TUBERIA HDPE 4"	m		1.0500	24.00	25.20
						25.20
	Equipos					
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	8.610	0.26
						0.26
					Costo unitario por m:	34.07
Partida:	04.02.12 GEODREN PLANAR			Rendimiento:		70 kg/día
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de obra					
147010002	OPERARIO	HH	1	0.1143	9.85	1.13
147010004	PEÓN	HH	1	0.1143	6.75	0.77
						1.90
	Materiales					
272010044	GEODREN PLANAR	m2		1.1000	3.29	3.62
						3.62
	Equipos					
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.90	0.06
						0.06
					Costo unitario por m2:	5.57

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Presupuesto **Evaluación de estabilización de taludes con muros de concreto armado y Sistema Terramesh del Km 133+000 al Km 137+000 de la carretera PE-3N, Cochabamba – Lajas**

Subpresupuesto **MURO DE SUELO REFORZADO- LAJAS**
 Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**
 Lugar **LAJAS - CHOTA - CAJAMARCA**

Item	Descripción	Und.	Cantidad	Precio S/.	ParcialA/.
04.02	MUROS TERRAMESH SYSTEM				
04.02.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	674.00	0.93	626.82
04.02.02	TRAZO NIVELACIÓN Y REPLANTEO	m2	674.00	0.95	640.3
04.02.03	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS C/EQUIPO	m3	2,115.10	4.37	9242.987
04.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE CORTE DM=5KM	m3	2,708.66	12.18	32991.4788
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	2,329.38	76.01	177056.1738
04.02.06	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE e = 0.30 m	m3	146.40	95.16	13931.424
04.02.07	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDO DE CIMENTACION	m2	404.00	2.55	1030.2
04.02.08	CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR E= 0.50 m	m3	236.37	26.57	6280.3509
04.02.09	GEOTEXTIL MACTEX H40.2	m2	1,200.00	5.57	6684
04.02.10	GEOMALLA POLIESTER MAC GRID WG 120	m2	4,895.00	8.61	42145.95
04.02.11	TUBERIA HDPE 4" PERFORADA PARA DRENAJE	m	50.00	34.07	1703.5
04.02.12	GEODREN PLANAR	m2	976.00	5.57	5436.32

TOTAL S/ 297,769.50

Anexo K. Planos

**PLANOS TOPOGRÁFICOS DE LOS TALUDES EL
INGENIO Y TAYAL**



AREA DE ESTUDIO
ESCALA 1:500



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA - LAJAS"

ASESOR: Ing. Cristhian Saúl López Villanueva

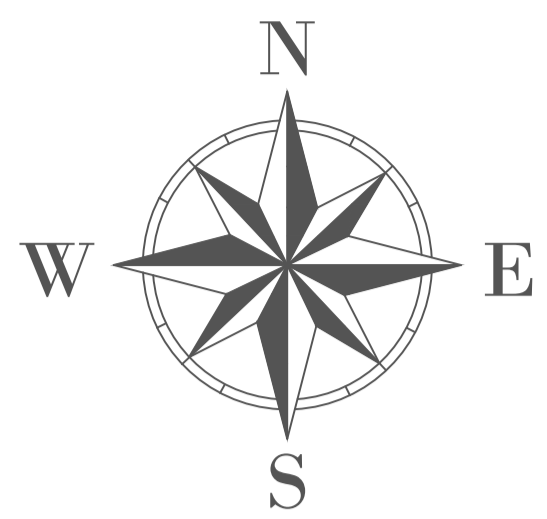
DIBUJO Y DISEÑO: Deiner Yonathan Benavidez Mejía
Rowlan Golver Idrogo Saldaña

PLANO:
AREA DE ESTUDIO -EL INGENIO

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, ENERO DEL 2025

LAMINA:
AE- 01



PLANOTOPOGRAFICO
ESCALA 1:500

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



VISTA PANORAMICA DEL LUGAR DE ESTUDIO

N 9'275,907

N 9'275,887

N 9'275,867

N 9'275,847

E 745,837

E 745,857

E 745,877

E 745,897

CARRETERA

BM-01
ESTE: 745881.79
NORTE: 9275909.95
COTA: 2126.30

BM-02
ESTE: 745888.12
NORTE: 9275908.33
COTA: 2126.49

CALICATA-01

N: 9275889.96
E: 745861.74
Z: 2129.66

CALICATA-02

N: 9275875.74
E: 745853.74
Z: 2135.48

CALICATA-03

N: 9275852.78
E: 745851.44
Z: 2142.23



CALICATA N01



CALICATA N02



CALICATA N03



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA - LAJAS"

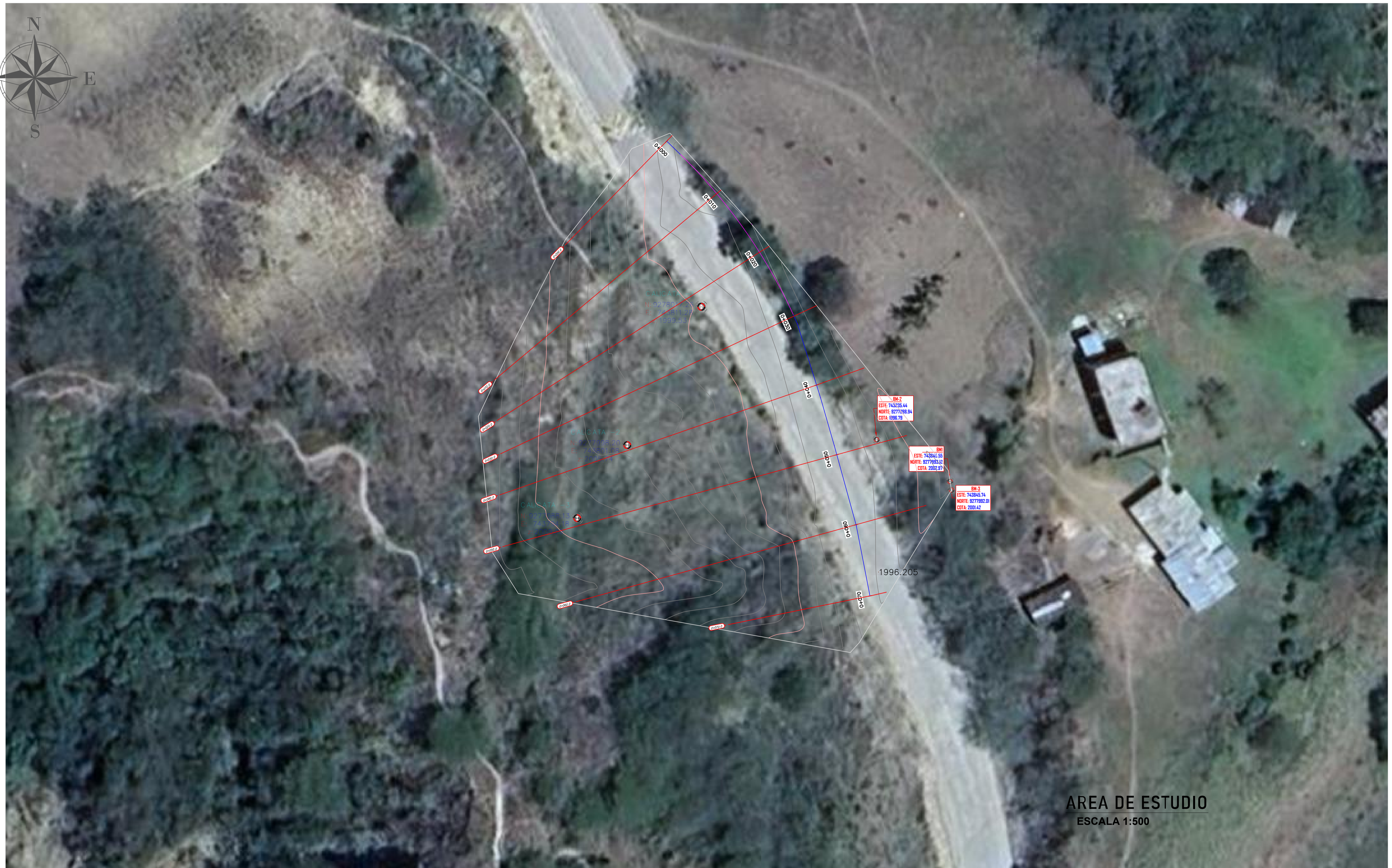
ASESOR: Ing. Cristhian Saúl López Villanueva

DIBUJO Y DISEÑO: Deiner Yonathan Benavidez Mejía
Rowlan Golver Idrogo Saldaña

PLANO:
TOPOGRAFICO-EL INGENIO

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, ENERO DEL 2025

LAMINA:
PT- 01



AREA DE ESTUDIO
 ESCALA 1:500



**UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL
 KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA - LAJAS"

ASESOR: Ing. Cristhian Saúl López Villanueva

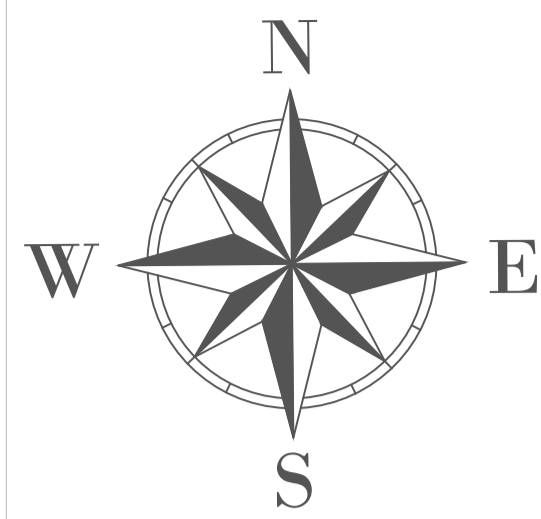
DIBUJO Y DISEÑO: Deiner Yonathan Benavidez Mejía
 Rowlan Golver Idrogo Saldaña

PLANO:
 AREA DE ESTUDIO - TAYAL

REGION: CAJAMARCA
 PROVINCIA: CHOTA
 DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
 FECHA: CHOTA, ENERO DEL 2025

LAMINA:
AE- 01



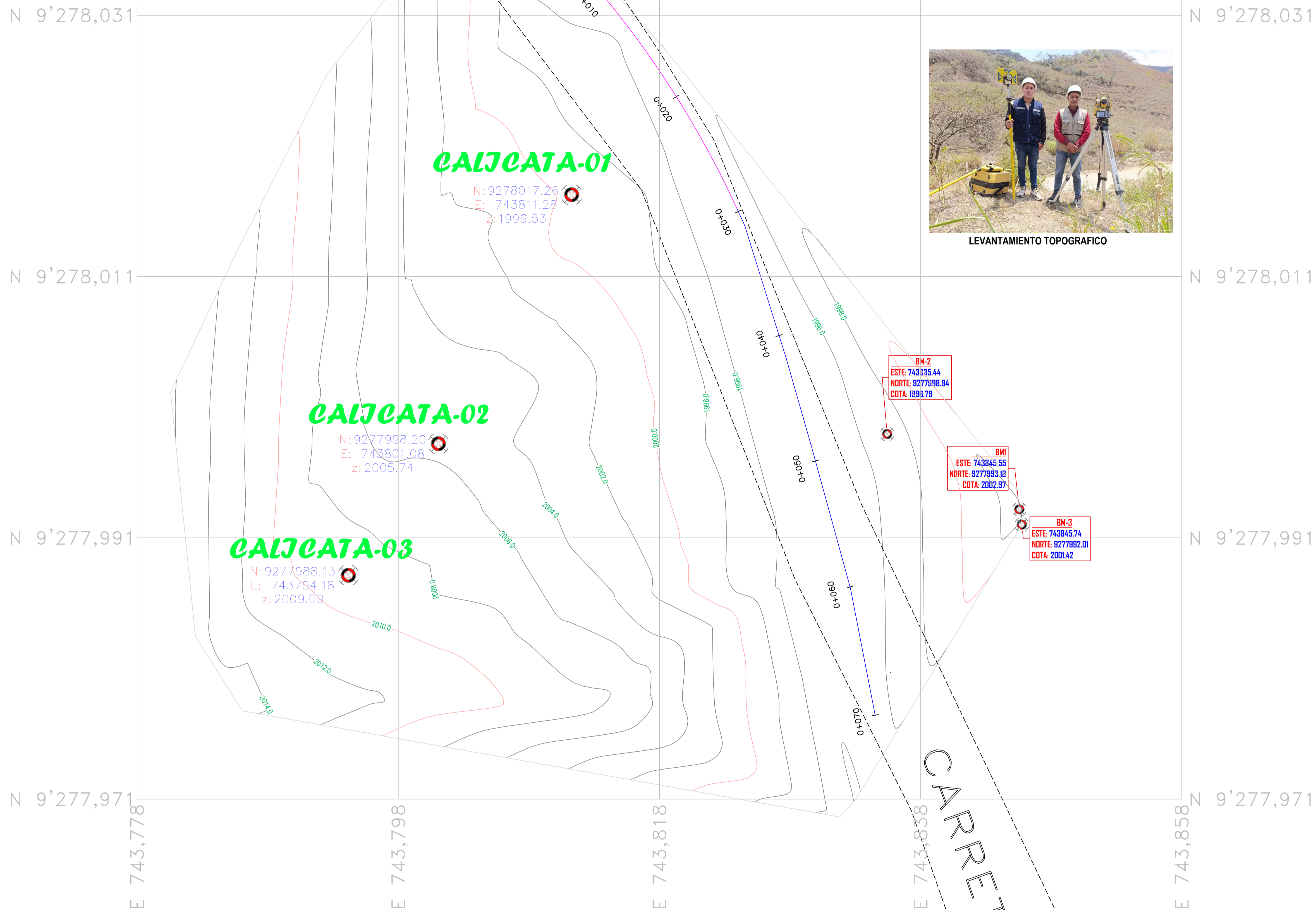
CALICATA N01



CALICATA N02



CALICATA N03



LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

PLANO TOPOGRAFICO
 ESCALA 1:500



**UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA - LAJAS"

ASESOR: Ing. Cristhian Saúl López Villanueva

DIBUJO Y DISEÑO: Deiner Yonathan Benavidez Mejía
 Rowlan Golver Idrogo Saldaña

PLANO:
 TOPOGRAFICO - TAYAL

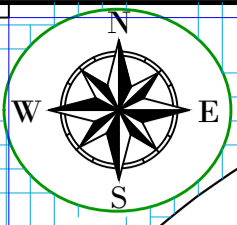
REGION: CAJAMARCA
 PROVINCIA: CHOTA
 DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
 FECHA: CHOTA, ENERO DEL 2025

