

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Aplicación del método Erdox en la estabilización de talud del tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco, 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Surichaqui Casimiro, Shecira Yubicsa

ASESOR: Huaman Cuespan, Carlos Esteban

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título
Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 75720877

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42289817

Grado/Título: Doctor en ciencias ambientales y
desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-9668-6670

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Verastegui Ayala, Yessica Julia	Maestro en ciencias con mención en ingeniería de transportes	43962020	0000-0002- 4387-5013
2	Garcia Echevarria, Ericka Selene	Maestro en diseño y construcción de obras viales	23164212	0000-0002- 6375-6855
3	Mays Aquino, Ronald Günter	Maestro en diseño y construcción de obras viales	41567508	0009-0009- 5573-0880



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día viernes 25 de julio de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| ❖ MG. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. ERICKA SELENE GARCIA ECHEVARRIA | SECRETARIO |
| ❖ MG. RONALD GÜNTER MAYS AQUINO | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1507-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN E TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO-HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Shecira Yubicsa SURICHAQUI CASIMIRO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) aprobado por Unanmidad con el calificativo cuantitativo de 12 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 17:00 horas del día 25 del mes de julio del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA
DNI: 43962020
ORCID: 0000-0002-4387-5013

PRESIDENTE

MG. ERICKA SELENE GARCIA ECHEVARRIA
DNI: 23164212
ORCID: 0000-0002-6375-6855

SECRETARIO (A)

MG. RONALD GÜNTER MAYS AQUINO
DNI: 1567508
ORCID: 0009-0009-5573-0880

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: SHECIRA YUBICSA SURICHAQUI CASIMIRO, de la investigación titulada "APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO-HUÁNUCO, 2024", con asesor(a) CARLOS ESTEBAN HUAMAN CUESPAN, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2689-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 20 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 15 de abril de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

95. SURICHAQUI CASIMIRO SHECIRA YUBICSA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	20%	1%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, por su constante apoyo a lo largo de este difícil viaje. A mis hermanos y a mis padres, por ser mi fuente constante de inspiración. Este logro es también a mis amigos y familiares, quienes siempre me han motivado a lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis profesores y asesores por su guía, sabiduría y apoyo constante en mi búsqueda de conocimiento. Gracias a mis compañeros de clase por compartir este viaje conmigo y por crear una comunidad de aprendizaje valiosa. Me gustaría expresar mi gratitud en particular a mi asesor, cuya paciencia y experiencia fueron esenciales para este proceso.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	22
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	24
2.2. BASES TEÓRICAS	25
2.2.1. TALUD.....	25
2.2.2. LA ESTABILIDAD DE TALUDES	26

2.2.3. FACTOR DE SEGURIDAD (FS)	27
2.2.4. MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE.....	28
2.2.5. MÉTODO ERDOX.....	30
2.2.6. CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO ERDOX.....	31
2.2.7. TIPO DEL MÉTODO ERDOX	32
2.2.8. PROGRAMA SLIDE	35
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	36
2.4. HIPÓTESIS	39
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	39
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS	39
2.5. VARIABLES	40
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	40
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	40
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	41
CAPÍTULO III.....	42
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.1.1. ENFOQUE	42
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	43
3.1.3. DISEÑO.....	43
3.1 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.1.4. POBLACIÓN.....	44
3.1.5. MUESTRA	44
3.2 TÉCNICOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	45
3.1.6. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
3.1.7. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	45
3.1.8. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	46
CAPÍTULO IV	47
RESULTADOS	47
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	47
4.1.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	47
4.1.2. PROPIEDADES DEL SUELO	52

4.1.3. MODELACIÓN DEL TALUD DEL KM 370+300 EN EL PROGRAMA SLIDE	53
4.1.4. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD KM 370+300 SIN LA APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX.....	54
4.1.5. DIMENSIONES DEL MÉTODO ERDOX.....	59
4.1.6. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD KM 370+300 CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX.....	60
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .	65
CAPÍTULO V	70
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	70
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	70
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores de seguridad señalados por el reglamento	28
Tabla 2 Operacionalización de las variables	41
Tabla 3 Coordenadas UTM del levantamiento topográfico del lugar de estudio	47
Tabla 4 Las coordenadas del perfil del talud en el km 370+300	50
Tabla 5 Características del talud tramo km 370+300	51
Tabla 6 Clasificación SUCS de las 3 muestras del talud km 370+300	52
Tabla 7 Características de resistencia del suelo de las 3 muestras del talud km 370+300	52
Tabla 8 Peso específico del talud de las 3 muestras del km 370+300	52
Tabla 9 Propiedades promedio de las 3 muestras del km 370+300	52
Tabla 10 Síntesis de los Coeficientes de Resistencia en Condición Normal Sin el Método Erdox	58
Tabla 11 Síntesis de los Coeficientes de Resistencia en Condición Normal Con el Método Erdox	64
Tabla 12 Prueba de ANOVA-Hipótesis General	65
Tabla 13 T de Student-hipótesis 1	66
Tabla 14 T de Student- hipótesis 2	67
Tabla 15 T de Student- hipótesis 3	68
Tabla 16 T de Student- hipótesis 4	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Talud o ladera natural	25
Figura 2 Talud artificial	26
Figura 3 Formula de factor de seguridad	27
Figura 4 Equilibrio de una rebanada mediante el método de equilibrio limite	29
Figura 5 Enfoques del método de equilibrio limite.....	30
Figura 6 Componentes principales del método Erdox.....	31
Figura 7 Sistema Erdox para tierra	32
Figura 8 Sistema Erdox Junior normal.....	33
Figura 9 Aplicación del sistema Erdox Nieve	34
Figura 10 Aplicación del sistema Erdox C.....	35
Figura 11 Ejemplo de aplicación del método Erdox	36
Figura 12 Topografía alrededor del km 370+300	49
Figura 13 Perfil longitudinal del talud critica km 370+300	51
Figura 14 Modelado de la transversal del talud km 370+300 en programa Slide	53
Figura 15 Opciones de análisis del programa Slide	53
Figura 16 Configuración de los parámetros geotécnicos promedios del talud km 370+300.....	54
Figura 17 Factor Mediante Bishop en Condición Normal	54
Figura 18 Factor Mediante Fellenius en Condición Normal.....	55
Figura 19 Factor Mediante Janbu Simplificado en Condición Normal	55
Figura 20 Factor Mediante Janbu Corregido en Condición Normal.....	56
Figura 21 Factor Mediante Spencer en Condición Normal.....	56
Figura 22 Factor Mediante Morgenstern-Price en Condición Normal.....	57
Figura 23 Factor Mediante Lowe-Karafiath en Condición Normal	57
Figura 24 Gráfico de comparación de los factores sin la Aplicación del Método Erdox	58
Figura 25 Dimensión asignadas de Erdox Junior en el talud de estudio	59
Figura 26 Factor Mediante Bishop Con Aplicación del Sistema Erdox	60
Figura 27 Factor Mediante Fellenius Con Aplicación del Sistema Erdox.....	61

Figura 28 Factor Mediante Janbu Simplificado Con Aplicación del Sistema Erdox	61
Figura 29 Factor Mediante Janbu Corregido Con Aplicación del Sistema Erdox	62
Figura 30 Factor Mediante Spencer Con Aplicación del Sistema Erdox.....	62
Figura 31 Factor Mediante Morgenstern-Price Con Aplicación del Sistema Erdox	63
Figura 32 Factor Mediante Lowe-Karafiath Con Aplicación del Sistema Erdox	63
Figura 33 Gráfico de comparación de los factores Con la Aplicación del Método Erdox	64

RESUMEN

La tesis abordó la problemática de la estabilidad de taludes en los tramos km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco, zonas propensas a derrumbes y vuelcos. El objetivo principal fue determinar la influencia del sistema Erdox en la estabilidad de estos taludes.

La metodología incluyó un levantamiento topográfico del área de estudio, ensayos de mecánica de suelo en el laboratorio en base de una calicata. Los resultados del análisis geotécnico revelaron propiedades del suelo, como cohesión de 26.48 kN/m², ángulo interno de 36.22° y peso específico 20.13 kN/m³. Resultando un suelo GC (Grava arcilloso) mediante la clasificación SUCS. Posteriormente se realizó el trabajo en gabinete con la obtención de las curvas de nivel y el perfil de la sección analizada km 370+300 en el programa Civil 3D. Se realizó el análisis de estabilidad en el programa Slide en base al modelo del perfil y las propiedades geotécnicas.

En condiciones normales, los factores de seguridad obtenidos fueron insuficientes, ya que se obtuvo factores de 1.292, 1.286, 1.294, 1.347, 1.291, 1.299 y de 1.305 por siete enfoques del equilibrio límite, dando un promedio de los factores de 1.302. Luego, se implementó el sistema Erdox, generando un impacto positivo en la estabilidad del talud. Los factores de seguridad mejoraron significativamente con valores de 2.004, 1.911, 1.879, 1.998, 2.000, 1.988 y un factor de 2.012, arrojando un promedio de 1.972 y superando los mínimos requeridos de 1.500.

Los resultados demostraron que la aplicación del sistema Erdox fue efectiva en la estabilización del talud, ofreciendo un enfoque práctico para abordar los desafíos geotécnicos en dichos tramos carreteros.

Palabras Claves: Talud, Método Erdox, Software Slide, Cohesión, Equilibrio Límite, factor de seguridad, Ángulo de Fricción.

ABSTRACT

The thesis addressed the problem of slope stability in sections km 369+200 to 372+400 of the Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco highway, areas prone to landslides and overturns. The main objective was to determine the influence of the Erdox system on the stability of these slopes.

The methodology included a topographic survey of the study area, soil mechanics tests in the laboratory based on a pit. The results of the geotechnical analysis revealed soil properties, such as cohesion of 26.48 kN/m², internal angle of 36.22° and specific weight 20.13 kN/m³. Resulting in a GC soil (clayey gravel) through the SUCS classification. Subsequently, the office work was carried out with the obtaining of the contours and the profile of the analyzed section km 370+300 in the Civil 3D program. The stability analysis is carried out in the Slide program based on the profile model and geotechnical properties.

Under normal conditions, the safety factors obtained were insufficient, since factors of 1.292, 1.286, 1.294, 1.347, 1.291, 1.299 and 1.305 were obtained by seven approaches to limit equilibrium, giving an average of the factors of 1.302. Then, the Erdox system was implemented, generating a positive impact on the stability of the slope. The safety factors improved significantly with values of 2.004, 1.911, 1.879, 1.998, 2.000, 1.988 and a factor of 2.012, yielding an average of 1.972 and exceeding the required minimum of 1.500.

The results demonstrated that the application of the Erdox system was effective in stabilizing the slope, offering a practical approach to address the geotechnical challenges on such road sections.

Keywords: Slope, Erdox Method, Slide Software, Cohesion, Limit Equilibrium, safety factor, Angle of Friction.

INTRODUCCIÓN

La estabilidad de los taludes es un componente crucial de los proyectos de ingeniería civil porque afecta la seguridad de las personas, la infraestructura y el medio ambiente. En el contexto específico de la carretera Cerro de Pasco, que se encuentra entre los kilómetros 369+200 y 372+400, es importante considerar la posibilidad de derrumbes y vuelcos debido a varios factores ambientales y geotécnicos.

El presente estudio y analiza los efectos de la implementación del sistema Erdox en la estabilidad de los taludes en una sección específica (km 370+300) de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco. Se identifica esta área como crítica, especialmente durante las temporadas de lluvias, ya que dificulta el tránsito y la seguridad de las personas y los vehículos.

El objetivo principal de esta investigación es descubrir cómo la implementación del sistema Erdox influye en la estabilidad del talud en el tramo mencionado anteriormente. Se establecen metas específicas que abordan las propiedades mecánicas del suelo, las características del método Erdox, el método de equilibrio límite y el uso del método Erdox en el factor de seguridad.

Este estudio es útil debido a su contribución al campo de la ingeniería geotécnica y la estabilidad de taludes. La simulación de la aplicación del método Erdox como una posible solución tiene como objetivo abordar las constantes preocupaciones de la ingeniería civil y mejorar la seguridad vial y la durabilidad de las carreteras.

La metodología utilizada, que combina datos empíricos del levantamiento topográfico y la recolección de una calicata con un enfoque teórico respaldado por el software Slide, garantiza la solidez y viabilidad de la investigación. La evaluación de la influencia del método Erdox en comparación con otras técnicas proporciona información útil sobre los elementos que afectan la estabilidad de los taludes.

Por lo tanto, la tesis se estructura en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se e pone el problema de investigación y se establecen los objetivos de la investigación. También se e aminan las razones para llevar a cabo el estudio, las restricciones y la factibilidad de este.

En el Capítulo II, se aborda el marco teórico de la investigación. Se inicia con una revisión de antecedentes a nivel internacional, nacional y local. A continuación, se presentan los fundamentos teóricos relacionados con las variables de estudio y se definen los términos clave. Además, se formulan tanto la hipótesis general como la específica, donde se identifican las variables y se desarrolla una matriz de consistencia para su análisis.

En el Capítulo III se establecen el tipo, enfoque, nivel y diseño de la investigación. Se detalla la población y muestra de estudio, así como las técnicas y herramientas empleadas para recolectar, presentar, analizar e interpretar los datos obtenidos.

En el Capítulo IV, se e amina el proceso de procesamiento de datos de la investigación, así como la contrastación y prueba de las hipótesis establecidas.

El Capítulo V aborda la comparación de los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio. Por último, se incluyen las referencias bibliográficas y los anexos relevantes de la investigación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La estabilidad de los taludes representa un reto crucial en proyectos de ingeniería civil, tanto escala internacional como nacional. A nivel internacional, los deslizamientos de tierra y fallos en los taludes son causantes de múltiples muertes humanas, perjuicios a la infraestructura y al entorno natural. De acuerdo con un informe del Banco Mundial, aproximadamente 2,5 millones de individuos son impactados anualmente por catástrofes asociadas a graduales, especialmente en zonas montañosas y de climas húmedos, donde las condiciones meteorológicas extremas y acciones humanas, como la tala indiscriminada de bosques y la edificación incorrecta, empeoran la situación. (Banco Mundial, 2021).

En el ámbito nacional, Perú es particularmente susceptible a causa de su topografía montañosa, marcada por inclinaciones pronunciadas, fuertes lluvias y terrenos con características mecánicas fluctuantes. De acuerdo con el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), se contabilizaron más de 1,500 sucesos de graduales y derrumbes desde 2010 hasta 2022, impactando caminos estratégicos, comunidades y áreas de producción. Las rutas andinas son especialmente esenciales debido a su vulnerabilidad a fenómenos climáticos estacionales como el Fenómeno del Niño, que incrementan los peligros de inestabilidad en los pendientes y provocan interrupciones graves en la conexión vial.

En la región de Pasco y Huánuco, los deslizamientos de tierra constituyen uno de los riesgos geotécnicos más significativos, impactando zonas críticas de la red de carreteras. Estos graduales no solo afectan de manera adversa la capacidad de transporte, sino que también provocan pérdidas económicas vinculadas al traslado de productos y servicios. En esta zona, las temporadas de precipitaciones estacionales, sumadas a la

deforestación y las particularidades geográficas, han provocado un incremento en la incidencia de derrumbes en vías como la carretera Cerro de Pasco-Ambo-Huánuco.

De forma específica, en el tramo ubicado entre los kilómetros 369+200 y 372+400 de la vía Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco se nota una notable propensión a deslizamientos de tierra y derrumbes. Elementos del entorno como las lluvias fuertes y prolongadas, sumadas a la composición del terreno y la forma del talud, han creado condiciones de gran inestabilidad que impactan tanto en la seguridad de los usuarios como en la eficacia del transporte. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) ha informado sobre estos problemas, subrayando la importancia de intervenciones técnicas que aseguran la estabilidad de la infraestructura vial.

En este escenario, el método Erdox surge como una opción eficaz y alternativa para la estabilización de taludes. Este sistema, famoso por su adaptabilidad a diferentes condiciones geotécnicas y topográficas, ha sido efectivamente empleado en múltiples proyectos tanto internacionales como nacionales, resaltando su habilidad para fortalecer el terreno y minimizar los riesgos de inestabilidad. Su uso, sumado a simulaciones efectuadas a través del programa Slide, facilitará el análisis del comportamiento del talud bajo diversas circunstancias, ofreciendo información confiable para la toma de decisiones en el campo de la ingeniería geotécnica y civil.

El propósito de implementar el método Erdox en la sección desde el kilómetro 369+200 hasta el 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco es potenciar la estabilidad de los taludes y minimizar los peligros asociados a la inestabilidad geotécnica, asegurando de esta manera un incremento en la protección. tanto para los usuarios como para la infraestructura de las vías.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influye la aplicación del sistema Erdox en la estabilidad de talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿En qué medida influyen las propiedades mecánicas del suelo en la estabilidad del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco?
- ¿Cuáles son las propiedades del método Erdox y como contribuyen a la estabilidad del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco?
- ¿Qué impacto tiene el método de equilibrio limite en la estabilización del talud, evaluado mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco?
- ¿Cómo afecta el sistema Erdox influye en el factor de seguridad (FS) en la estabilización del talud, evaluado mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar como la aplicación del sistema Erdox influye en la estabilidad de talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar en qué medida influyen las propiedades mecánicas del suelo en la estabilidad del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.
- Describir las propiedades del sistema Erdox y cómo estos contribuyen a la estabilidad del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.
- Evaluar el impacto del método de equilibrio limite en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.
- Analizar el efecto del sistema Erdox en el factor de seguridad (FS) de la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La propuesta de estudio posee una importancia práctica considerable ya que tiene como objetivo tratar directamente un problema de inestabilidad de taludes en un tramo crucial de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco, concretamente entre los kilómetros 369+200 y 372+400. La hipótesis propone que el uso del sistema Erdox incrementa la estabilidad de los taludes, lo que posibilitaría evitar perjuicios a la infraestructura de las vías, disminuir los peligros para los usuarios y reducir los gastos relacionados con reparaciones futuras.

Al analizar el efecto del sistema Erdox a través de simulaciones en el programa Slide, se pretende evidenciar que este procedimiento es una alternativa eficaz para incrementar la seguridad y la longevidad de los taludes en situaciones geotécnicas complicadas.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta investigación aumentó el conocimiento en el campo de la ingeniería geotécnica y la estabilidad de taludes desde un punto de vista teórico. La comparación de la influencia del método Erdox con las propiedades mecánicas del suelo y el método de las dovelas proporcionó información útil sobre los elementos que influyen en la estabilidad de los taludes con relación al software Slide.

Además, se pudo evaluar la eficacia de una solución en una situación geográfica y geotécnica específica. El comportamiento de los suelos, los métodos de estabilización de taludes y el análisis de factores de seguridad fueron los fundamentos de esta investigación en ingeniería geotécnica. Al llevar a cabo esta investigación, se contribuyó al desarrollo teórico de estos conceptos.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La metodología empleada está diseñada para verificar la hipótesis de que la implementación del sistema Erdox potencia la estabilidad de los taludes. Se recolectarán datos de campo, como las características topográficas del terreno y las propiedades geotécnicas del área de análisis, que resultarán esenciales para la configuración de los modelos en el programa Slide. Esta metodología facilitará el estudio y comparación del efecto del sistema Erdox en el factor de seguridad, corroborando la hipótesis mediante simulaciones que analizan diversos escenarios. La incorporación de recursos preferidos como Slide garantiza un análisis exhaustivo y confiable, en concordancia con los estándares vigentes en ingeniería geotécnica.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El principal obstáculo del estudio fue la disponibilidad limitada de investigaciones anteriores o recientes antecedentes internacionales (últimos 5 años) vinculadas con la utilización del sistema Erdox en la estabilización de taludes. La escasez de literatura disminuyó la oportunidad de disponer de

datos comparativos extensos y referencias científicas más recientes acerca de esta tecnología.

Igualmente, dado que este estudio es de naturaleza no experimental, no se llevó a cabo una intervención en terreno ni se recolectaron datos de laboratorio tras la implementación del sistema. Por esta razón, se decidió fundamentarse en resultados y tendencias adquiridas en tesis anteriores con metodología experimental, las cuales fueron de apoyo para el modelado computacional llevado a cabo en este estudio.

Pese a estas restricciones, se consiguió enriquecer el análisis con estudios vinculados a la estabilidad de taludes, asegurando un respaldo teórico apropiado para el progreso de la investigación.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que se realizó un levantamiento topográfico y un estudio de mecánica del suelo, la investigación fue viable en términos de disponibilidad de datos. Además, el acceso a la herramienta y la capacidad de usar correctamente el software Slide garantizaron que esto fuera factible.

Adicionalmente, desde una perspectiva teórica, la investigación fue viable porque agregó y complementó los conocimientos o puntos de vista existentes sobre el método Erdox en el campo de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Coronel (2020) en su tesis: *“Estabilización de un talud compuesto por suelo expansivo incorporando ceniza volcánica”*; presentada a la Universidad Nacional de Chimborazo; el cual tuvo como objetivo analizar la estabilidad del talud formado por el suelo expansivo para mejorar sus propiedades físico-mecánicas mediante la adición de ceniza volcánica para sacar las siguientes conclusiones: Las ecuaciones de los métodos de equilibrio utilizaron variables de las propiedades del suelo. Además, las propiedades se modelaron mediante el programa SLOPE/W el talud compuesto por ceniza volcánica. Se descubrió que, para el caso más adverso, donde se requiere una sobrecarga de 72 kN / m² aplicado, el porcentaje de aumento entre el talud compuesto por un factor de seguridad del suelo (SE) en expansión y el talud compuesto por un factor de seguridad en expansión. Finalmente, con respecto a la mejora de la estabilidad aumentaron favorablemente en todos los casos y escenarios modelados, resultando en valores del factor de seguridad que superan el valor mínimo de FS por corte para el diseño de astrágulos en condiciones estáticas. Esto se debe a que los parámetros de resistencia al corte (cohesión y fricción), junto con la reducción de la h, han mejorado.

Giraldo y Orjuela (2021) en su tesis de título: *“Análisis de la estabilidad de un talud ubicado en el k1+000 de la vía Calambeo - Anzoategui en la ciudad de Ibagué departamento del Tolima”*, presentada a la Universidad Cooperativa de Colombia; la cual tuvo como objetivo analizar el talud, realizar la topografía y obtener información del suelo, para luego obtener las siguientes conclusiones: Al modelar con el software SLIDE se encontró que el punto crítico y más vulnerable a

riesgo se ubica en la sección coronaria del talud. Esto se debe al elevado cambio de tensión del pendiente y a la baja resistencia del suelo evaluado. Las numerosas pruebas de laboratorio han permitido una aproximación de los parámetros de resistencia del suelo, que son: un ángulo interno de fricción igual a $27,5^\circ$ y una cohesión de 5 KN/m^2 . Además, se determinó el tipo de pavimento mediante una prueba granulométrica y el índice de los límites de líquido (LL) y plástico (LP) según la SUCS, que lo clasificó como SC. Como resultados obtenidos del modelo realizado con el software Slide, se determinó que el talud presenta una superficie de falla ubicada en la corona (parte superior), y que el factor de seguridad oscila constantemente por debajo de uno, indicando un alto riesgo de vulnerabilidad física y finalmente los resultados del programa de diapositivas a modo orientativo, se determina que la mejor opción para la estabilidad de la salud es una terraza acompañada de un muro de contención. Esto mejora el factor de seguridad y propone un análisis de construcción por salud inestable.