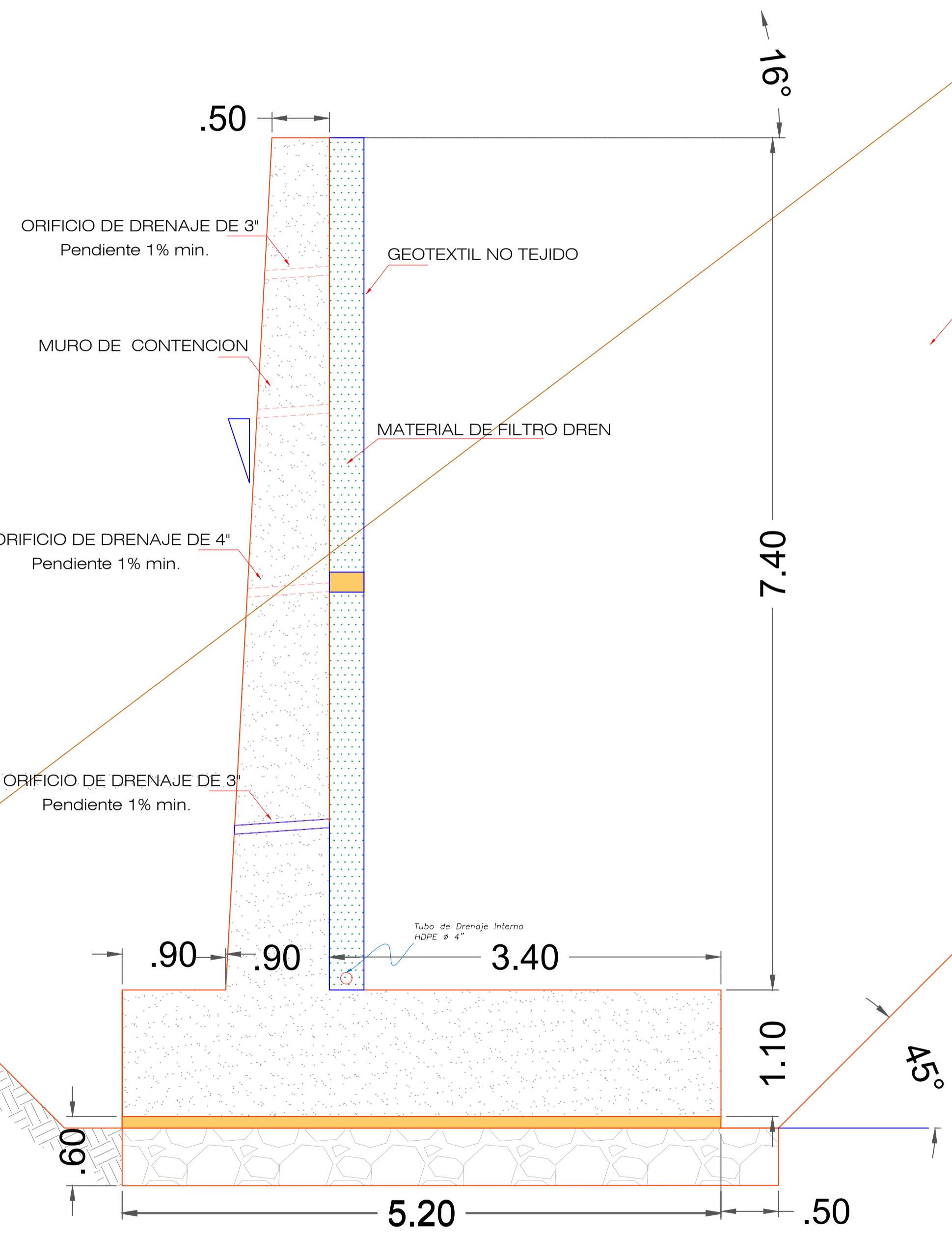
LAMINA:
PT- 01

**PLANOS DE LAS PROPUESTAS EN EL TALUD EL
INGENIO**

MURO DE CONCRETO EN VOLADIZO



TERRENO EXISTENTE



MURO EN VOLADIZO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

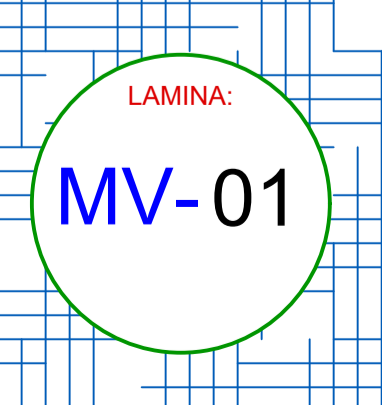
TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

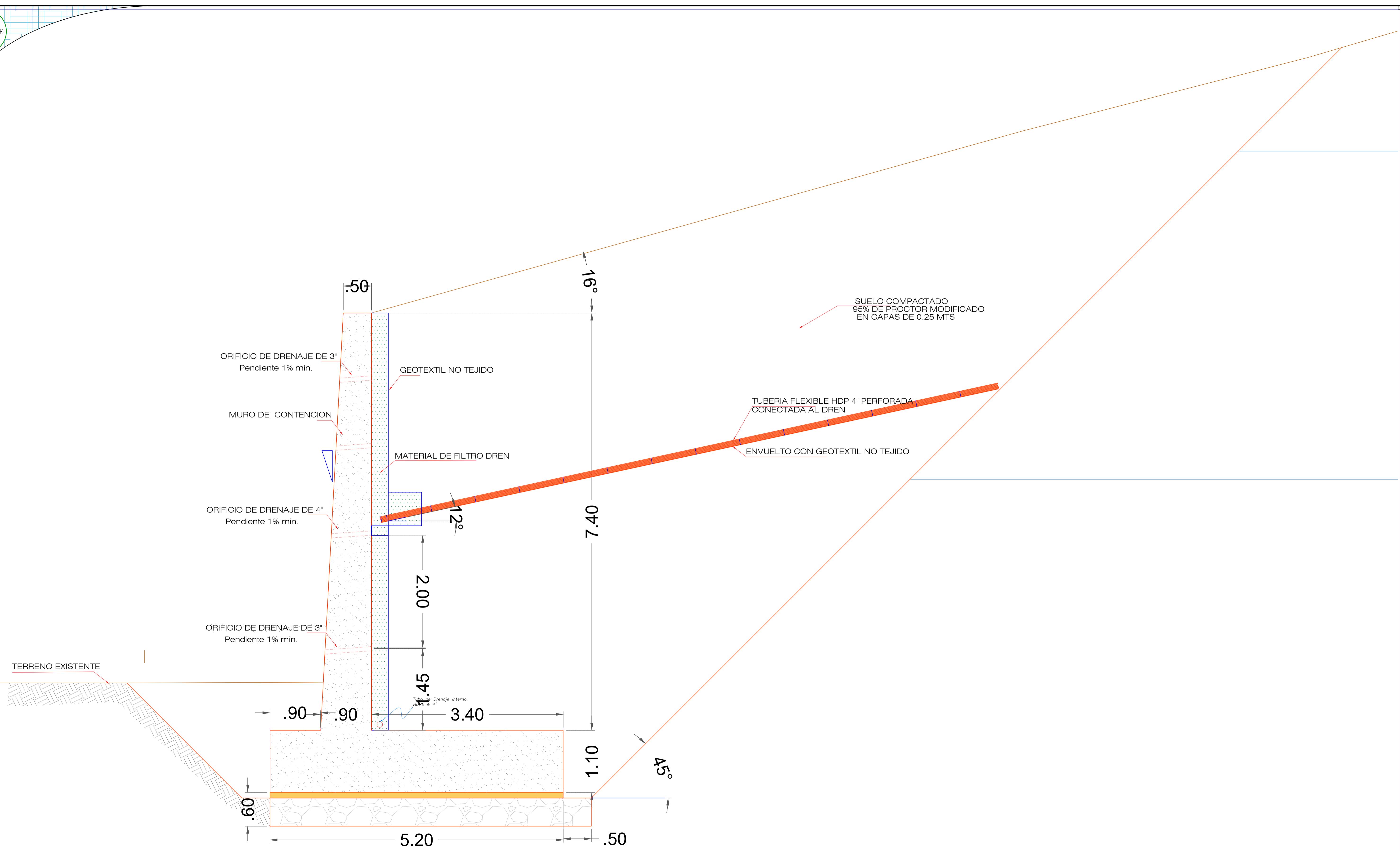
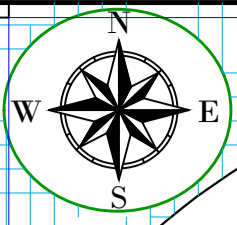
ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVISIA:
APRUEBA:

PLANO:	MURO EN VOLADIZO	
REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:
PROVINCIA:	CHOTA	1/50
DISTRITO:	CHOTA	FECHA:
		CHOTA ENERO DEL 2025





MURO EN VOLADIZO



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS**

ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

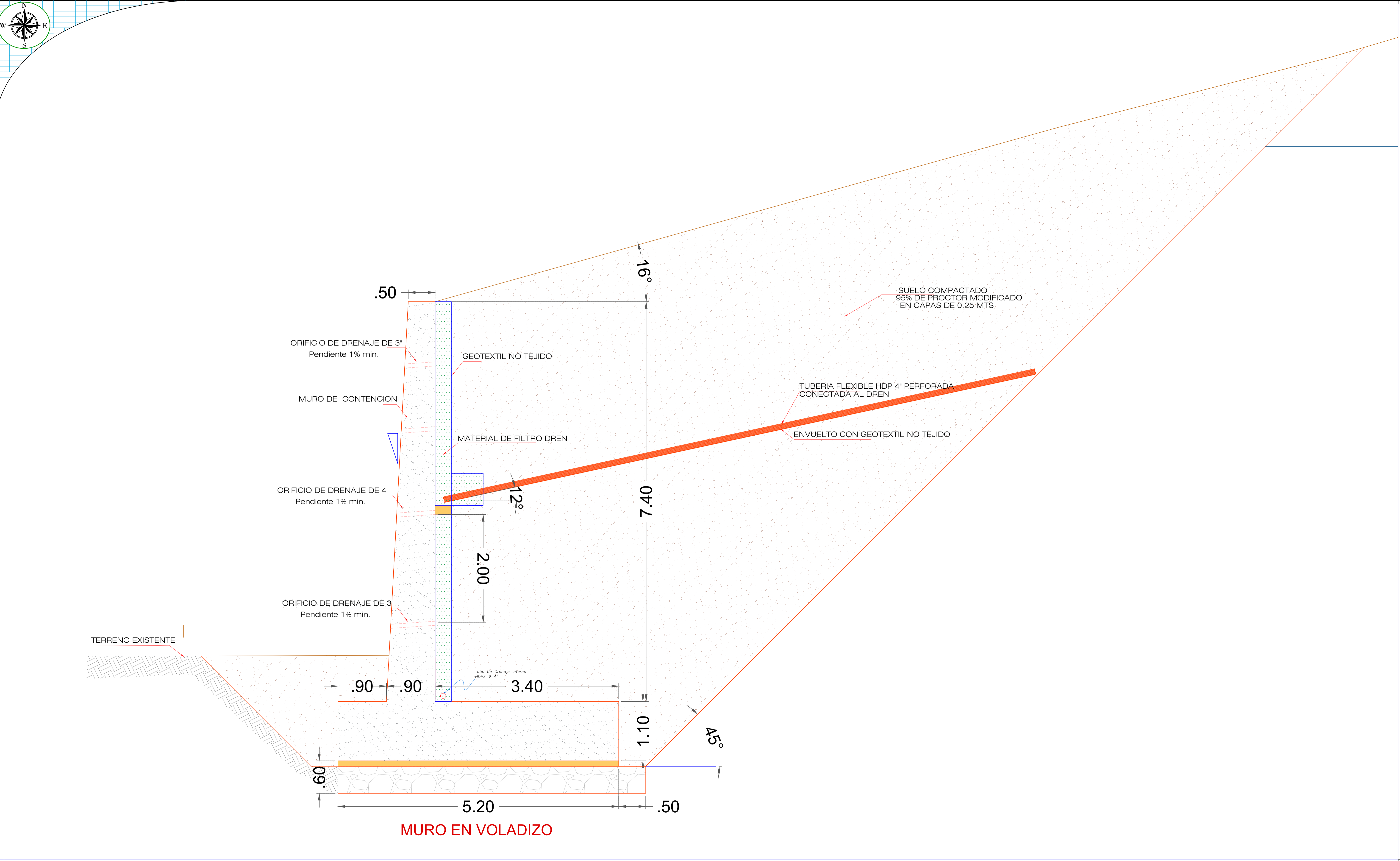
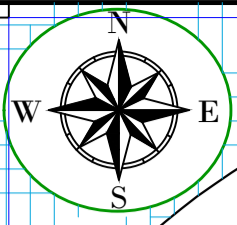
REVIS:
APRUEBA:

PLANO:
MURO EN VOLADIZO

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/600
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA:
MV-02



MURO EN VOLADIZO



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS**

ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
**DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA**

REVISIA:
APRUEBA:

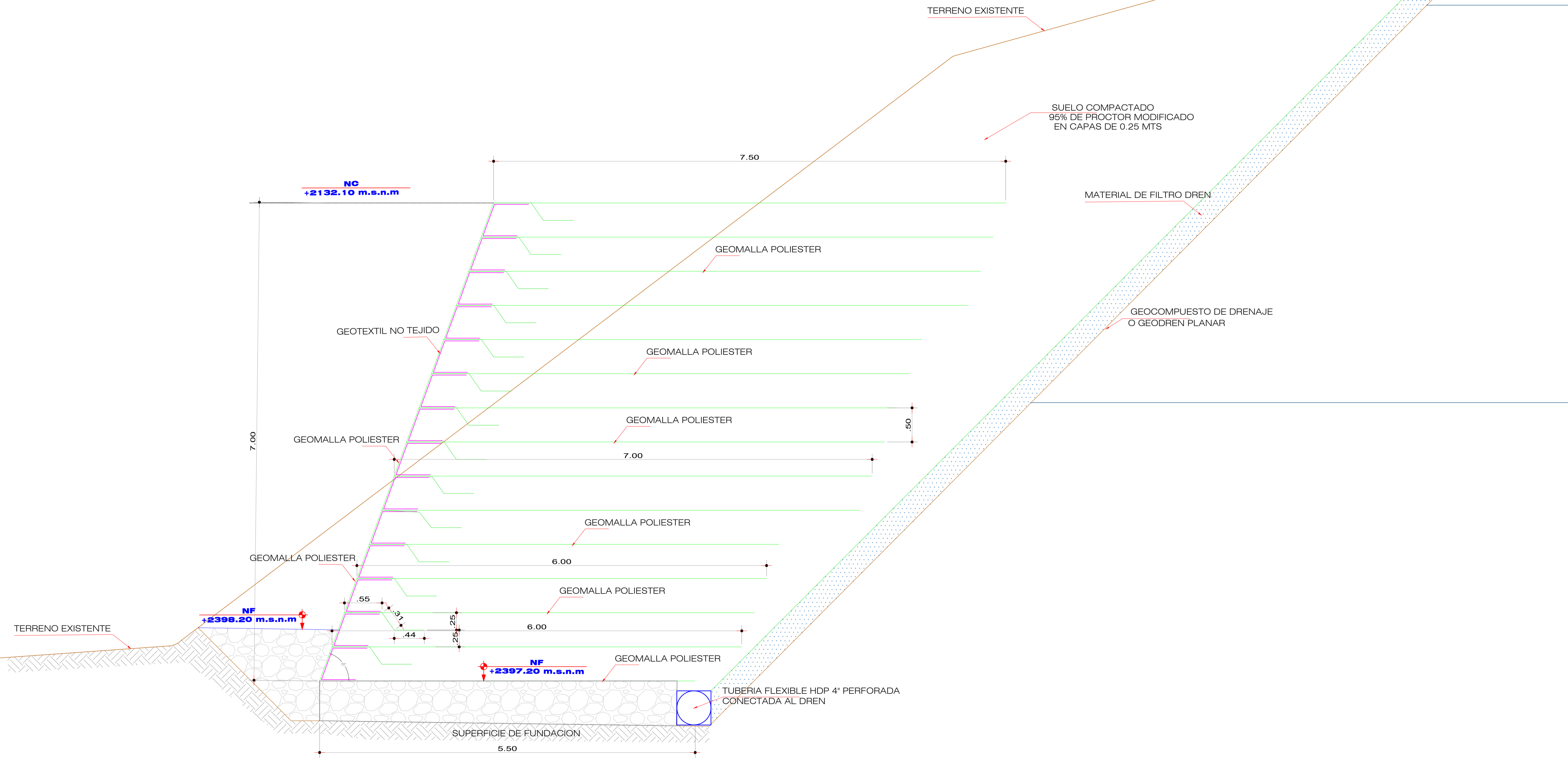
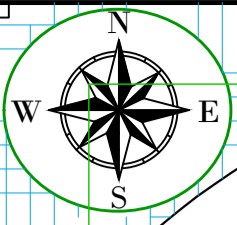
PLANO:
MURO EN VOLADIZO

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/50
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA:
MV-03

MURO SUELO REFORZADO CON INCLINACIÓN (TSR)



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

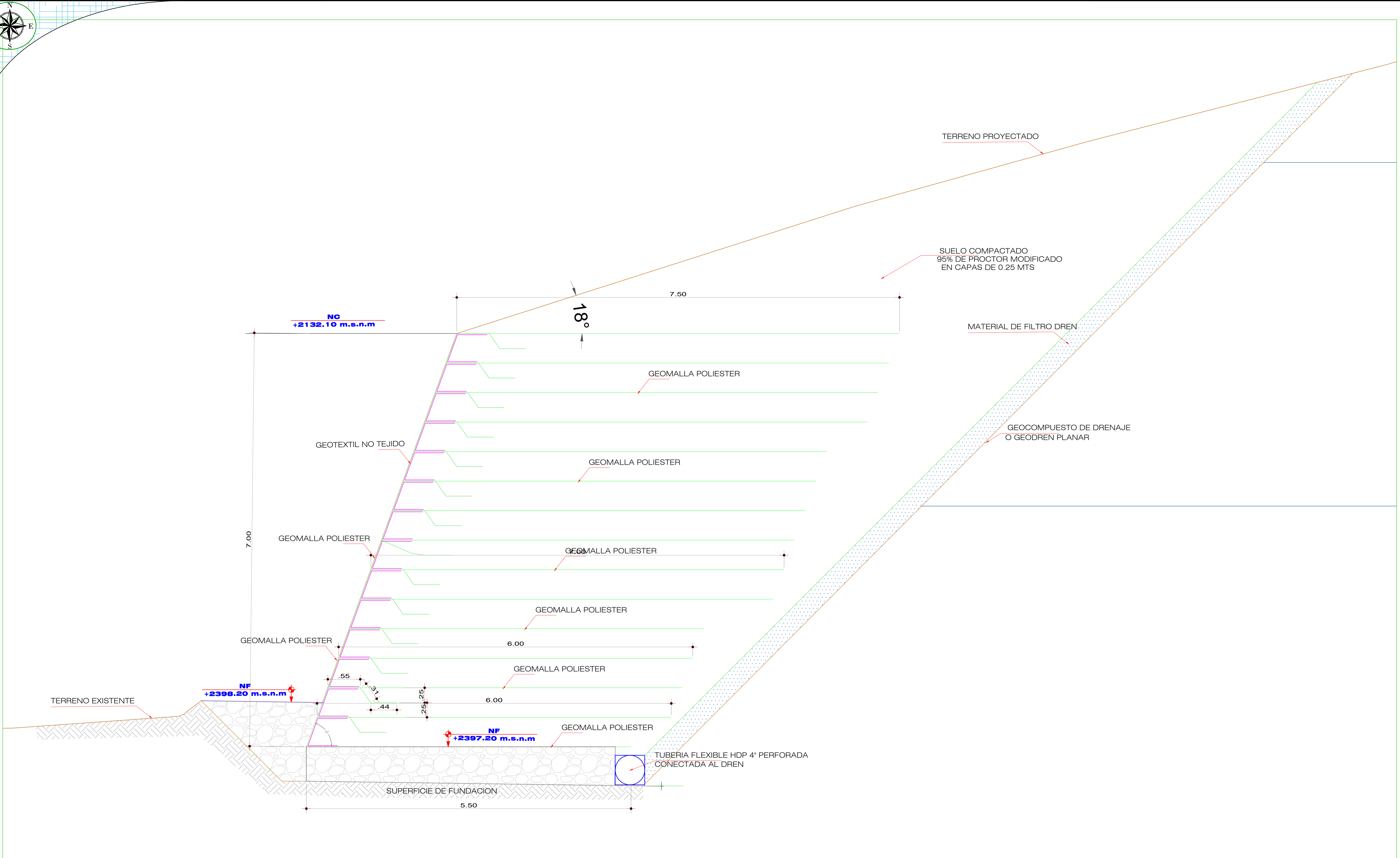
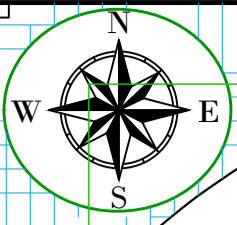
ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVISIA:
APRUEBA:

PLANO: TALUD DE SUELO REFORZADO
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/600
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA:
TR-01



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS**

PLANO: **TALUD DE SUELO REFORZADO**

LAMINA: **TR-02**

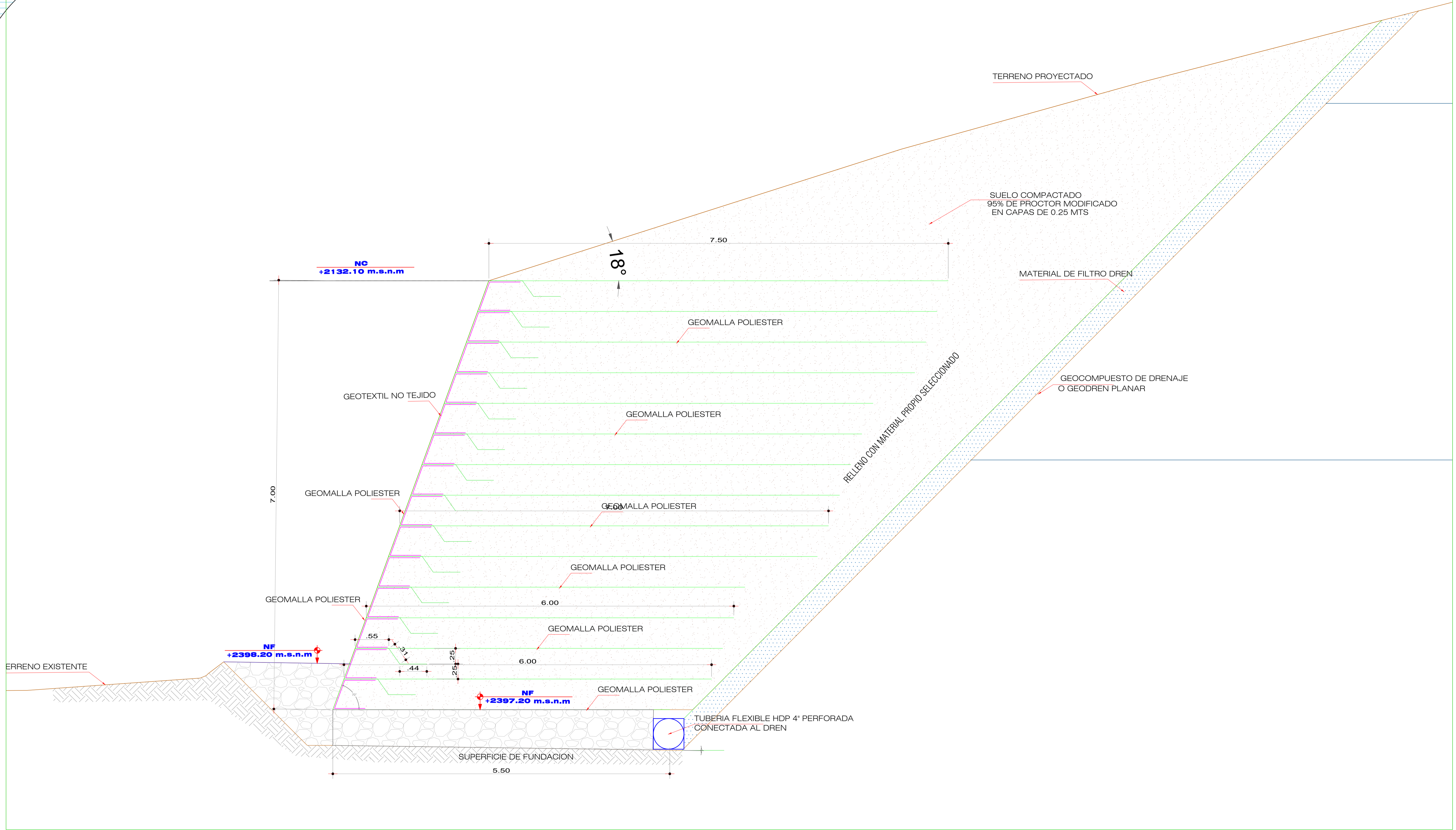
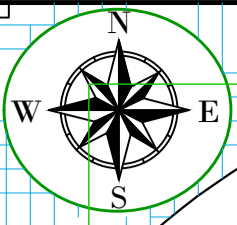
ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
**DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA**

REVISIA:
APRUEBA:

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/600
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS**

ASESOR: CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

**DIBUJO Y DISEÑO: DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA**

REVIS: APRUEBA:

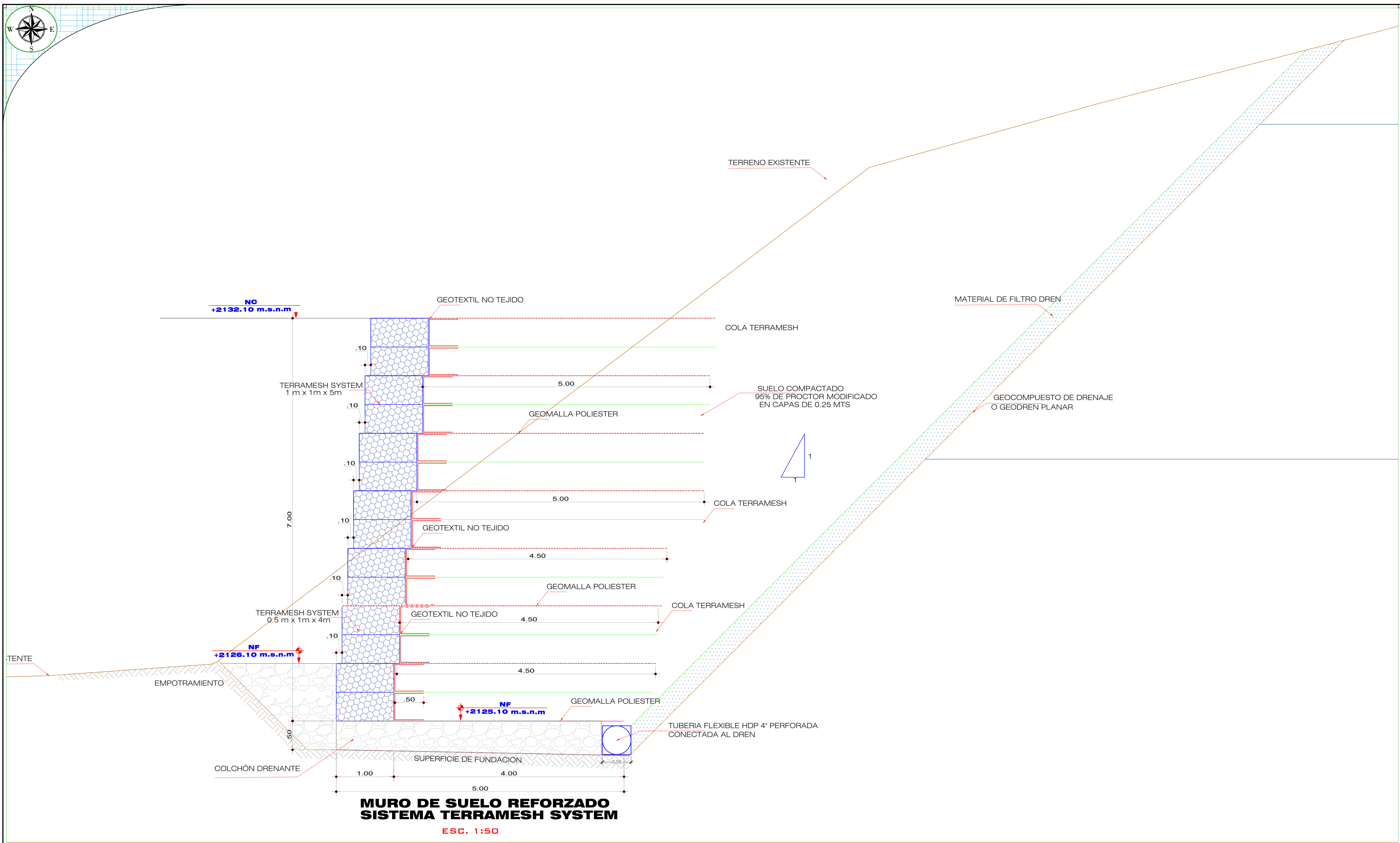
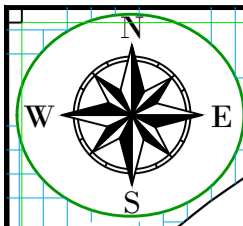
PLANO: TALUD DE SUELO REFORZADO