Carrillo (2023) en su tesis de título: *“Análisis de estabilidad y aporte al diseño de obras de mitigación mediante la estabilización de un talud en el Barrio José Antonio Galán en el Municipio de San Gil Santander, mediante el uso del Software SLIDE”*, presentado a la Universidad Santo Tomás, la cual tuvo como objetivo de diseñar obras para mitigar y estabilizar taludes, para luego obtener las siguientes conclusiones: La clasificación del sistema de suelos no clasificados (SUCS) reveló que el tipo de suelo a tratar corresponde a arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad (CL) con el 94% del suelo restante y limos arcillosos con arenas (ML-CL) con el 6%. Para llevar a cabo el análisis de estabilidad ante movimientos en masa, se utilizaron información geológica, resultados de laboratorio y topografía. Los datos se modelaron en el software SLIDE utilizando los enfoques de Janbu, Bishop y Spencer. Los escenarios sin obras oscilaron entre 0.984 y 1.236, lo que indica que no cumplieron con la norma NSR10 (FS debe ser igual o superior un 1,5) y por ultimo los factores en los escenarios modelados con diseño de gaviones oscilan entre 1.508 y 1.867, lo que indica que cumplen con la

normativa ya mencionada, al igual que en los escenarios con obras de anclaje, donde los factores de seguridad oscilan entre 1.518y 1.847. Se puede deducir según los resultados obtenidos es viable el uso de gaviones.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Gregorio y Varillas (2021) en su tesis de título: *“Estabilidad de taludes en suelos heterogéneos, mediante sistemas de contención en la carretera Huaraz – Casma, progresiva 000+450 – Áncash, 2021”*; presentada a la Universidad Cesar Vallejo; con el objetivo de calcular la estabilidad mediante el sistema Erdox y sistema Terramesh, para posteriormente obtener las siguientes conclusiones: Se calculo que el sistema de gestión de contenidos Erdox tiene un factor global del 46,67%, de igual forma el sistema Terramesh tiene un factor global del 37,50%. En ambos, el factor global es superior al límite (mayor que 1,2), lo que indica que el sistema Erdox tiene un mayor factor global. También se determinó que el sistema de contención Erdox tiene un factor de seguridad en tensión76,74%, mientras que el sistema Terramesh tiene un factor en tensión11,89%. En ambos casos, el factor en tensión es mayor que el límite (mayor a 2), lo que indica que el sistema Erdox tiene un factor de tensión mayor y finalmente se puede concluir que el sistema de contención Erdox tiene una mayor factibilidad de construcción en términos de seguridad global, seguridad de vuelo, un aumento de capacidad del 32,37% sobre el sistema Terramesh y una reducción de capacidad del 2,83% sobre el sistema Terramesh.

Cotera (2021) en su tesis de título: *“Aplicación del sistema Erdox en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, carretera central Acopalca – Huancayo – Junín”*; presentada a la Universidad PERUANA los Andes, tuvo como objetivo establecer la influencia del Sistema Erdox en la estabilidad de taludes, para posteriormente obtener las siguientes conclusiones: Se encontró que el sistema de muro voladizo y el sistema Erdox mejoran el comportamiento del talud. Sin embargo, Erdox se comporta mejor a nivel estructural, ya que aumenta el factor contra

caídas en un 84,87%, el factor de seguridad contra deslizamiento en un 9,59% y también la capacidad de carga en un 8,42% en comparación con el sistema de pared voladizo. Se determinó que el Sistema Erdox tiene la mayor resistencia arrojando 3,34 Tn por estructura instalada y 26,29 Tn para la estructura general del sistema Muro en vuelo, esto se debe a la capacidad de Erdox de actuar como un monoancla ligero que no sobrecarga el suelo y distribuye la carga entre el anillo rígido y los cables. La tecnología de instalación de Erdox ha resultado muy eficiente y fácil de implementar, ya que consta de una estructura metálica en forma de pirámide, ligera, premontada y de rápida instalación. Su panel frontal consta de dos vigas estructurales conectadas por una placa de conexión, los centros de las vigas están conectados centralmente mediante cableado esférico.

Leonardo y Roque (2022) en su tesis de título: “*Estabilidad de taludes mediante concreto lanzado y Erdox para la transpirabilidad en la trocha carrozable Ancos – Santa Rosa, Pallasca, 2022*”; presentada a la Universidad Cesar Vallejo; tuvo como objetivo calcular la influencia mediante concreto lanzado y Erdox en la transitabilidad de la trocha carrozable, para luego obtener las siguientes conclusiones: Se obtiene con un índice de plasticidad de 8,59%, 5,78% y 12,34% y un peso específico de 1,44 g/m³. Mediante una prueba de corte directo mostró una cohesión de 0.00 kg/cm² y ángulos de fricción de 24.00°, 25.00° y 23.00° respectivamente. Los factores de seguridad de las tres partes eran naturalmente inestables. El modelado se realizó con sistemas de estabilización utilizando el sistema Erdox, parte 1-1 FS=25.85 y FS=21.03, parte 2-2 FS=27.73 y FS=23.40 y parte 3-3 FS= 12.40 y FS =10.63. Según la prueba T de Student (sig<0,01), los factores de seguridad con estabilización fueron mayores que antes y corresponden a la norma CE.020, la estabilización de pendientes con hormigón bruto y Erdox influye significativamente en la transitabilidad de la vía motorizada.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

López (2023) en su tesis de título: *“Propuesta de estabilización del talud del km 181+000 de la carretera central Huánuco–Lima, mediante el sistema Erdox”*; presentada a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán; tuvo como objetivo de determinar cómo el sistema Erdox ayudara a estabilizar los taludes y cómo afecta su aplicación al factor de seguridad global. La tesis tuvo un nivel de investigación descriptivo-correlacional y con un diseño no experimental, para posteriormente obtener las siguientes conclusiones: Para ser inestable en condiciones normales, el factor global aumenta entre un 22% y un 44% cuando está contenido por el sistema Erdox. Al cumplimiento por parte del sistema Erdox de los requisitos mínimos de seguridad en Volteo, Deslizamiento y Verificación de carga, es aplicable al tramo de la Carretera Central que comienza en el km 181+000. Finalmente, concluyó que existen relaciones entre los parámetros geotécnicos y geomorfológicos y el factor global de seguridad: la pendiente es IP al factor global de seguridad, la longitud del talud está relacionada con el factor DP y la pendiente Erdox también está relacionada con el factor IP.

Magariño (2022) en su tesis de título: *“Eficiencia en Costos y Plazos para Estabilización de Taludes con el Método ErdoX y los Métodos convencionales en el tramo de la carretera Acomayo- Pillao, progresiva 2+250 al 6+6500, distrito de Chinchao, provincia-región Huánuco-2022”*; presentada a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán; tuvo como objetivo establecer la eficacia en términos de costos y tiempos de estabilizar taludes mediante el método Erdox y técnicas tradicionales en la sección de la carretera Acomayo - Pillao, progresiva de 2+250 a 6+650, en el distrito de Chinchao. La tesis tuvo un nivel relacional, de tipo aplicada y con un diseño no experimental, para posteriormente obtener las siguientes conclusiones: Este sistema resulta bastante beneficioso para la mayoría de las situaciones donde se presenta inestabilidad en los taludes, esto se debe a varios factores positivos, como la optimización de costos en comparación con los sistemas

tradicionales (muros de contención de hormigón ciclópeo y gaviones). Finalmente, se consiguió la estabilidad de los taludes en análisis mediante los métodos convencionales y no convencionales, lo que permitió realizar un cálculo del presupuesto para la implementación de cada uno de estos sistemas. Además, se calculó el tiempo de instalación de cada uno de los sistemas sugeridos. Concluyendo que el sistema ERDOX tiene un costo más bajo en comparación con los otros sistemas estudiados y que la instalación del sistema ERDOX demanda un tiempo reducido.

2.2. BASES TEÓRICAS

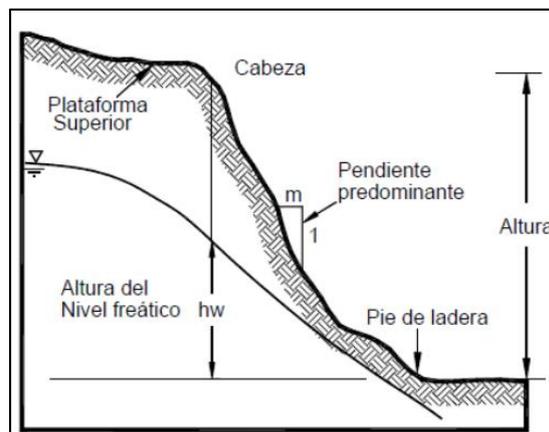
2.2.1. TALUD

Suarez (1998) sostiene que la superficie inclinada a la horizontal que adopta las masas de suelo o roca se denomina ladera o talud. Son técnicamente definidas como taludes cuando su formación actual se debió a un proceso natural y taludes cuando su formación se debió a la intervención humana.

- ✚ Los **taludes naturales** son aquellos que se han creado sin la intervención humana como resultado de procesos erosivos y se conocen como laderas.

Figura 1

Talud o ladera natural



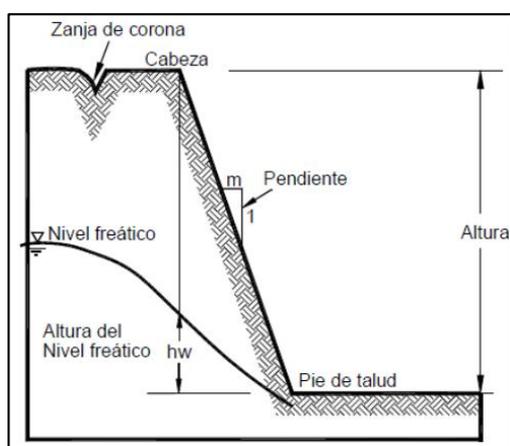
Nota. La figura muestra la forma geométrica de un talud natural.
Fuente. Suarez (1998).

✚ **Los taludes artificiales** son a consecuencia de la intervención humana en las obras ingenieriles. La formación de taludes se produce cuando se necesita una superficie plana en un área con una pendiente específica. Este proceso es común en proyectos de infraestructura o de presas, entre otros.

Los terraplenes y los cortes son dos tipos de taludes artificiales. Los cortes son el resultado de la excavación de una formación geológica, mientras que los terraplenes incluyen relleno y tienen como objetivo elevar el nivel del terreno.

Figura 2

Talud artificial



Nota. La figura muestra la forma geométrica de un talud artificial.
Fuente. Suarez (1998)

2.2.2. LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Suarez (2009) menciona que la estabilidad de los taludes es crucial para las numerosas obras de ingeniería porque garantiza la seguridad, la estética y la economía.

En el caso de obras geotécnicas viales, se analizan taludes de corte o relleno, taludes de renovación en presas y taludes de excavación en obras de construcción o vivienda para asegurar la estabilidad del suelo. El factor de seguridad se calcula uniformemente para todos los

puntos de la superficie de falla. Por lo tanto, este valor representa el peso del valor total sobre toda la superficie de error.

Cuando se establecen medidas de seguridad, prevención, control y reducción de riesgos y amenazas, un talud tiene estabilidad. Incluye los siguientes componentes:

- ✚ Para determinar el sistema adecuado para su estabilización se tienen en cuenta las características del talud estudiado.
- ✚ También se planifican los planos, el mecanismo a utilizar y otros aspectos del diseño.

2.2.3. FACTOR DE SEGURIDAD (FS)

Suarez (1998) menciona que viene a ser la relación entre la resistencia a la corte real calculada del material en la pendiente y los esfuerzos cortantes críticos que intentan causar falla en la superficie de falla potencial.

Del mismo Albino (2016) menciona que la prueba de estabilidad se obtiene determinando el factor de confianza de la pendiente. La correlación entre la resistencia al corte promedio y el esfuerzo cortante promedio en el plano de falla esperado se denomina Índice de seguridad.

Figura 3

Formula de factor de seguridad

$$FS = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}}$$

Nota. La figura muestra la relación entre la resistencia y esfuerzo.
Fuente. Suarez (1998)

Para superficies circulares con centro de rotación y momentos de resistencia y acción, FS se obtiene del cociente del momento de resistencia y el momento de acción disponibles.

La sección 7.1.1 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2012) sobre la condición de estabilización de un talud establece lo siguiente:

Al evaluar la estabilidad de la pendiente se deben considerar la mecánica del suelo, el comportamiento geodinámico, el flujo de agua, la geometría de la pendiente y la topografía circundante. El especialista debe ser responsable de analizar la condición de estabilidad del talud en relación con los requisitos estáticos (debe ser 1,5) y sísmicos (debe ser 1,25).

Tabla 1

Factores de seguridad señalados por el reglamento

NOEMA CE.020	
Condición etática	Condición sísmica
1.5	1.25

Nota. Son los coeficientes establecidos por el reglamento que se tomara en cuenta. Fuente. CE.020 (2016)

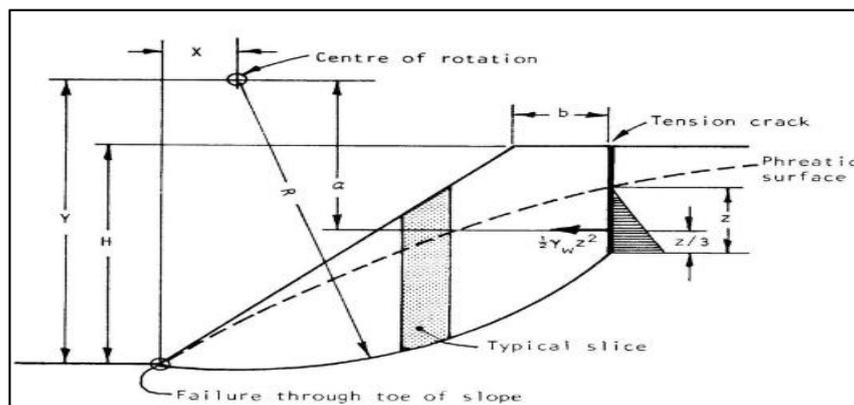
2.2.4. MÉTODO DE EQUILIBRIO LÍMITE

Suarez (1998) menciona que se basa en leyes estáticas que determinan la fuerza de una masa terrestre en buen movimiento. La conclusión de que la resistencia al corte del suelo se mueve a lo largo del plano de corte independientemente del estado de tensión o la magnitud de la deformación es una limitación importante. El movimiento del suelo cambia sus propiedades resistivas, que este tipo de modelo no puede explicar. Podemos aprovecharlo porque nos permite modelar figuras complejas de manera veloz y confiable.

Además, el suelo se divide en rebanadas perpendiculares utilizando el método del equilibrio terminado, y se calcula y analiza el equilibrio de cada rebanada.

Figura 4

Equilibrio de una rebanada mediante el método de equilibrio límite



Nota. La figura muestra la interacción de varios parámetros que influyen en una rebanada.

Fuente. Suarez (1998)

Lo cual:

- ✚ W: peso total de la rebanada g
- ✚ N: fuerza normal en el apoyo y
- ✚ S: fuerza de corte movilizadora en el apoyo y
- ✚ E: fuerzas en el plano que se movilizan d
- ✚ : fuerzas perpendiculares que se movilizan d
- ✚ A: empuje del agua externo d

De la cual podemos utilizar varios enfoques como:

- ✚ Morgenstern y Price
- ✚ Bishop Simplificado
- ✚ Spencer

Por lo tanto, para definir un sistema, se deben hacer varias suposiciones sobre la dirección, magnitud y/o dirección de las fuerzas presentes. Finalmente, utilizamos modelos prácticos de restricciones de equilibrio para resolver este sistema.

Figura 5

Enfoques del método de equilibrio límite

Método	Superficies de Falla	Equilibrio	Características
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ($\phi = 0$).
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.

Nota. La imagen muestra la variedad de enfoques donde se tomará en cuenta los enfoques de Morgenstern-Price, Bishop Simplificado y Spencer.

Fuente. Suarez (2009)

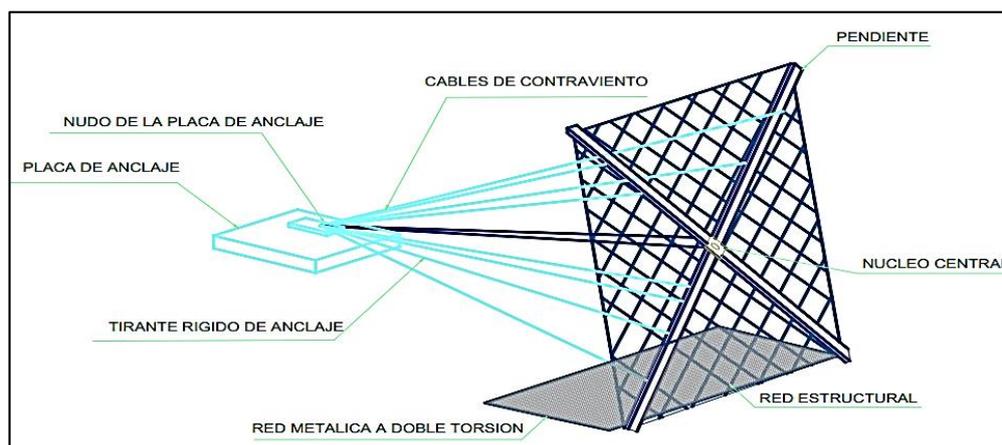
2.2.5. MÉTODO ERDOX

Betonform (2012) menciona que el sistema o método Erdox, conocido en proyectos públicos como muro anclado tipo lluvia, fue diseñado, desarrollado y luego comercializado por Betonform L.A SAC. Un muro de contención (Erdox) consta de una estructura metálica en forma de pirámide con un único anclaje. Es sencillo y fácil de montar, lo que lo convierte en una excelente opción para operaciones de emergencia.

Además, fue creado para satisfacer la necesidad de dar una solución rápida y eficaz a varios problemas asociados a los deslizamientos y la erosión, habituales e inevitables en las zonas de montaña.

Figura 6

Componentes principales del método Erdox



Nota. La figura muestra los elementos principales que hay que tener en cuenta al momento de diseñar el sistema Erdox.

Fuente. Betonform (2012)

2.2.6. CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO ERDOX

Betonform (2012) menciona que las siguientes son las principales características del sistema Erdox:

- ✚ Resistencia y estabilidad a corto plazo, es decir la infraestructura una vez instalada, el tráfico vehicular volverá a la normalidad.
- ✚ Debido a su funcionamiento piramidal, caer o voltearse no es una posibilidad que deba presentarse en este sistema. Este tipo de funcionalidad se debe a que la presión aplicada al panel frontal se transfiere al panel de hormigón a través del tirante o carril rígido y los cables de protección contra viento.
- ✚ Sin efectos inesperados ni cargas en estructuras de nivel superior. Gracias a la flexibilidad del sistema (que ofrece un único anclaje), el sistema permite ajustar varios asientos diferentes.
- ✚ En el diseño no se considera la sobrecarga hidráulica, debido a que es posible que el drenaje esté al frente del sistema para evitar fallas por saturación de material y desbordamiento de agua.
- ✚ El sistema se puede cubrirse con vegetación si las condiciones locales lo permiten, haciendo atractivo el proyecto terminado.

- ✚ La instalación del sistema Erdox y su funcionamiento tienen poca influencia negativa sobre el medio ambiente porque están fabricados con materiales locales.

2.2.7. TIPO DEL MÉTODO ERDOX

Según el uso Betonform (2012) menciona que hay cuatro tipos de uso:

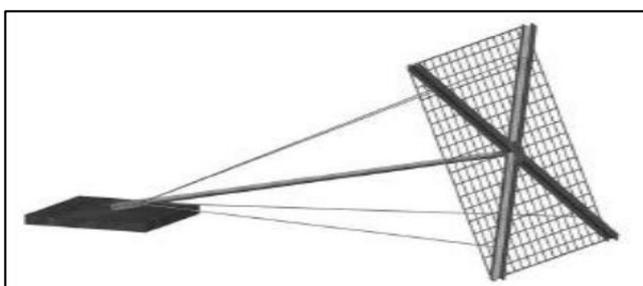
- ✚ **Erdox Tierra:** Tienen unas dimensiones estándar de 3,10 x 3,60 m, cada componente pesa alrededor de 350 kg y se utilizan para estabilizar estructuras con riesgo de caída, estructuras propensas a deslizamientos de tierra o rocas, bloqueo de escombros y muros de contención.

Asu vez se dividen o existen 2 subtipos:

- **Erdox Tierra:** Con 4 vientos y 1 placa de anclaje de hormigón con dimensiones de 1,40 x 1,40 x 0,18 m.
- **Erdox Tierra Reforzada:** Incluye 8 cables y 2 placas de anclaje del mismo tamaño (se pueden apilar o en forma de "L").

Figura 7

Sistema Erdox para tierra



Nota. La figura muestra el tipo de Erdox para tierra en una estabilización de un talud.
Fuente. Betonform (2012)

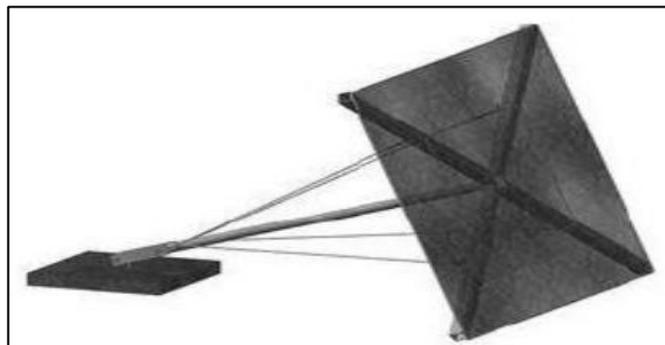
- ✚ **Erdox Junior:** Con medidas de dos metros dos metros y un peso de 120 kilogramos por unidad, se utilizan en proyectos que no requieren un sistema de alta resistencia, suelos de baja resistencia que requiere el sistema, construcciones modernas, terraplenes de canales y lagos y control de erosión.

Se considera un estabilizador con una superficie de 5 m² en pendientes inestables y puede sujetar una carga de aproximadamente 10 a 12 ton. También tiene ventajas como la facilidad de instalación y la versatilidad. Está disponible en dos variedades.

- **Erdox Junior normal:** Constan de 4 cables, su placa tiene una dimensión de 0,80 0,80 0,10 m.
- **Erdox Junior reforzado:** También constan de 4 cables, su placa tiene una dimensión de 1.15 1.25 0.18 m.

Figura 8

Sistema Erdox Junior normal

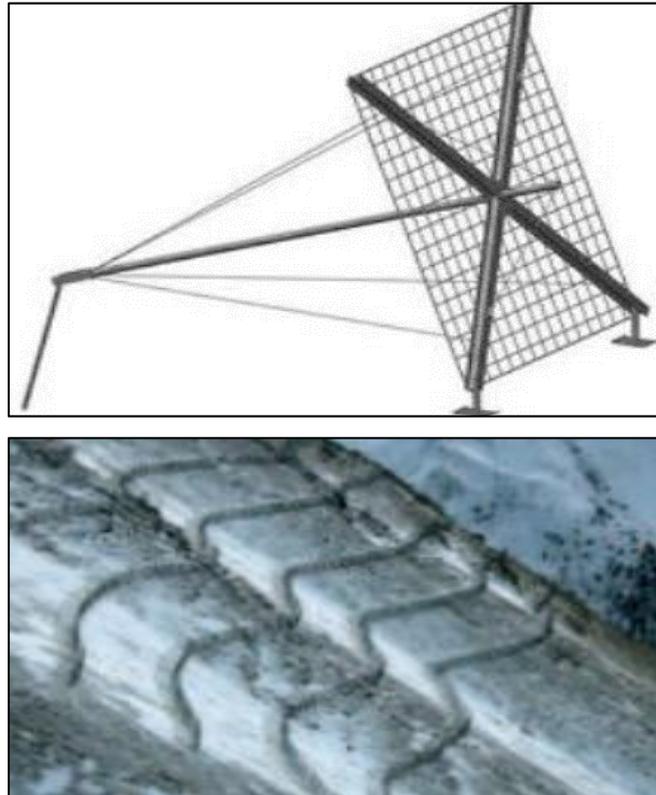


Nota. La figura muestra el tipo de Erdox Junior normal en una estabilización de un talud.
Fuente. Betonform (2012)

- ✚ **Erdox Nieve:** Este sistema está diseñado para funcionar en zonas donde las nevadas son fuertes y hay peligro de avalanchas. Como resultado, este tipo está anclado para soportar las cargas que se producen en taludes pronunciados.

Figura 9

Aplicación del sistema Erdox Nieve



Nota. La figura muestra el tipo de Erdox Nieve en una estabilización de talud con nieve.
Fuente. Betonform (2012)

- ✚ **Erdox C:** Este tipo de Erdox se usa para proteger playas o costas, incluyendo riberas y taludes donde existe riesgo de erosión. Sus ventajas, incluido el hecho de que está equipado con una armadura de madera de carbono para aumentar la durabilidad, son mejores en entornos como el mar donde hay sal, etc. químicos que dañan las estructuras.

Otro método de anclaje se puede realizar utilizando varillas de anclaje en roca cruda o suelo seco. Las varillas de anclaje se conectan a los cables metálicos en espiral mediante las abrazaderas adecuadas y

luego se fijan al suelo con una losa de hormigón integrada en el sistema (del tamaño adecuado para el proyecto).