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/600
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA:
TR-03

MURO SUELO REFORZADO SIN INCLINACIÓN (MSR)



**MURO DE SUELO REFORZADO
SISTEMA TERRAMESH SYSTEM**

ESC. 1:50



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

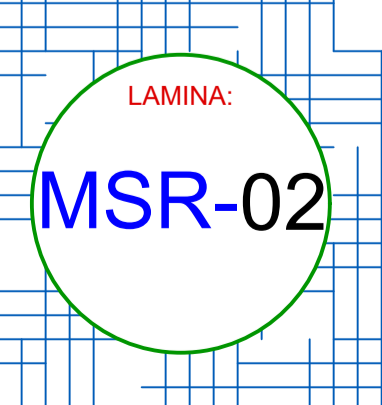
TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

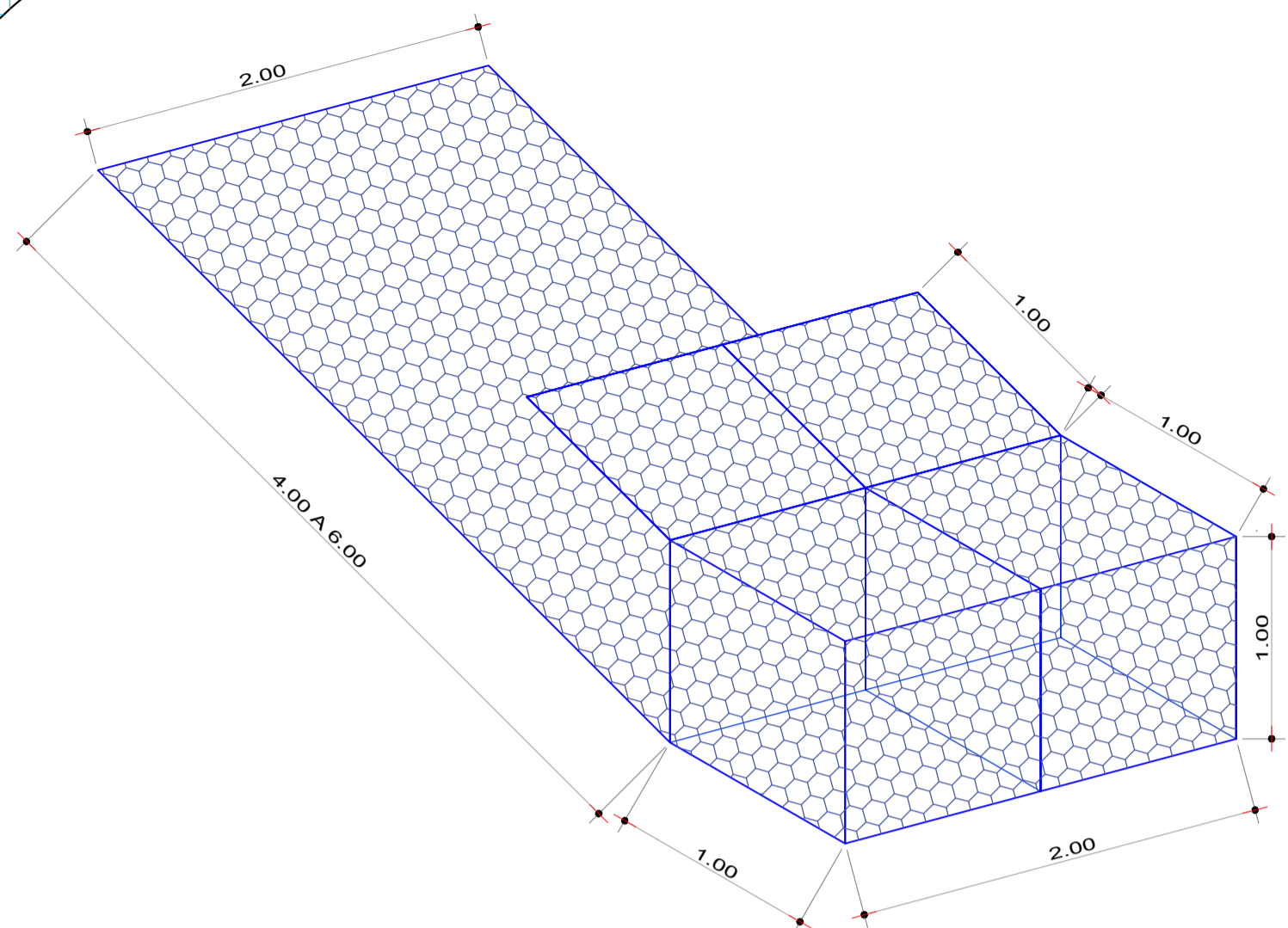
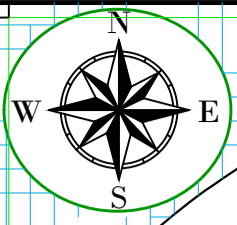
ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

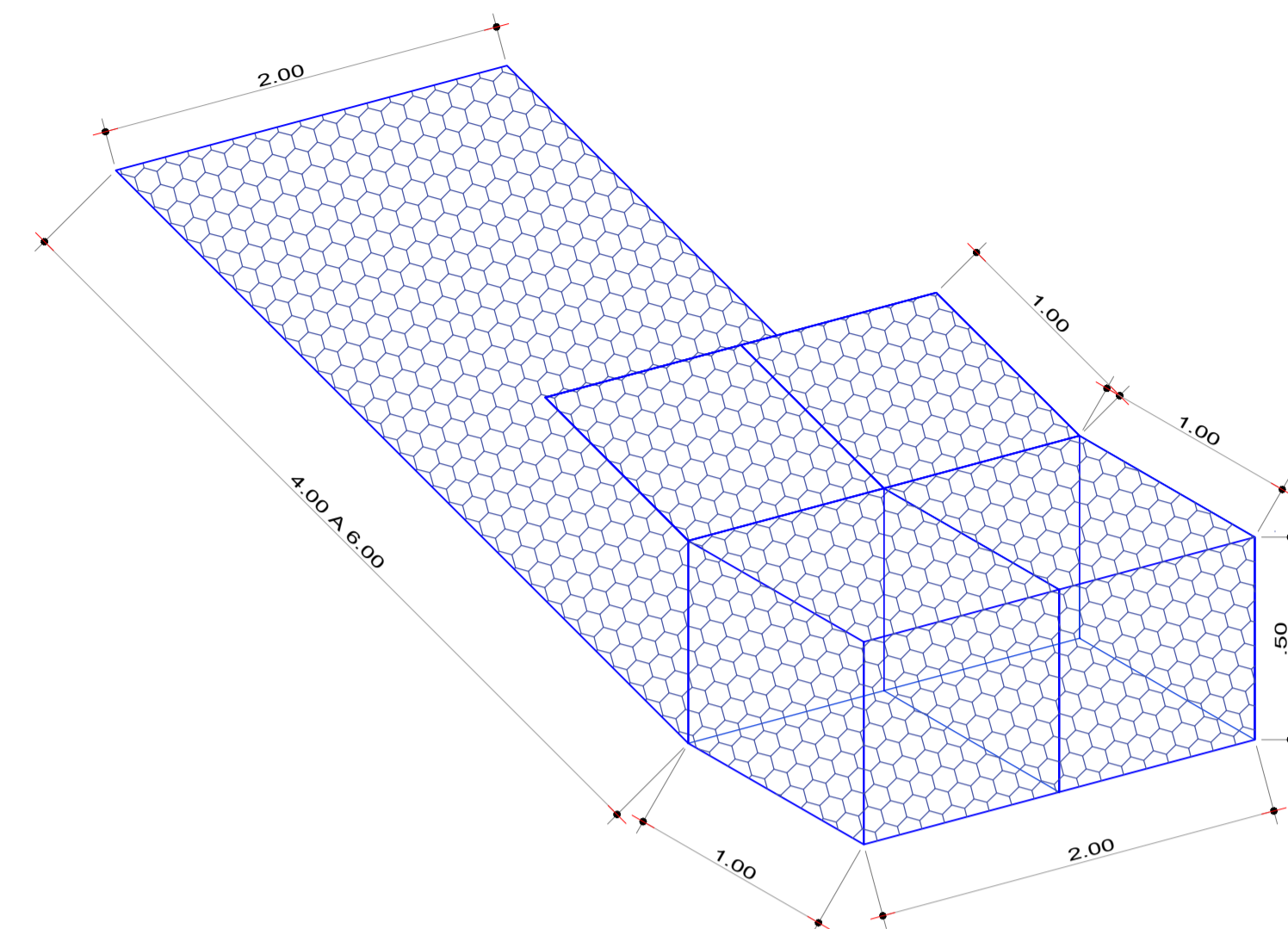
REVISÁ:
APRUEBA:

PLANO:	MURO DE SUELO REFORZADO	
REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:
PROVINCIA:	CHOTA	1/35
DISTRITO:	CHOTA	FECHA:
		CHOTA ENERO DEL 2025