Figura 10

Aplicación del sistema Erdox C



Nota. La imagen muestra el tipo de Erdox C en una estabilización de una orilla cercana a un río.

Fuente. Betonform (2012)

2.2.8. PROGRAMA SLIDE

Rocscience (2023) sostiene que el programa Slide, es un esquema de estabilización de gradiente equilibrado 2D. Evaluar el factor de seguridad o inestabilidad en taludes de suelo o roca, ya sea que la superficie de falla sea circular o no circular. Además, se verifica la estabilidad del curso de la carretera mediante métodos de equilibrio de corte vertical o no vertical, y también se realiza un análisis de infiltración de agua subterránea.

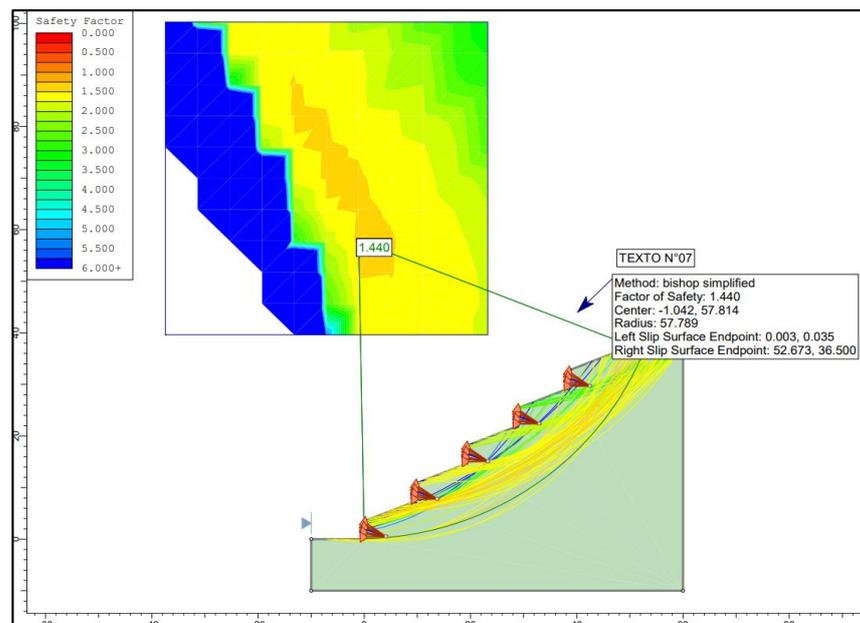
Parámetros obligatorios por ingresar al interfaz del programa:

- La geometría del talud

- Las propiedades del sistema Erdox
- Los parámetros geotécnicos:
 - ✚ La cohesión en unidades establecidas (kN/m²)
 - ✚ El peso unitario en unidades establecidas (kN/m³)
 - ✚ El ángulo interno (°)
- El análisis por emplearse:
 - ✚ Superficie de deslizamiento
 - ✚ Condiciones estáticas
 - ✚ Condición sísmica

Figura 11

Ejemplo de aplicación del método Erdox



Nota. La figura muestra la aplicación del método Erdox en el programa Slide.
Fuente. López (2023).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Estabilidad: La estabilidad de los taludes hace referencia a la habilidad de una masa de tierra o piedra para resistir el desplazamiento o la ruptura bajo la influencia de fuerzas internas y externas. Este principio abarca el estudio de elementos como la cohesión, el ángulo de fricción interna, las características mecánicas del terreno y el impacto de las condiciones del agua. (Bowles, 2022).

Talud: Un talud es una inclinación de terreno o piedra que puede provenir de forma natural o fabricada. Los taludes naturales generalmente se originan a través de procesos geológicos como la erosión o la actividad tectónica, mientras que los taludes artificiales son generados por el ser humano, como en la construcción de carreteras o en la minería. Los taludes pueden presentar inestabilidad si no se consideran aspectos como la estructura del terreno, el agua subterránea o la carga excesiva. (Bowles, 2022).

Deslizamientos: Un gradual se refiere a un desplazamiento descendente de tierra o piedra que sucede a lo largo de una superficie de fractura. Este fenómeno es habitual en zonas con pendientes pronunciadas y puede provocar desplazamientos catastróficos que impactan tanto en la infraestructura como en el entorno natural. Los progresos graduales pueden ser veloces o graduales, en función de la condición del suelo, la clase de material y las condiciones climáticas. (Bowles, 2022).

Slide V 6.0: Slide V 6.0 es un software de evaluación de estabilidad empleado en el campo de la geotecnia. Este programa emplea el método del límite de equilibrio para medir la estabilidad de los taludes y ofrece simulaciones exactas de diferentes condiciones geotécnicas. Se emplea extensamente en la creación de taludes en proyectos de ingeniería civil y minería. (Rocscience, 2023).

Factor de seguridad: El factor de seguridad es un marcador esencial en la estabilidad de los taludes, que contrasta las fuerzas que se estabilizan con las que desestabilizan. Un FS que excede 1.0 señala estabilidad, en cambio, un valor que sea inferior a 1.0 indica que el talud está en riesgo de fallar. Es esencial para garantizar la seguridad en el diseño de taludes. (Bowles, 2022).

Erdox: El método Erdox es una técnica revolucionaria que potencia la estabilidad de los taludes a través de un tratamiento que incrementa la cohesión del terreno. Su uso se fundamenta en productos que estabilizan el terreno y potencian su resistencia a los fragmentados, representando una

alternativa eficaz y asequible en comparación con otros procedimientos de estabilización. (Betonform, 2012)

Cohesión: La cohesión es la característica del terreno que define la resistencia interna de sus componentes. Es un elemento crucial en la estabilidad de los taludes, puesto que su incremento potencia la habilidad del terreno para resistir movimientos. La cohesión se ve afectada por la presencia de arcilla, el volumen de agua y la naturaleza del terreno. (Rocscience, 2023).

Ángulo de fricción interna: Este ángulo determina la capacidad del terreno para resistir la deformación ante esfuerzos de corte. Es un indicador crucial en la valoración de la estabilidad de los taludes, dado que señala la pendiente máxima de un talud antes de que el material del terreno se desplace. Generalmente, un mayor ángulo de fricción incrementa la estabilidad de un talud. (Rocscience, 2023).

Método de límite de equilibrio: La técnica del límite de equilibrio se emplea para valorar la estabilidad de los taludes, estableciendo los factores de seguridad, tomando en cuenta diversos modelos de fallo. Este procedimiento es frecuentemente empleado en la ingeniería civil por su sencillez y habilidad para valorar la estabilidad bajo diferentes condiciones de carga y resistencia del suelo. (Bowles, 2022).

Método de elementos finitos (FEM): El enfoque de elementos finitos es un método numérico sofisticado empleado para solucionar problemas de ingeniería complejos, como la estabilidad de los taludes. Esta técnica segmenta un sistema en componentes más reducidos para replicar la conducta del talud bajo distintas circunstancias, y resulta más exacto que los métodos convencionales de equilibrio límite. (Rocscience, 2023).

Simulación numérica: La simulación numérica hace referencia a la aplicación de modelos matemáticos y computacionales para anticipar el funcionamiento de sistemas complejos, como las alturas. Mediante programas como Slide y otros de elementos finitos, es posible examinar diferentes condiciones de carga y resistencia en los taludes con el fin de anticipar extendidos y otras dificultades geotécnicas. (Bowles, 2022).

Resistencia al corte: La resistencia al corte se refiere a la habilidad de un material, tal como la roca o el suelo, de resistir la deformación cuando se exponen a fuerzas de corte. Este indicador es crucial en el estudio de la estabilidad de taludes, dado que los materiales con escasa resistencia al corte tienen una mayor tendencia a cometer errores o deslizarse. (Bowles, 2022).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- **H₀:** La aplicación del sistema Erdox no influye positivamente en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.
- **H_i:** La aplicación del sistema Erdox influye positivamente en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

Objetivo Específico 1

- **H₀:** Las propiedades mecánicas del suelo no influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.
- **H_i:** Las propiedades mecánicas del suelo influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Objetivo Específico 2

- **H₀:** Las propiedades del sistema Erdox no influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

- **H_i**: Las propiedades del sistema Erdox influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Objetivo Específico 3

- **H_o**: El método de equilibrio limite no influye en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.
- **H_i**: El método de equilibrio limite influye en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Objetivo Específico 4

- **H_o**: El método Erdox no influye en el factor de seguridad de la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.
- **H_i**: El método Erdox influye en el factor de seguridad de la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

- Estabilización del talud

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Método Erdox

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
V. independiente Método Erdox	Conjunto de elementos y dispositivos de estabilización aplicados al talud (como viga metálica, panel frontal, etc.).	Propiedades del Método Erdox	Viga metálica Panel frontal Placa de anclaje Tirante metálico Cable de unión
		Factor de seguridad (FS)	FS >1.5, 1.5 (Estable) FS <1.5, 1.25 (Inestable)
V. dependiente Estabilidad de talud	Condición del talud en función de su capacidad para resistir gradualmente, medida mediante el factor de seguridad (FS).	Propiedades mecánicas del suelo	Granulometría Cohesión Ángulo de rozamiento Peso unitario
		Método de Equilibrio limite	Morgenstern y Price Bishop Simplificado Spencer

Fuente. Adaptado de Bauce et al., (2018).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Hernández et al., (2014) sostiene que una investigación aplicada tiene como objetivo resolver problemas reales y aplicar los hallazgos para solucionar situaciones reales. Su principal objetivo es resolver problemas específicos mediante la aplicación de los conocimientos teóricos.

Fue **aplicada** ya que la investigación se centró en la implementación o aplicación práctica del sistema Erdox en un contexto específico, es decir, la carretera Cerro de Pasco-Huánuco del tramo km 369+200 hasta 372+400. La aplicación del sistema Erdox tuvo una finalidad práctica y pretendía solucionar el problema de la severidad de los taludes de la zona convirtiéndolo en un estudio aplicado.

3.1.1. ENFOQUE

Hernández et al., (2014) sostiene que una investigación cuantitativa se enfoca en la recolección y análisis de datos cuantificables y numéricos. De la misma manera una investigación cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos desde una perspectiva subjetiva e interpretativa.

La investigación incluyo un enfoque mixto, tanto **cuantitativo** con **cualitativo**, en base a los objetivos trazados, implico medir el impacto de factores particulares, como las características mecánicas del suelo, las características del método Erdox y la cuantificación del factor de seguridad en la estabilidad del talud en base a la simulación en el software Slide, estos objetivos son **cuantitativos** en su naturaleza.

Sin embargo, para comprender mejor el impacto del sistema Erdox en el factor de seguridad, también se incluye un componente cualitativo. Esto permitió una comprensión más profunda de los hallazgos.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Hernández et al., (2014) sostiene que una investigación explicativa busca comprender cómo se relacionan las variables entre sí. Va más allá de la descripción para explicar por qué y cómo ocurren ciertos fenómenos.

Fue **explicativo**, ya que como el objetivo de la investigación es describir y explicar cómo influyó la simulación del método Erdox en la estabilidad del talud en un tramo de carretera específica la cual ayudaría a comprender los efectos y resultados esperados de esta técnica particular.

Por el cual se detallaron las condiciones del suelo, las características del suelo y las características del método Erdox. Luego, se utilizó el método Erdox, explicando cómo estas condiciones afectan el factor de seguridad.

3.1.3. DISEÑO

Hernández et al., (2014) sostiene que una investigación no experimental no implica las intervenciones controladas ni la manipulación deliberada de variables. Se basa en la observación de los fenómenos en su entorno natural sin experimentos controlados.

Será **no experimental**; ya que se observaron, se analizaron y se evaluaron los parámetros de taludes inestables en la simulación en el software Slide para poder comprender la situación actual relacionándolos con su factor de seguridad, en lugar de manipular deliberadamente variables intencionalmente.

En este sentido de la dirección, fue **prospectivo**, ya que se midieron y se analizaron los parámetros de los taludes inestables y sus efectos a futuro con el fin de sugerir una opción de estabilización para aumentar el factor de seguridad. El desarrollo del estudio del fenómeno fue **transversal** ya que los datos de la variable independiente se

recolectaron y se midieron una vez, y luego se determinó el factor de seguridad de la variable dependiente.

3.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1.4. POBLACIÓN

Arias (2006) conceptualiza la población como un conjunto de componentes finitos o infinitos con particularidades recurrentes o hacia aquellos que serán muy y tensos en cuanto a las conclusiones en el estudio de la investigación y la información, estas son limitado al objetivo del estudio.

Por lo que, en la investigación la población se consideró a todos los taludes km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.

3.1.5. MUESTRA

Arias (2006) de igual manera conceptualiza como una subconjunción característica y terminada que se e trae o e trae de una ciudad o población accesible.

Por lo tanto, la selección del tramo km 370+300 se realizó en base a una inspección técnica preliminar de campo, donde se observó que este sector presentaba condiciones topográficas y geotécnicas más críticas en comparación con el resto del tramo (km 369+200 al 372+400), como mayores pendientes y evidencia de procesos de inestabilidad. Por este motivo, el levantamiento topográfico se ejecutó exclusivamente en el entorno del km 370+300, considerando que este representa de manera significativa las condiciones más desfavorables de todo el tramo en estudio.

La muestra fue elegida mediante un **enfoque no probabilístico**, tomando el tramo más crítico de la carretera. Para obtener un análisis preciso de las propiedades del suelo, se realizaron 3 calicatas en este tramo, proporcionando los datos necesarios para evaluar la estabilidad

del terreno y ejecutar simulaciones con el programa Slide, con el fin de analizar la influencia del sistema Erdox en la estabilidad. del talud.

3.2 TÉCNICOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1.6. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas: La observación fue utilizado como técnica en el proyecto de investigación.

- **La observación:** Arias (2006) menciona que la observación es una técnica para registrar sistemáticamente los comportamientos, eventos o situaciones del objeto de estudio. Puede hacerse de forma participativa o no participativa.
 - Observación en el área del tramo de carretera para obtener datos sobre las condiciones topográficas.

Instrumentos: Arias (2006) considera el instrumento a aplicar los medios materiales que se utilizan para la recopilación de cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital) que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información, tales como:

- ✚ Fichas del ensayo de laboratorio:
 - Ensayo granulométrico
 - Ensayo de limite líquido
 - Ensayo de contenido de humedad
 - Ensayo de limite plástico
 - Ensayo de corte directo

3.1.7. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Los siguientes se utilizaron para presentar los datos de la investigación:

- ✚ **Gráficos:** Se utilizo un gráfico de barras realizadas en Excel para ilustrar visualmente los factores de seguridad obtenidos

por el método de enfoque de dovelas en condiciones estáticas y sísmicas.

✚ **Tablas:** Se utilizó tablas de doble entrada realizadas en Excel para facilitar la comprensión de los resultados de los factores de seguridad para las condiciones estáticas, sísmicas y la comparación entre los enfoques que se emplearon.

✚ **Mapas:** Para representar visualmente la topografía del área de estudio y la ubicación del perfil o trama en estudio, se utilizó el software Civil 3D.

3.1.8. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Respecto a la interpretación de los datos se utilizó lo siguiente:

- **Recolección de Datos (Cuantitativo):** Para realizar un análisis cuantitativo de la estabilidad de los taludes en el tramo km 370+300 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco, se empleó el programa Slide. Esto implicó incluir datos geotécnicos específicos, como las propiedades del suelo y la topografía del sitio, en el programa Slide. La cual permitió obtener los factores de seguridad cuantitativos, que fueron datos cruciales para la investigación.
- **Análisis:** Los datos que se obtuvieron en el análisis del talud tanto antes como después de la aplicación del método Erdox se obtuvieron en el programa Slide. Para evaluar de manera objetiva la influencia del sistema en la estabilidad del talud, se utilizó estos datos para realizar análisis de comparaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Se utilizó la Estación Total para realizar el levantamiento topográfico en el km 370+300, considerado como el sector más crítico tras una visita técnica de campo al tramo completo, priorizando así el análisis en el punto más representativo de inestabilidad:

Tabla 3

Coordenadas UTM del levantamiento topográfico del lugar de estudio

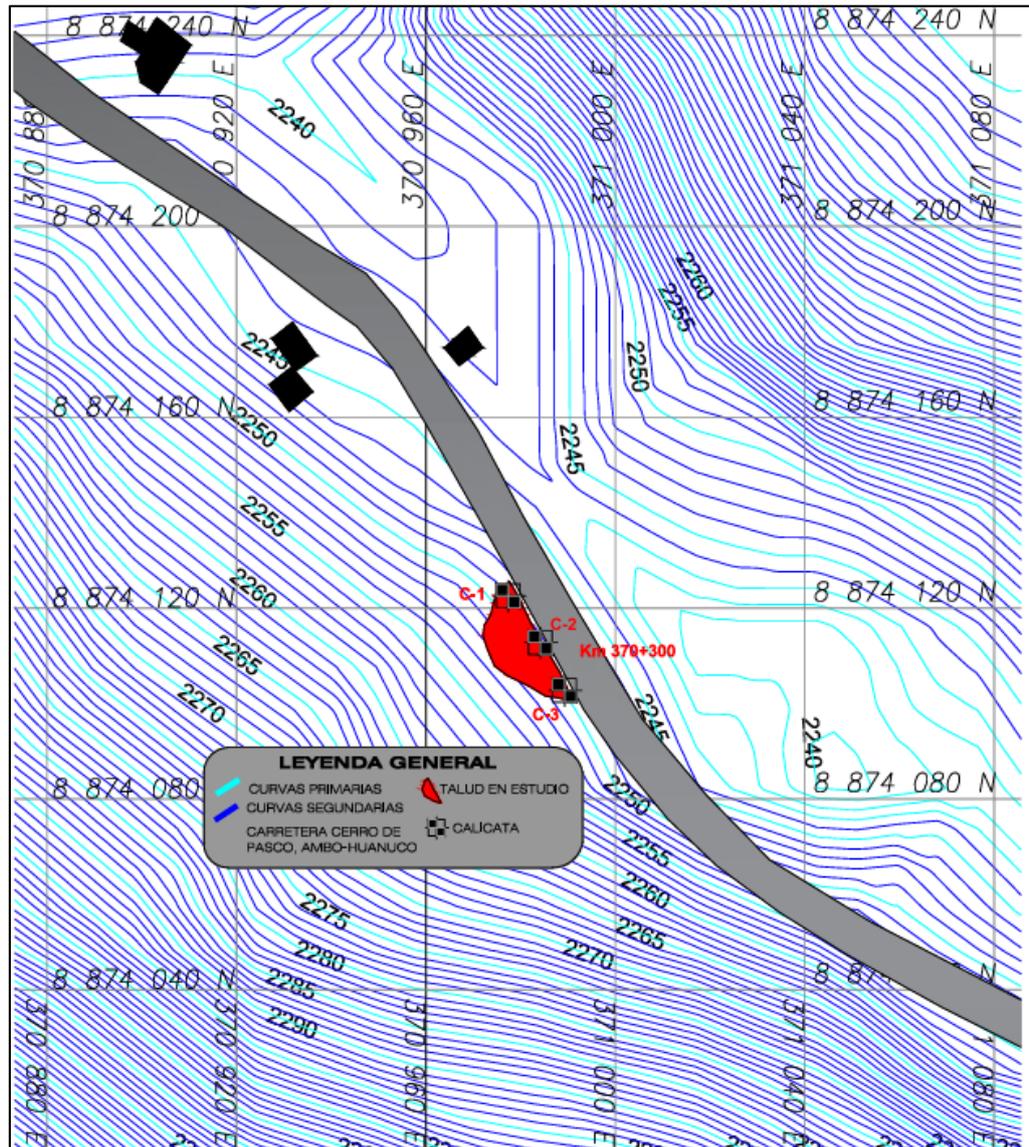
	Punto	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m)	Nombre
BM-1	1	370833.700	8874230.200	2250.200	
	2	370864.600	8874202.900	2254.500	
	3	370876.600	8874191.100	2255.300	
	4	370915.700	8874150.900	2256.700	
	5	370928.500	8874136.400	2258.200	
	6	370955.700	8874102.700	2261.900	
	7	370972.000	8874082.100	2261.500	
	8	370993.800	8874057.800	2269.400	
	9	371018.900	8874032.100	2277.900	
	10	371078.000	8874007.200	2284.500	
	11	371092.700	8874042.800	2266.200	
	12	371049.600	8874066.400	2257.500	
	13	371019.000	8874096.900	2250.800	
	14	370999.600	8874128.200	2253.900	
	15	370985.400	8874156.300	2253.700	Talud
	16	370960.800	8874188.500	2251.600	
	17	370928.500	8874217.700	2245.000	
	18	370902.000	8874234.600	2243.800	
	19	370866.100	8874255.600	2241.200	
	20	370847.900	8874240.700	2245.900	

21	370875.500	8874217.500	2249.500	
22	370905.300	8874194.200	2249.500	
23	370937.700	8874158.000	2252.800	
24	370956.500	8874126.200	2258.100	
25	370984.400	8874087.100	2257.700	
26	371005.700	8874063.000	2263.600	
27	371029.800	8874042.600	2271.300	
28	371063.100	8874024.700	2277.600	
29	371076.700	8874033.400	2272.000	
30	371057.100	8874041.600	2269.600	
31	371032.900	8874056.500	2263.600	
32	371008.900	8874079.100	2253.900	
33	370993.500	8874099.200	2255.200	
34	370973.500	8874133.000	2255.800	
35	370959.300	8874159.200	2253.000	
36	370946.300	8874177.600	2249.700	
37	370925.800	8874194.700	2246.400	
38	370886.900	8874220.800	2247.600	Carretera
39	370860.000	8874240.000	2245.400	
40	370864.600	8874245.600	2243.700	
41	370911.300	8874213.600	2245.800	
42	370944.900	8874190.200	2249.400	
43	370967.300	8874162.800	2252.700	
44	370979.500	8874140.700	2254.800	
45	370998.000	8874107.900	2254.200	
46	371018.700	8874082.700	2250.100	
47	371038.500	8874065.600	2258.500	
48	371051.700	8874056.700	2262.300	
49	371078.800	8874043.700	2266.900	

Nota. El levantamiento topográfico fue realizado únicamente en el entorno del km 370+300, considerado el tramo más crítico dentro del sector comprendido entre los kilómetros 369+200 y 372+400, de acuerdo con los resultados de la inspección técnica de campo. Las coordenadas UTM corresponden a los puntos georreferenciados recolectados mediante el uso de estación total, y sirvieron como base para la elaboración del perfil topográfico y la modelación geotécnica del talud en estudio.

Figura 12

Topografía alrededor del km 370+300



Nota. La imagen muestra la topografía obtenida en el tramo km 370+300, el cual fue seleccionado como área de análisis debido a que, durante la inspección técnica de campo, se identificó como el sector más crítico por su inclinación pronunciada y signos visibles de inestabilidad. Esta información fue fundamental para el modelado y análisis de estabilidad del talud en el presente estudio.