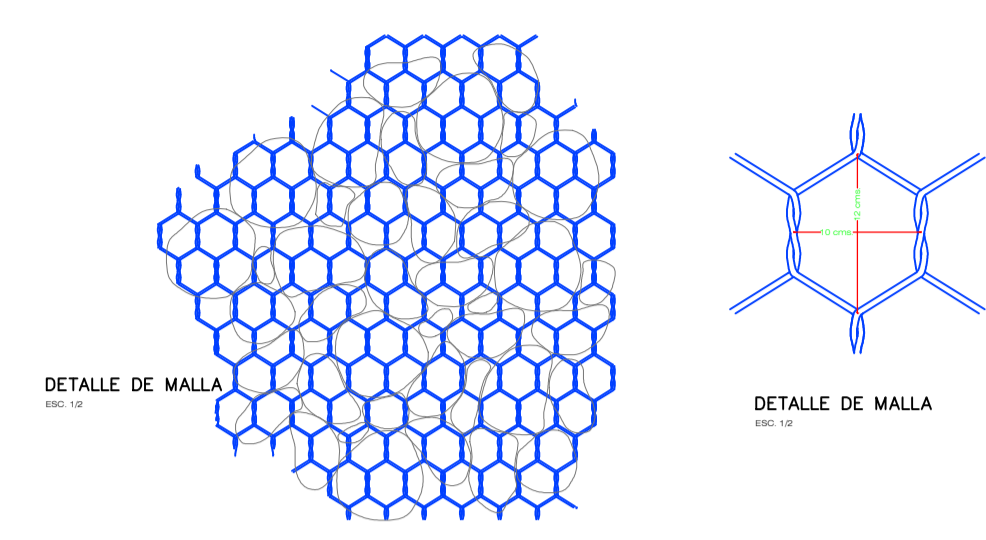




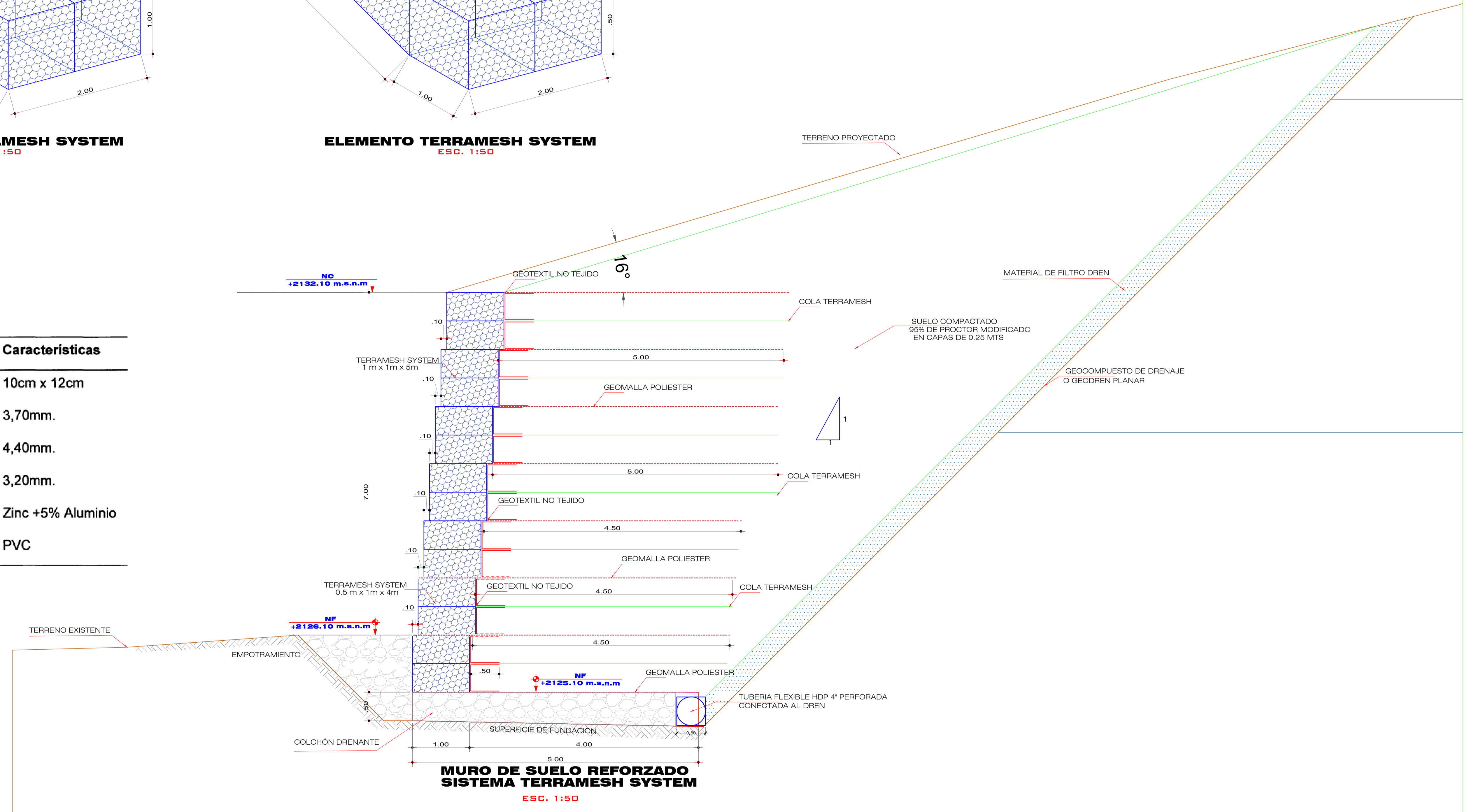
ELEMENTO TERRAMESH SYSTEM
ESC. 1:50



ELEMENTO TERRAMESH SYSTEM
ESC. 1:50



Especificaciones	Características
Abertura de la malla	10cm x 12cm
Diámetro del alambre de la malla	3,70mm.
Diámetro del alambre de borde	4,40mm.
Diámetro del alambre de amarre	3,20mm.
Recubrimiento del alambre	Zinc +5% Aluminio
Recubrimiento del alambre	PVC



MURO DE SUELO REFORZADO SISTEMA TERRAMESH SYSTEM
ESC. 1:50



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

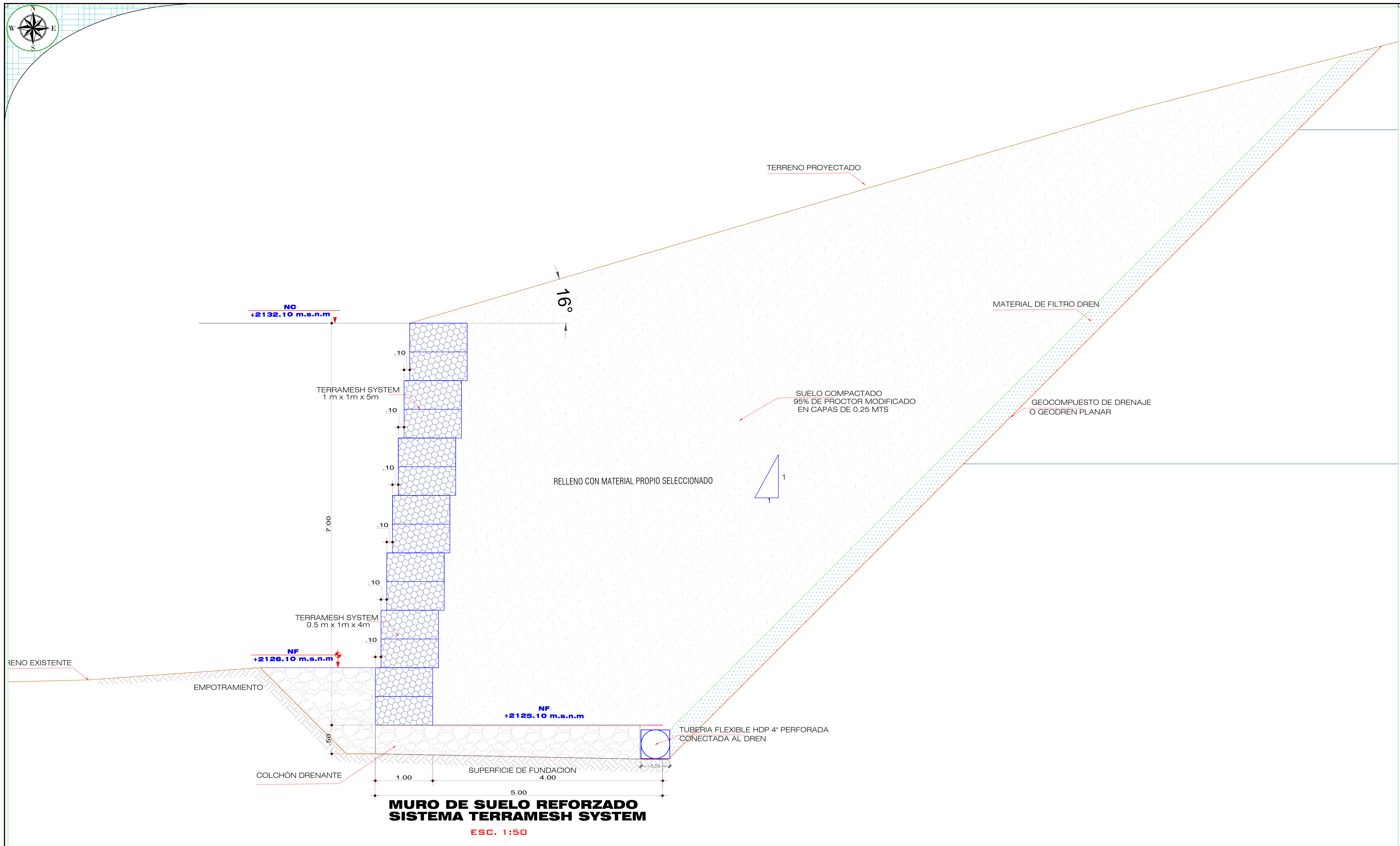
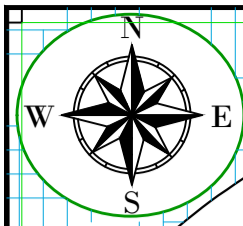
ASESOR: CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO: DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVIS: APRUEBA:

PLANO: MURO DE SUELO REFORZADO
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/50
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA: MSR-02



**MURO DE SUELO REFORZADO
SISTEMA TERRAMESH SYSTEM**

ESC. 1:50



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS**

ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVISÁ:
APRUEBA:

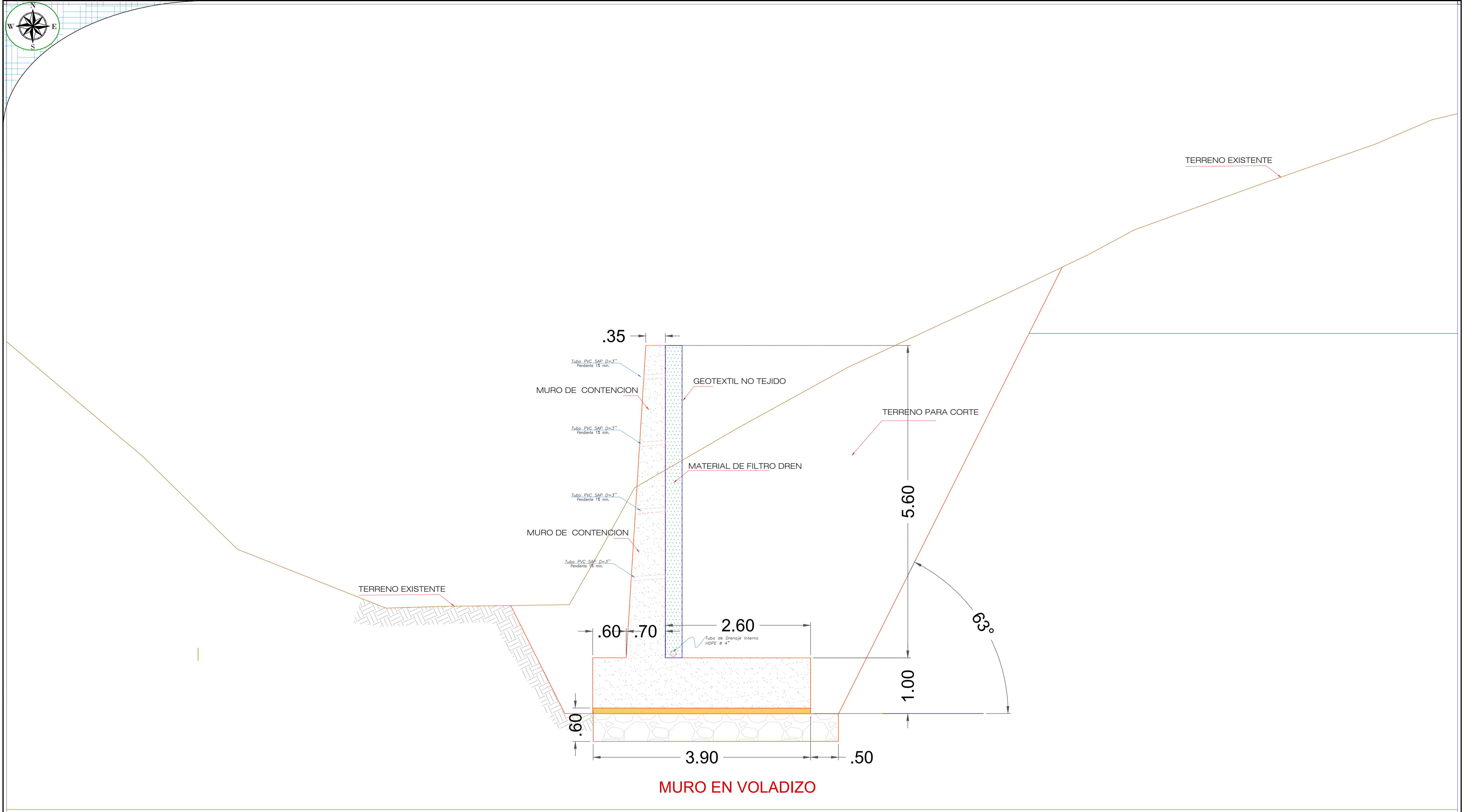
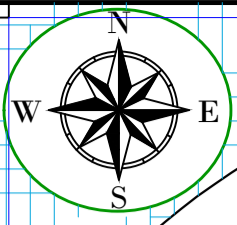
PLANO:
**MURO DE SUELO
REFORZADO**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/50
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA:
MSR-02

PLANOS DE LAS PROPUESTAS EN EL TALUD TAYAL

MURO DE CONCRETO EN VOLADIZO



MURO EN VOLADIZO



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

ASESOR: CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO: DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVISIA:

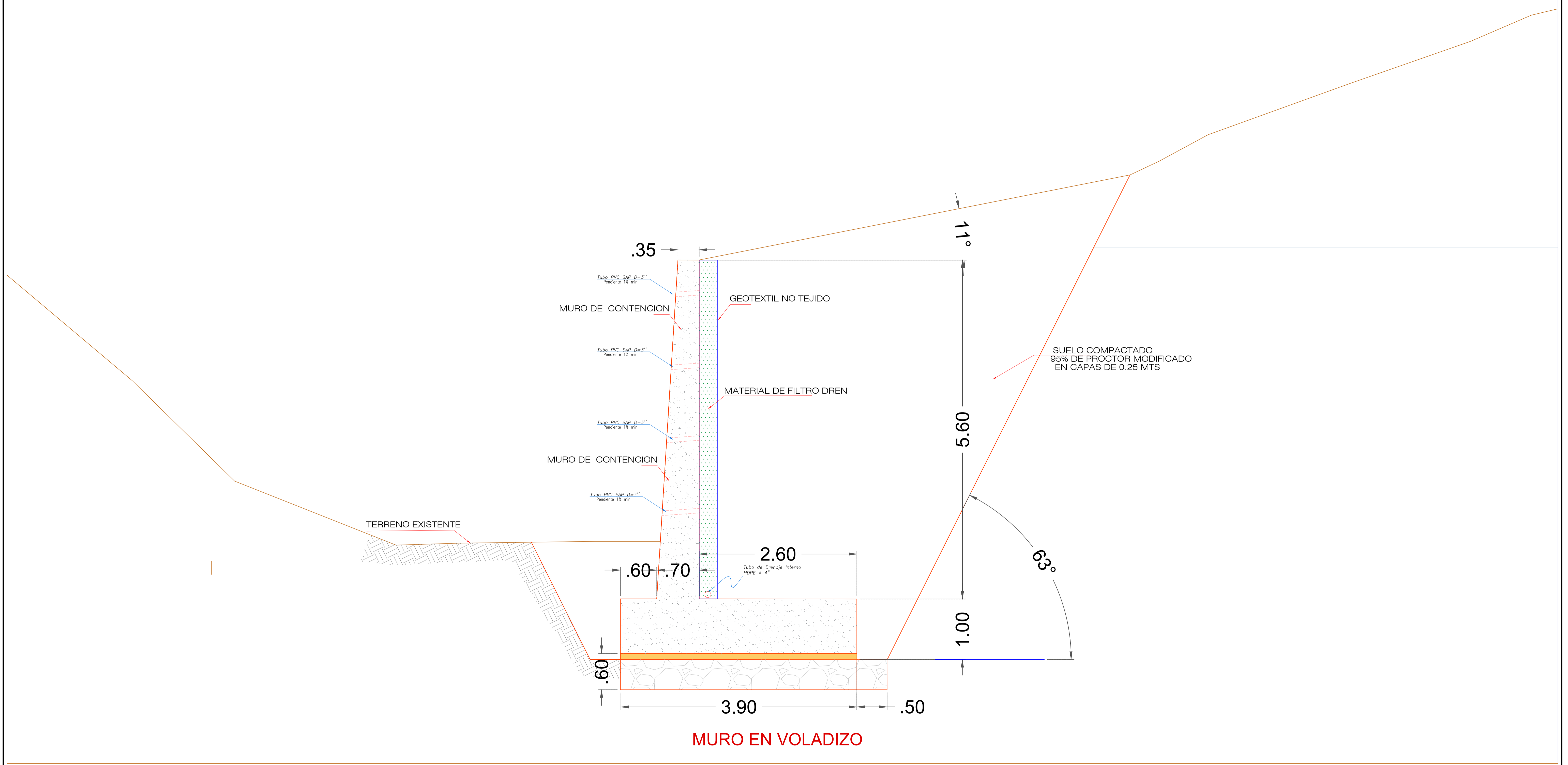
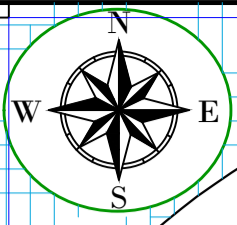
APRUEBA:

PLANO: MURO EN VOLADIZO
LUGAR _ TAYAL

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/50
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA:
MV-01



MURO EN VOLADIZO



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

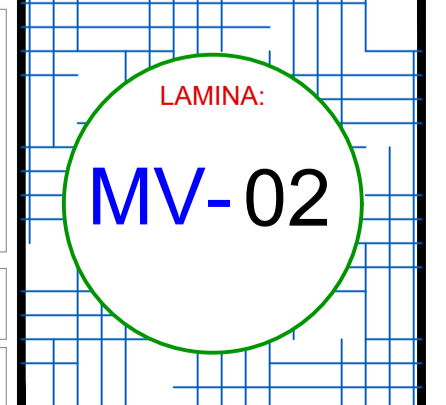
TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

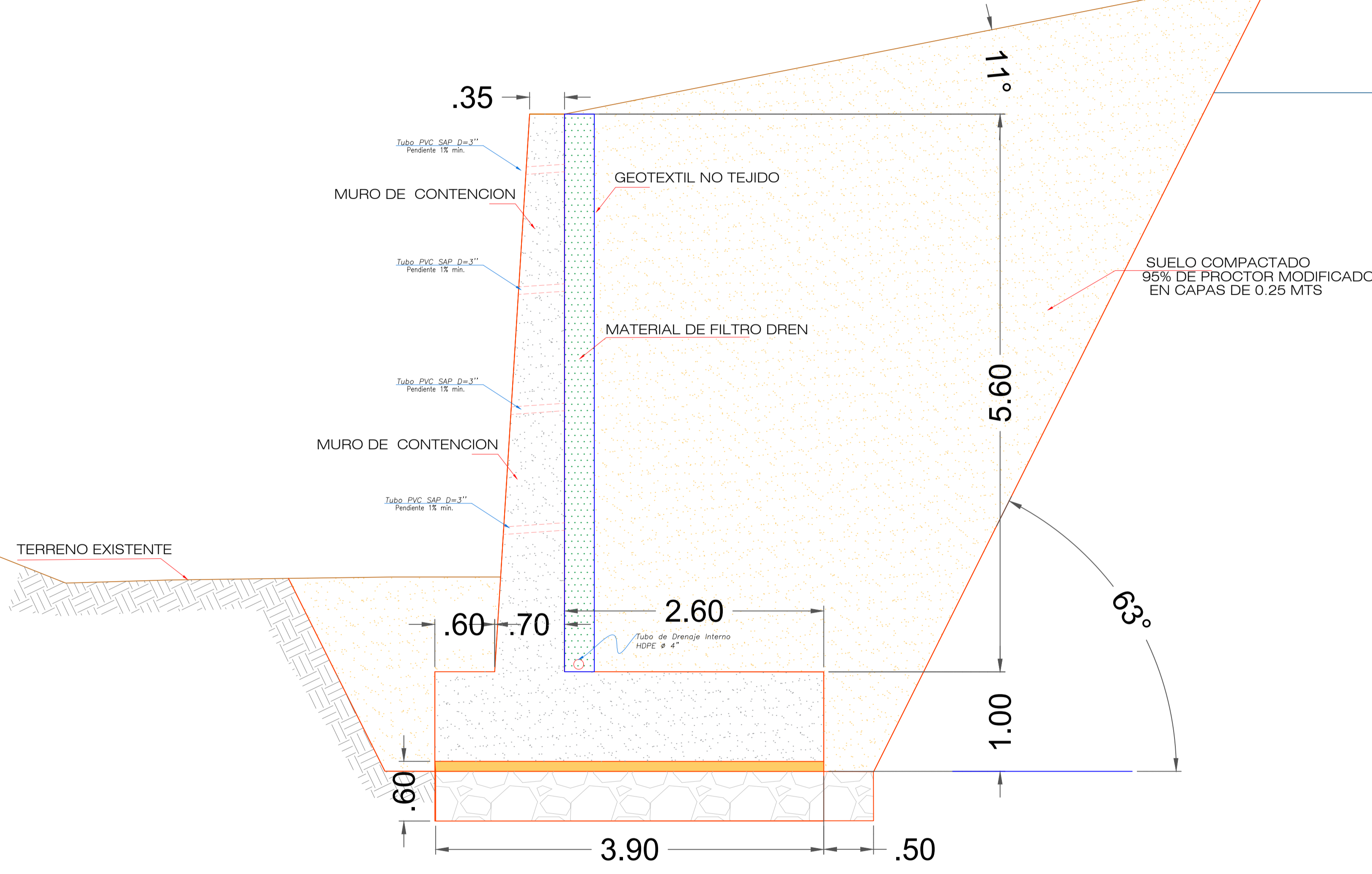
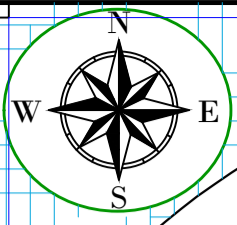
ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVIS:
APRUEBA:

PLANO:		MURO EN VOLADIZO LUGAR _ TAYAL	
REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:	1/600
PROVINCIA:	CHOTA	FECHA:	CHOTA ENERO DEL 2025
DISTRITO:	CHOTA		





MURO EN VOLADIZO



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVIS:
APRUEBA:

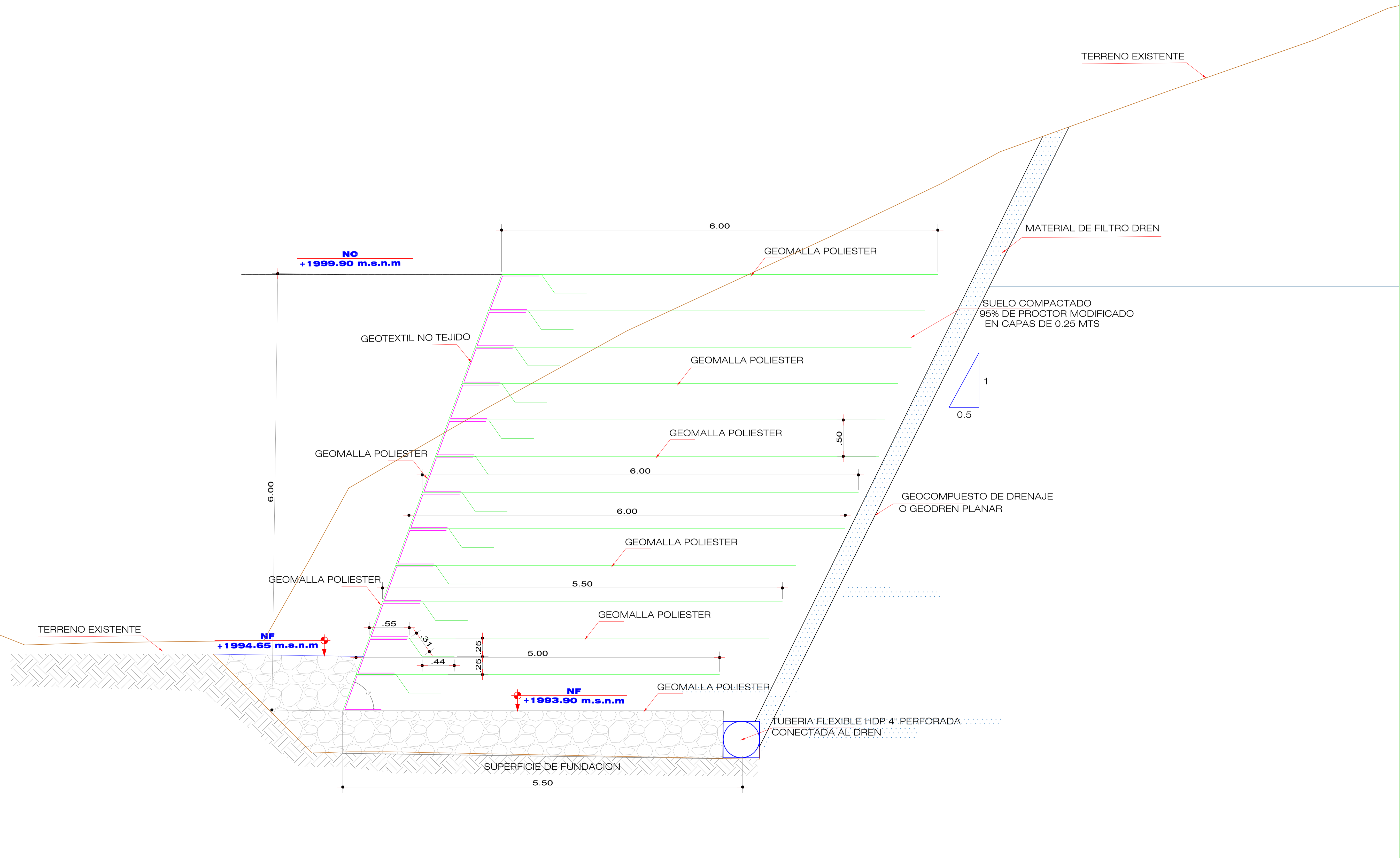
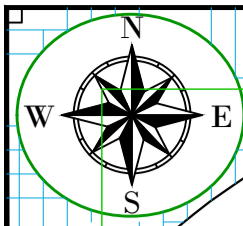
PLANO:
**MURO EN VOLADIZO
LUGAR _ TAYAL**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/50
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA:
MV-03

MURO SUELO REFORZADO CON INCLINACIÓN (TSR)



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS**

ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

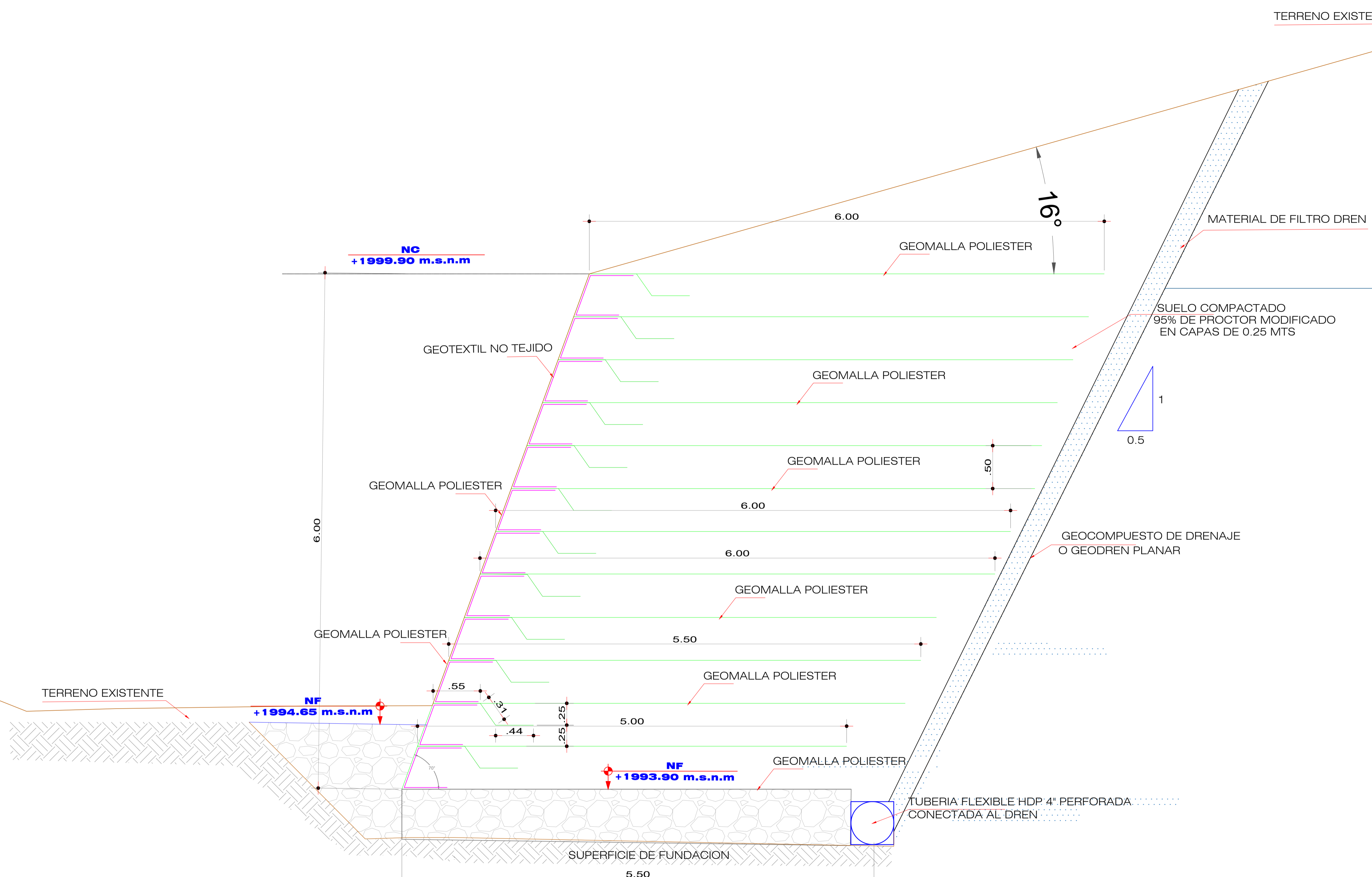
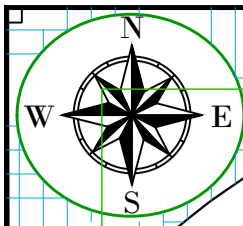
REVISÁ:
APRUEBA:

PLANO: **TALUD DE SUELO REFORZADO_LAJAS**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/600
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA:
TR-01



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS**

ASESOR: **CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA**

DIBUJO Y DISEÑO: **DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA**

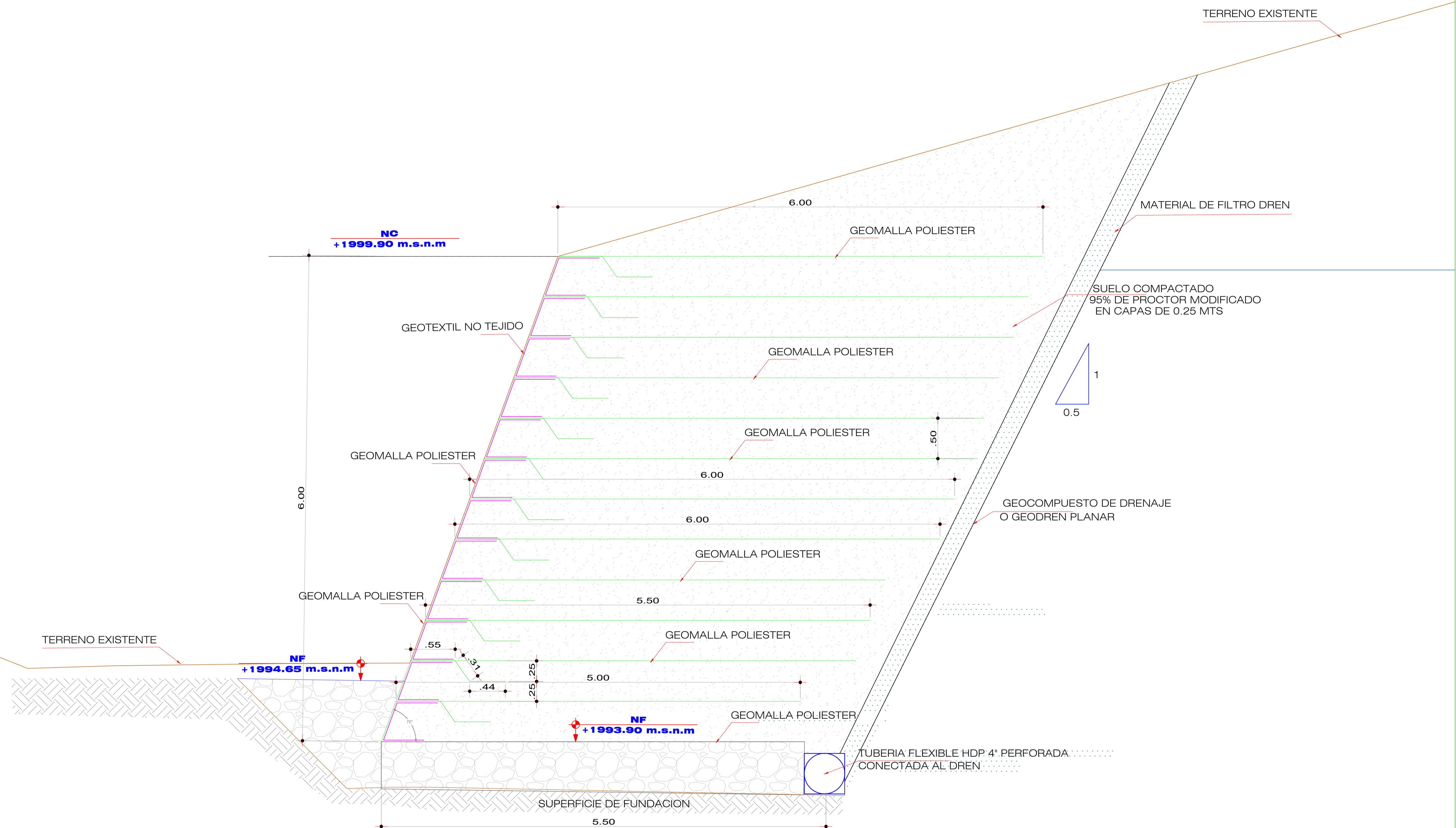
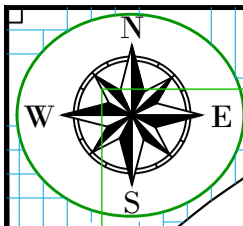
REVISAR: **APRUEBA:**

PLANO: **TALUD DE SUELO REFORZADO_LAJAS**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/600
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA: **TR-02**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

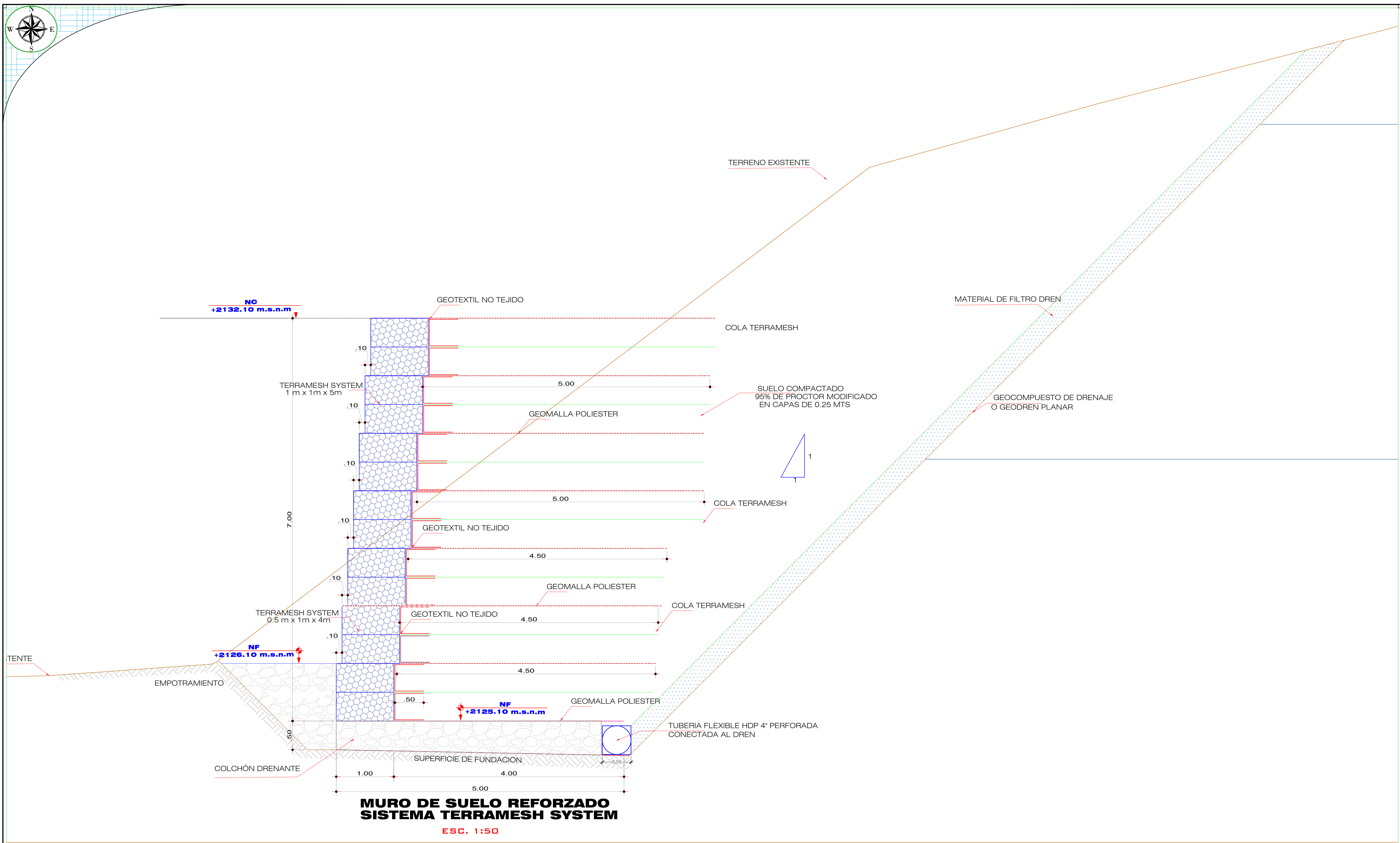
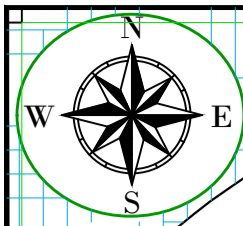
DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVISÁ:
APRUEBA:

PLANO: TALUD DE SUELO REFORZADO_LAJAS
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/600
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA:
TR-03

MURO SUELO REFORZADO SIN INCLINACIÓN (MSR)



**MURO DE SUELO REFORZADO
SISTEMA TERRAMESH SYSTEM**

ESC. 1:50



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

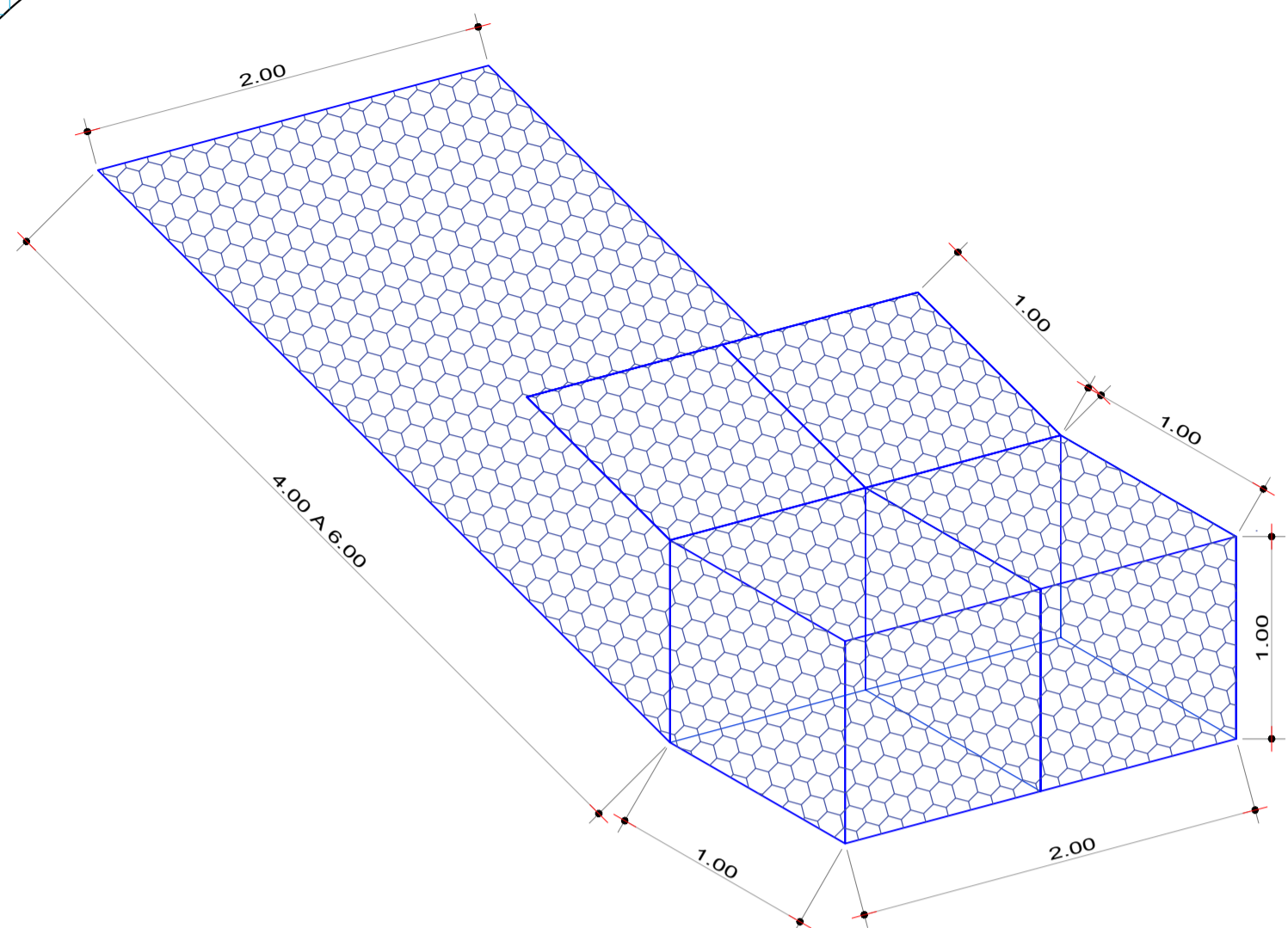
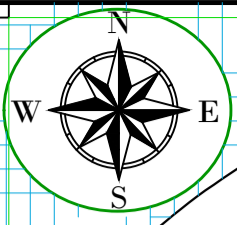
DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVISÁ:
APRUEBA:

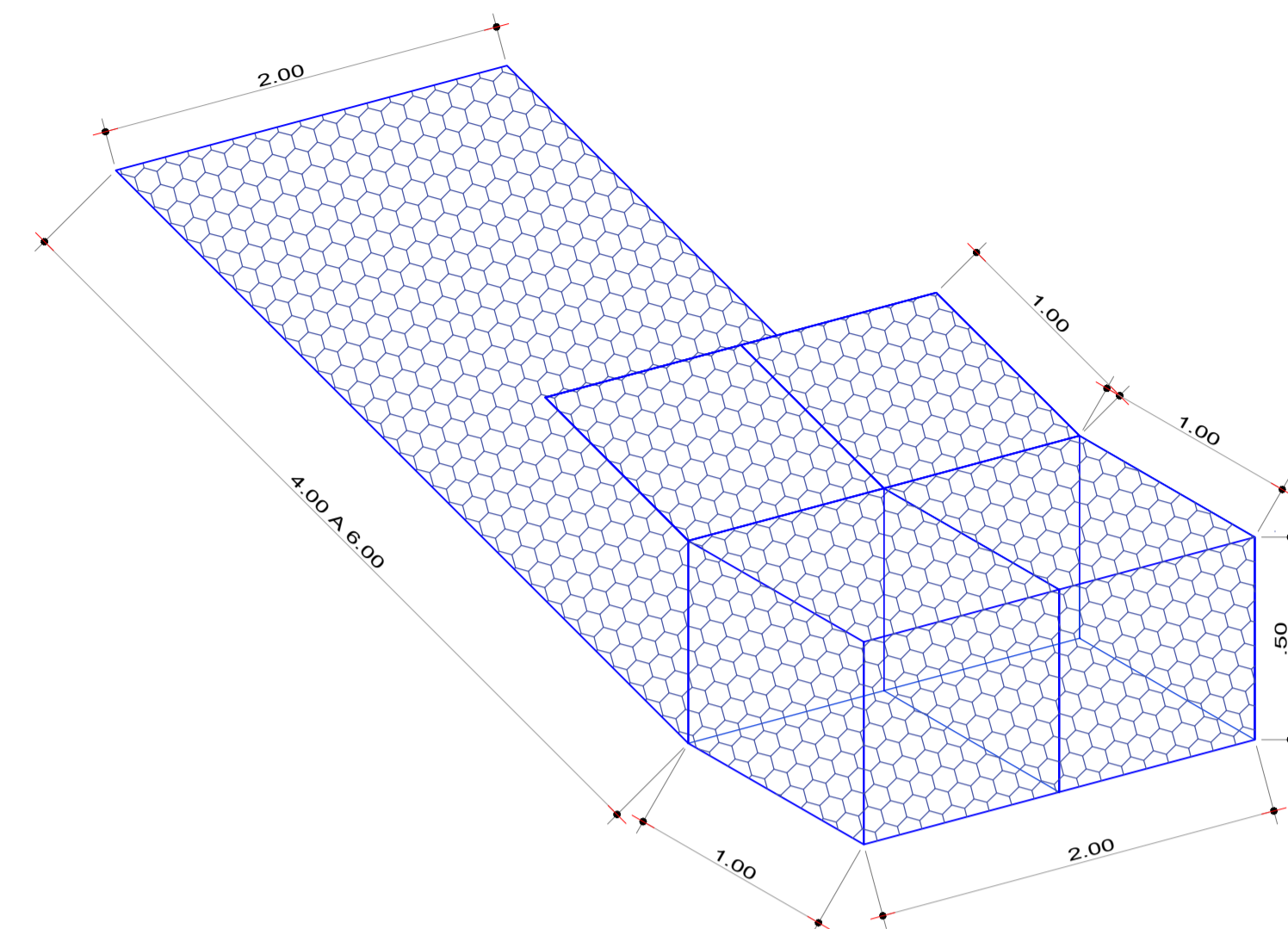
PLANO:
**MURO DE SUELO
REFORZADO**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/35
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

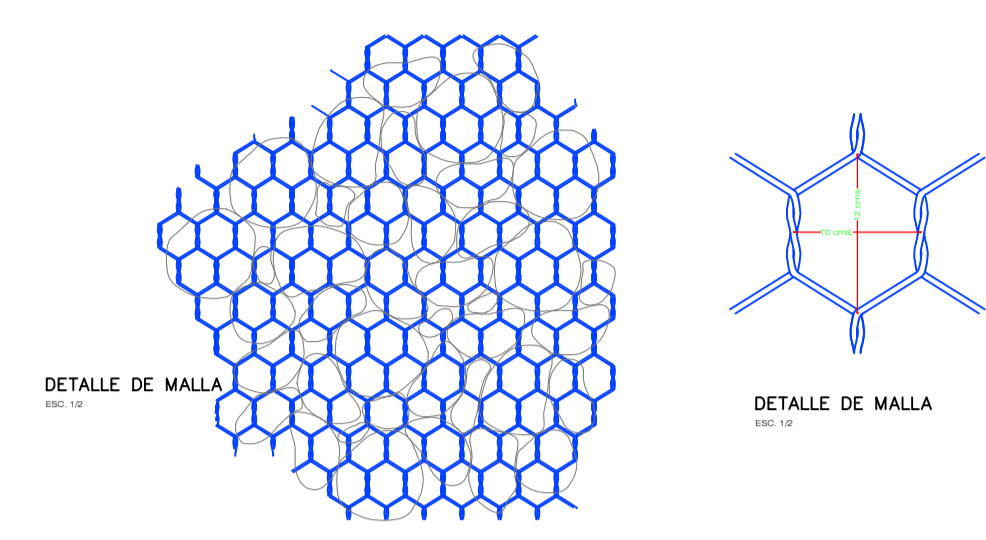
LAMINA:
MSR-02



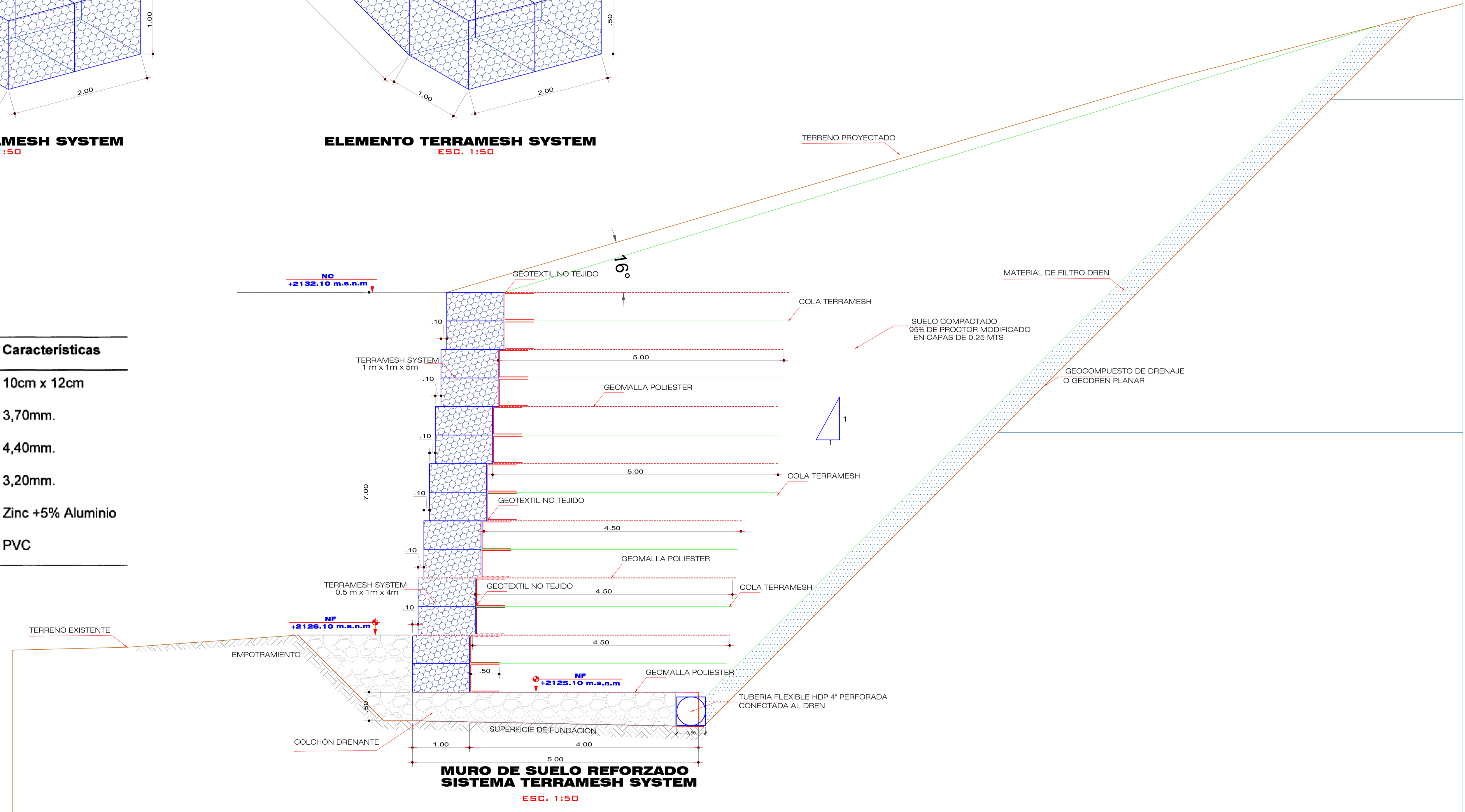
ELEMENTO TERRAMESH SYSTEM
ESC. 1:50



ELEMENTO TERRAMESH SYSTEM
ESC. 1:50



Especificaciones	Características
Abertura de la malla	10cm x 12cm
Diámetro del alambre de la malla	3,70mm.
Diámetro del alambre de borde	4,40mm.
Diámetro del alambre de amarre	3,20mm.
Recubrimiento del alambre	Zinc +5% Aluminio
Recubrimiento del alambre	PVC



MURO DE SUELO REFORZADO SISTEMA TERRAMESH SYSTEM
ESC. 1:50



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

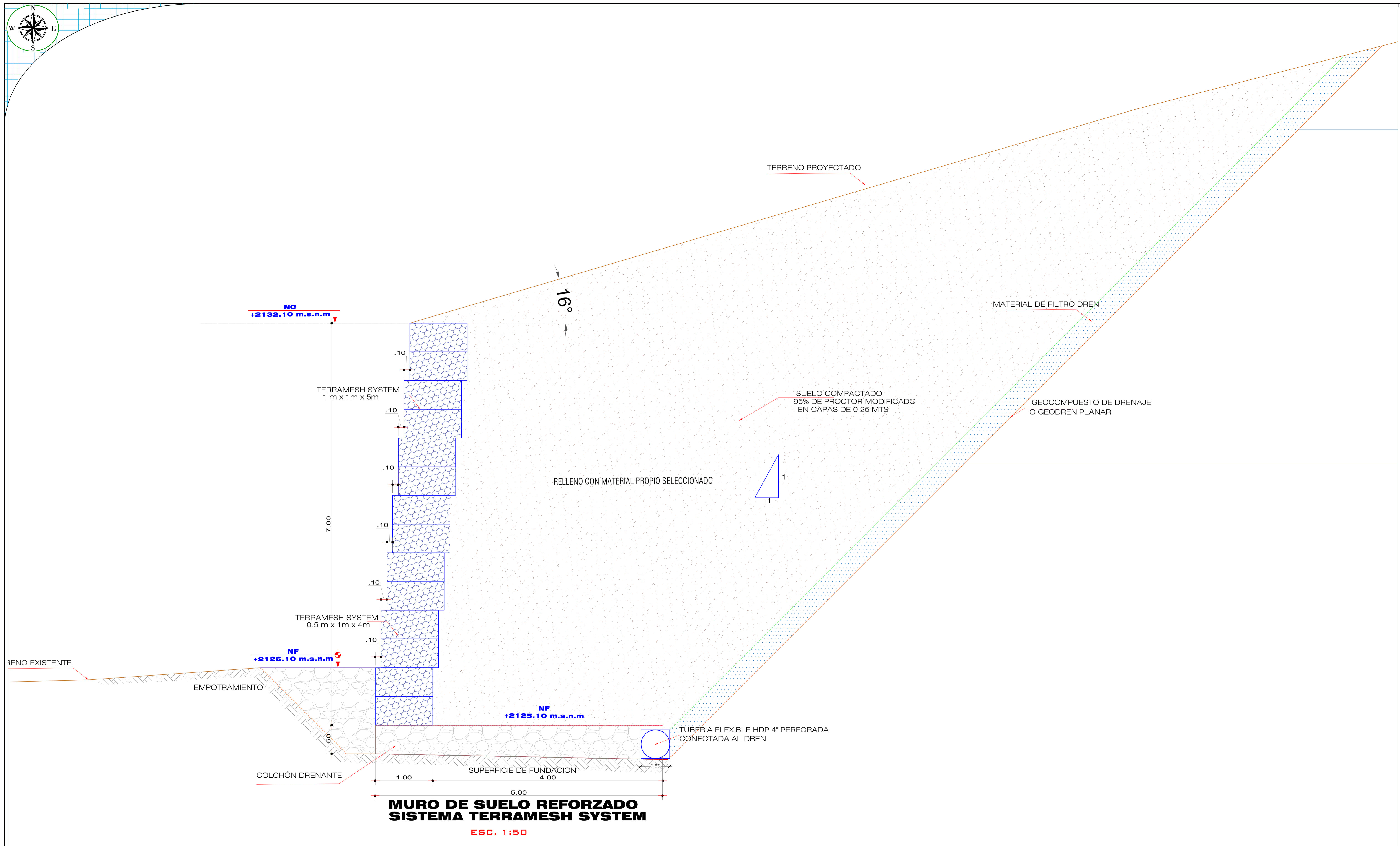
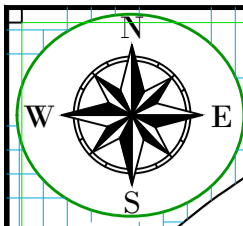
ASESOR: CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO: DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVIS: APRUEBA:

PLANO: MURO DE SUELO REFORZADO
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/50
FECHA: CHOTA ENERO DEL 2025

LAMINA: MSR-02



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MUROS DE CONCRETO ARMADO Y SISTEMA TERRAMESH
DEL KM 133+000 AL KM 137+000 DE LA CARRETERA PE-3N, COCHABAMBA – LAJAS

ASESOR:
CRISTHIAN SAÚL LÓPEZ VILLANUEVA

DIBUJO Y DISEÑO:
DEINER YONATHAN BENAVIDEZ MEJÍA
ROWLAN GOLVER IDROGO SALDAÑA

REVISÁ:
APRUEBA:

PLANO:	MURO DE SUELO REFORZADO	
REGION:	CAJAMARCA	ESCALA:
PROVINCIA:	CHOTA	1/50
DISTRITO:	CHOTA	FECHA:
		CHOTA ENERO DEL 2025