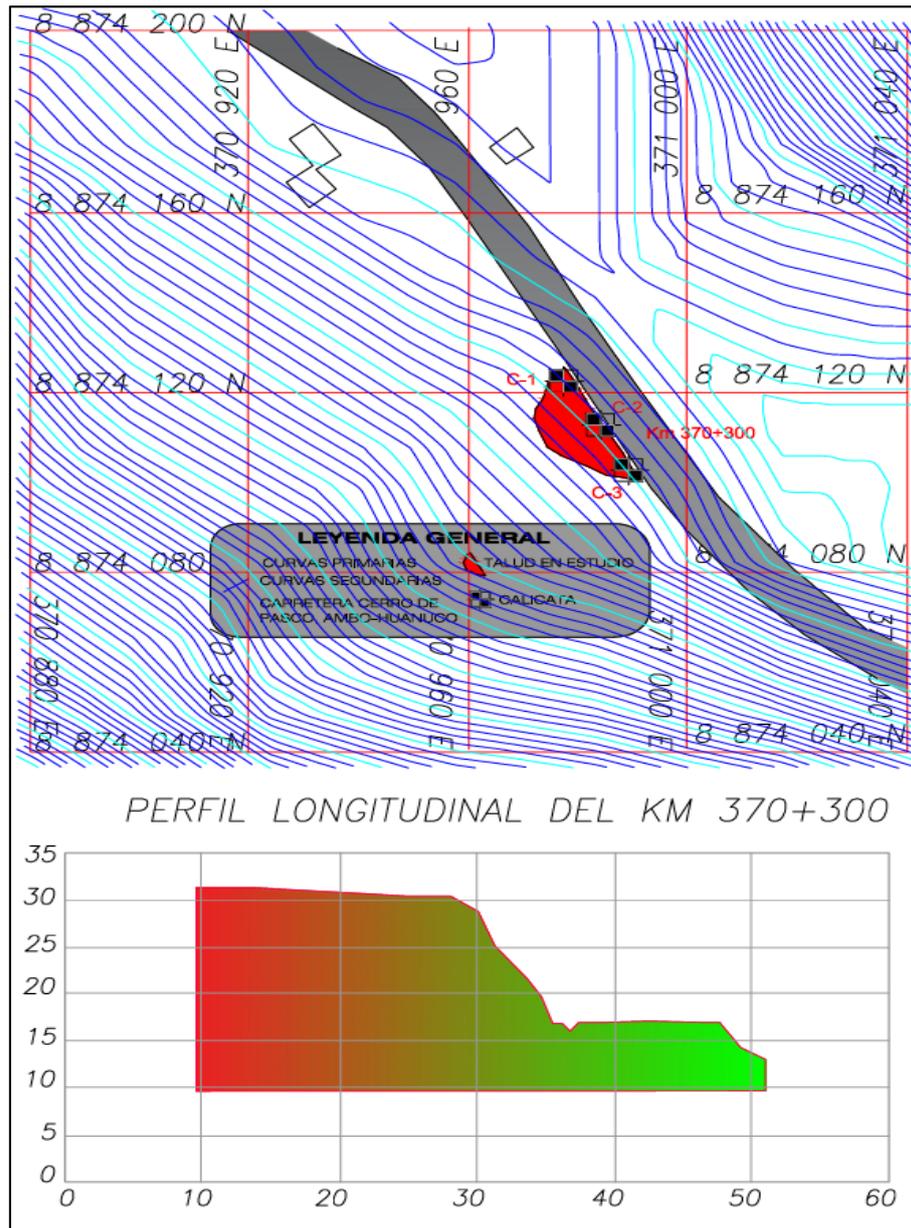
Tabla 4*Las coordenadas del perfil del talud en el km 370+300*

Puntos		Y
1	13.6506	31.5253
2	9.50589	31.5253
3	9.50589	9.67222
4	50.9617	9.67222
5	50.9617	13.0444
6	49.2198	14.4366
7	48.5497	15.5131
8	48.2015	16.2745
9	47.7102	16.9548
10	46.1457	17.0084
11	42.6457	17.0084
12	38.9686	17.0084
13	37.4093	16.9219
14	36.7242	16.5568
15	36.4883	16.9219
16	35.9808	16.9219
17	35.5648	16.9219
18	34.7191	19.7782
19	33.7657	21.6648
20	31.3112	25.2349
21	30.0915	28.9476
22	28.0614	30.5089
23	24.8815	30.6824
24	21.7665	30.7702

Nota. Se observa las coordenadas en los ejes "X" e "Y" del talud en estudio para poder introducirlo en el programa geotécnico y modelar el talud.

Figura 13

Perfil longitudinal del talud critica km 370+300



Nota. Se observa el perfil del talud km 370+300 realizado en el programa Civil 3D, en relación con la pendiente critica. Fuente. Elaboración propia.

Tabla 5

Características del talud tramo km 370+300

Características	Dimensión
Pendiente Prom. (°)	61.25°
Distancia Vertical (m)	14.60
Distancia Horizontal (m)	26.60

Nota. Se observa las dimensiones del talud en estudio obtenido del programa Civil 3D, donde estas dimensiones se introdujeron al programa de análisis.

4.1.2. PROPIEDADES DEL SUELO

Los parámetros geotécnicos resultantes del estudio de mecánica del suelo llevados a cabo por la calicata C-1 en la altura del km 370+300 se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 6

Clasificación SUCS de las 3 muestras del talud km 370+300

Parámetro	C-1 (h=1.50m)	C-2 (h=1.50m)	C-3(h=1.50m)
Clasific. SUCS	GC	GC	GC
Descripción	Grava arcillosa	Grava arcillosa	Grava arcillosa

Nota. Se observa las muestras de la calicata C-1, C-2 y C-3 y los ensayos de granulometría el suelo es Grava arcillosa (GC) mediante la clasificación SUCS, se observa mejor en el ANEXO 4.

Tabla 7

Características de resistencia del suelo de las 3 muestras del talud km 370+300

Parámetro Geotécnicos	C-1 (h=1.50m)	C-2 (h=1.50m)	C-3(h=1.50m)
Cohesión	26.58 kN/m ²	26.38 kN/m ²	26.49 kN/m ²
Angulo de fricción Interna	36.12°	36.31°	36.23°

Nota. Se observa que en base a los ensayos de Corte Directo de la muestra analizada de la calicata C-1, C-2 y C-3; la cohesión y ángulo convertidos en unidades correspondiente al programa geotécnico, se observa mejor en el ANEXO 4.

Tabla 8

Peso específico del talud de las 3 muestras del km 370+300

Parámetro Geotécnicos	C-1 (h=1.50m)	C-2 (h=1.50m)	C-3(h=1.50m)
Peso específico	20.17 kN/m ³	20.15 kN/m ³	20.08 kN/m ³

Nota. Se observa que en base al ensayo de las 3 muestras analizada de la calicata C-1, C-2 y C-3 en peso unitario convertidos en unidades correspondiente al programa geotécnico, se observa mejor en el ANEXO 4.

Tabla 9

Propiedades promedio de las 3 muestras del km 370+300

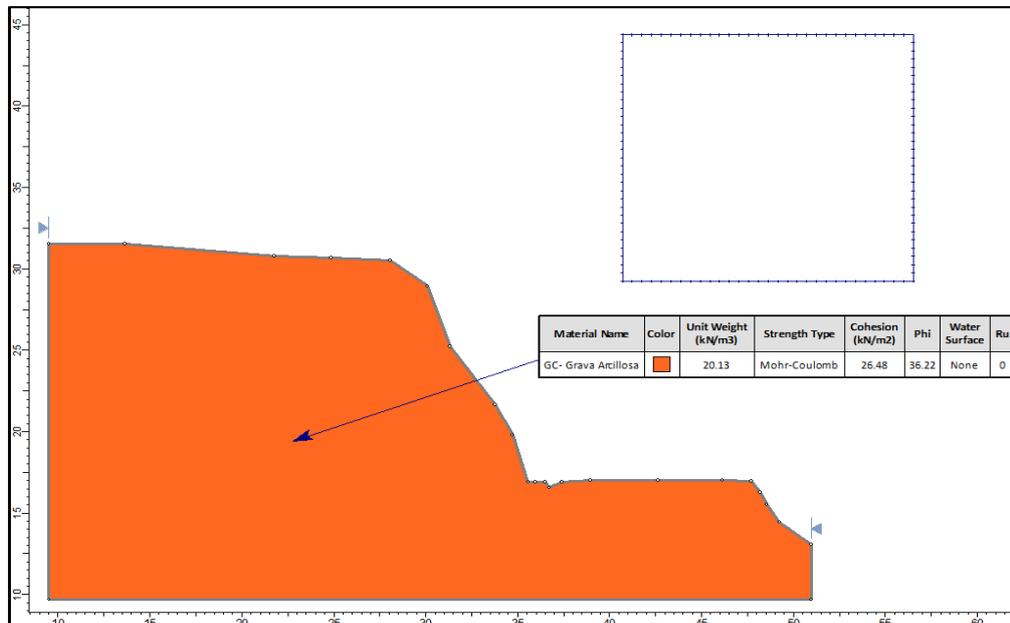
Parámetro Geotécnicos	Promedio
Cohesión	26.48 kN/m ²
Angulo de fricción Interna	36.22°
Peso específico	20.13 kN/m ³

Nota. Se observa que en base al ensayo de las 3 muestras analizada de la calicata C-1, C-2 y C-3 se obtuvo un valor representativo para esas propiedades geotécnicas, lo cual ayuda a obtener un análisis más robusto y confiable.

4.1.3. MODELACIÓN DEL TALUD DEL KM 370+300 EN EL PROGRAMA SLIDE

Figura 14

Modelado de la transversal del talud km 370+300 en programa Slide



Interpretación: Se muestra modelado la geometría externa del perfil del talud km 370+300, modelada en la interfaz del programa Slide, con sus respectivas medidas horizontal y vertical.

Figura 15

Opciones de análisis del programa Slide

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
- Janbu simplified
- Janbu corrected
- Lowe-Karafiath
- Ordinary/Fellenius
- Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Interpretación: El programa Slide ofrece 7 métodos de análisis y se utilizó todos para tener una mejor perspectiva de los factores de seguridad, además el número de las dovelas fueron 25.

Figura 16

Configuración de los parámetros geotécnicos promedios del talud km 370+300

GC- Grava Arcillosa

Name: Colour: Hatch:

Unit Weight: kN/m³ Saturated U.W. kN/m³

Strength Type: $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters

Cohesion: kN/m² Phi: degrees

Interpretación: La figura muestra las asignaciones de peso específico (kN/m³), cohesión (kN/m²) y ángulo de fricción interna (°) con sus respectivas unidades.

4.1.4. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD KM 370+300 SIN LA APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX

Figura 17

Factor Mediante Bishop en Condición Normal

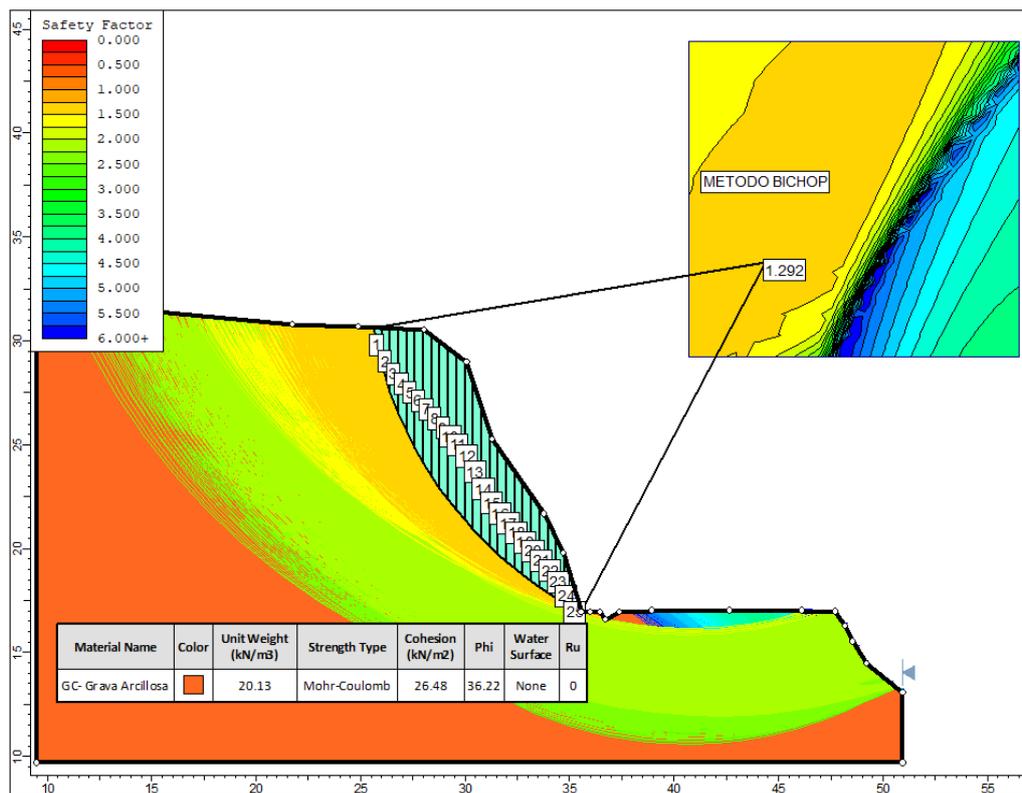


Figura 18

Factor Mediante Fellenius en Condición Normal

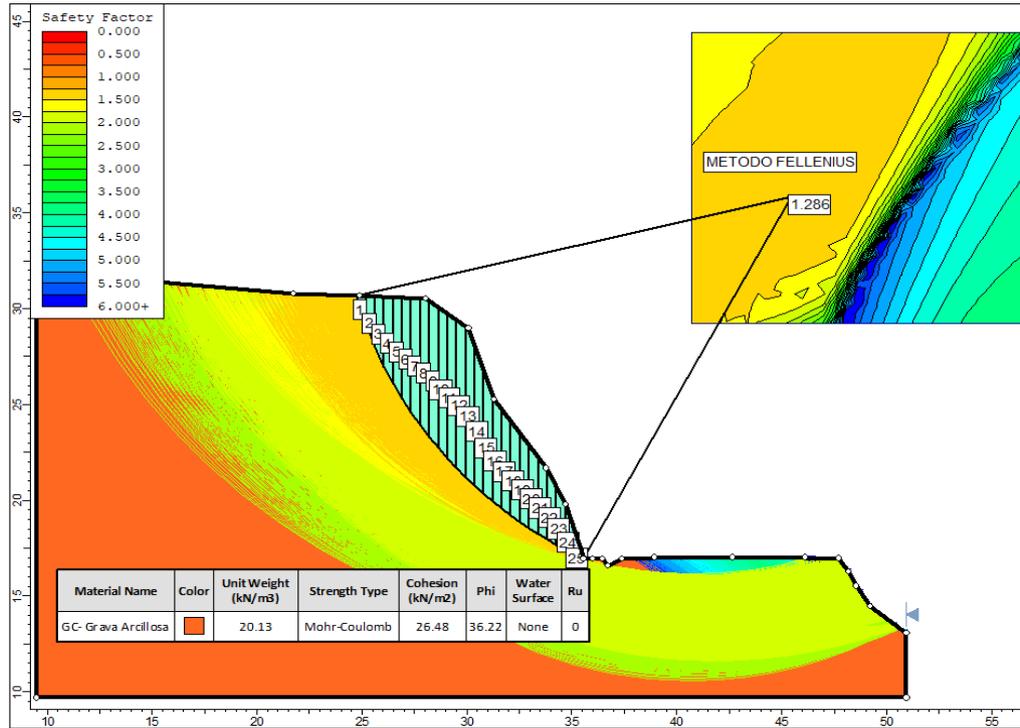


Figura 19

Factor Mediante Janbu Simplificado en Condición Normal

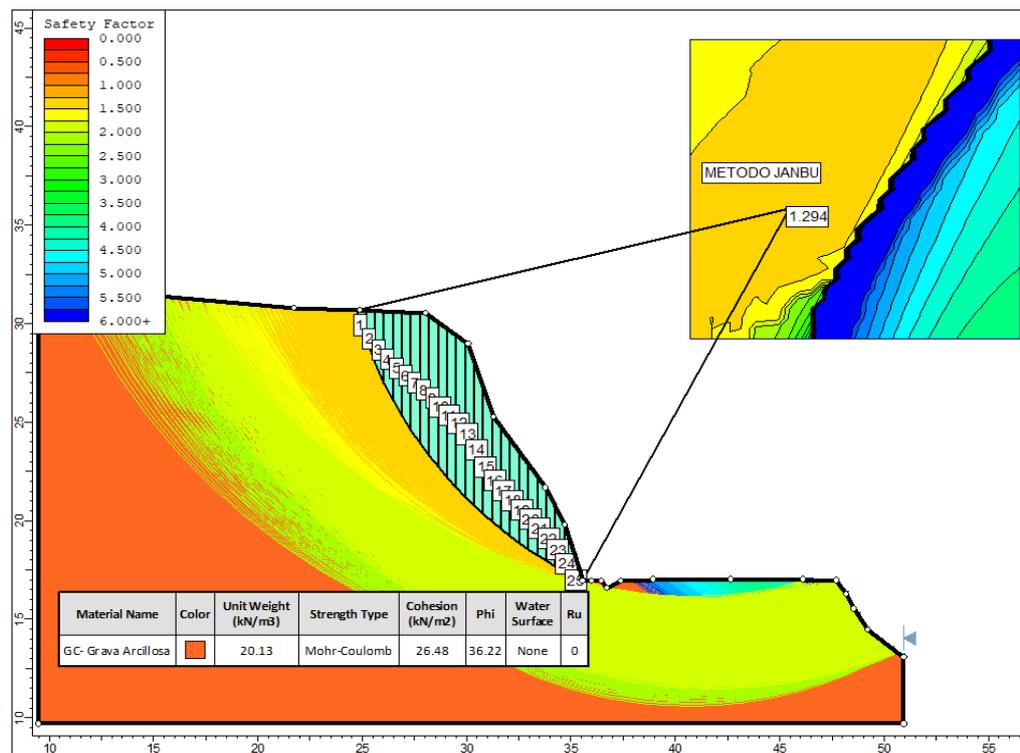


Figura 20

Factor Mediante Janbu Corregido en Condición Normal

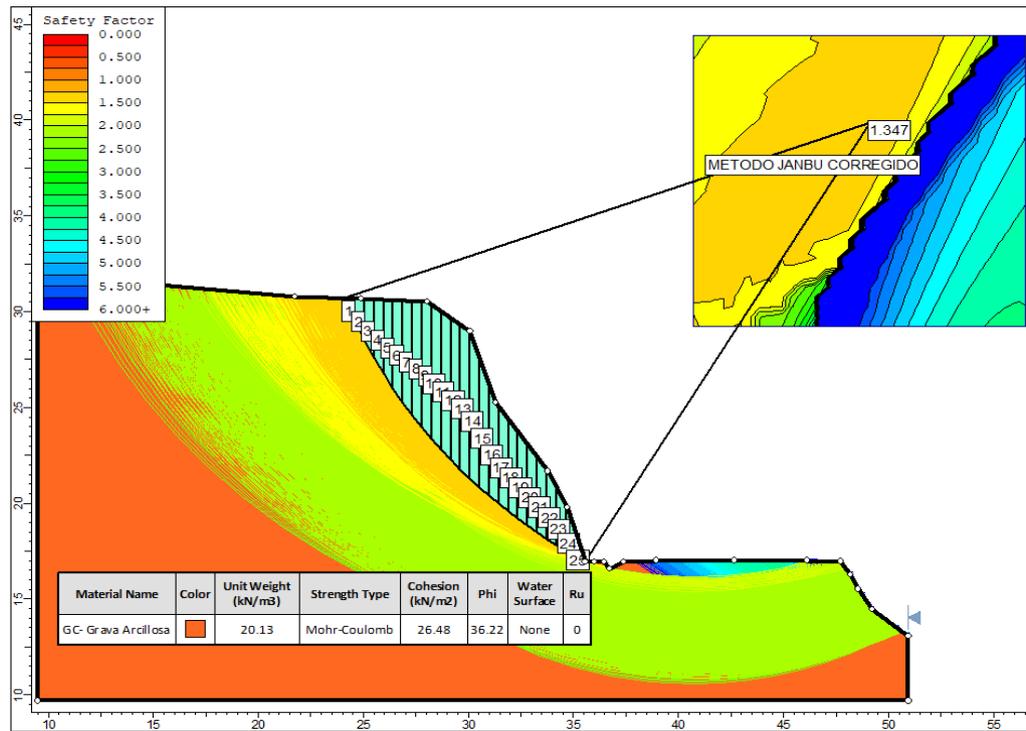


Figura 21

Factor Mediante Spencer en Condición Normal

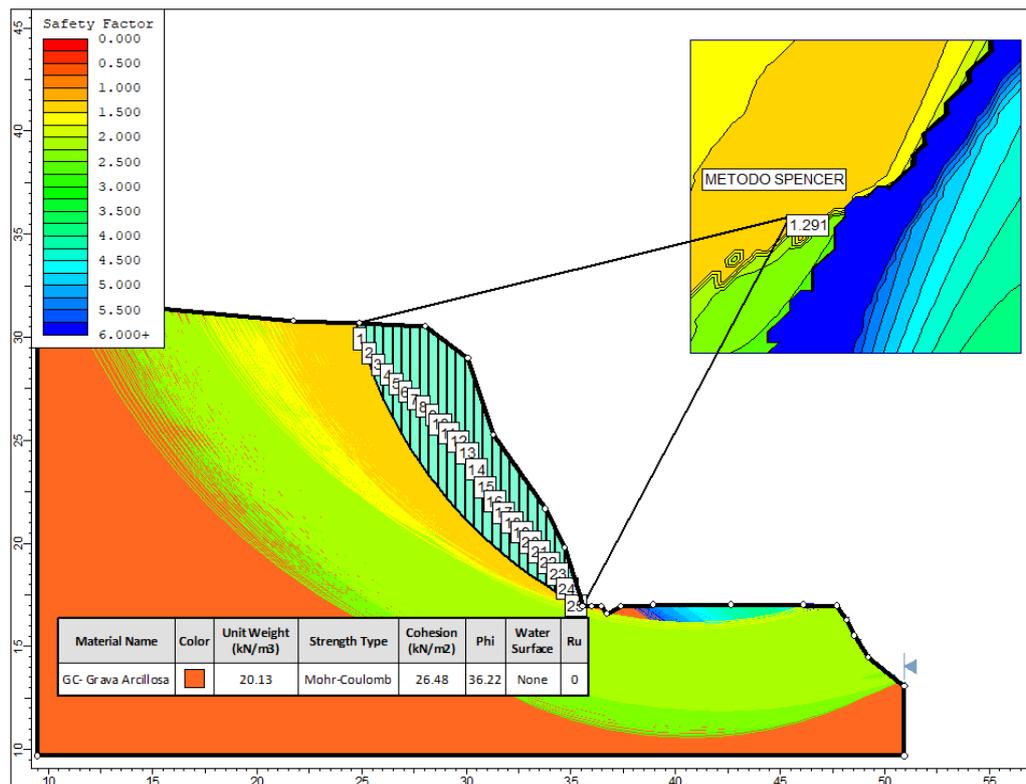


Figura 22

Factor Mediante Morgenstern-Price en Condición Normal

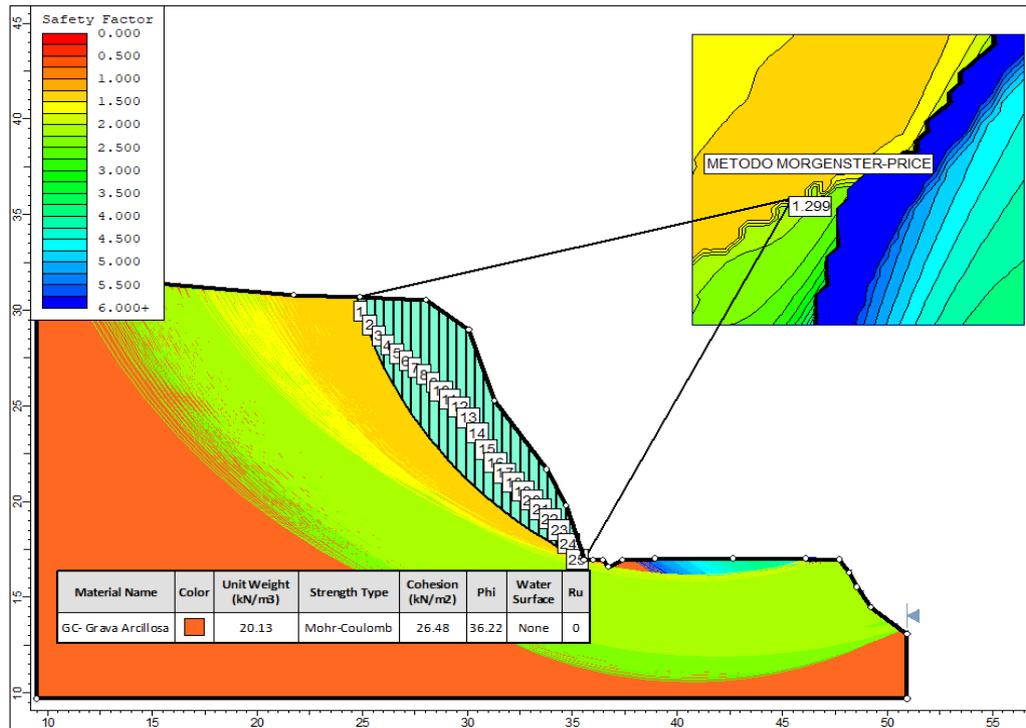
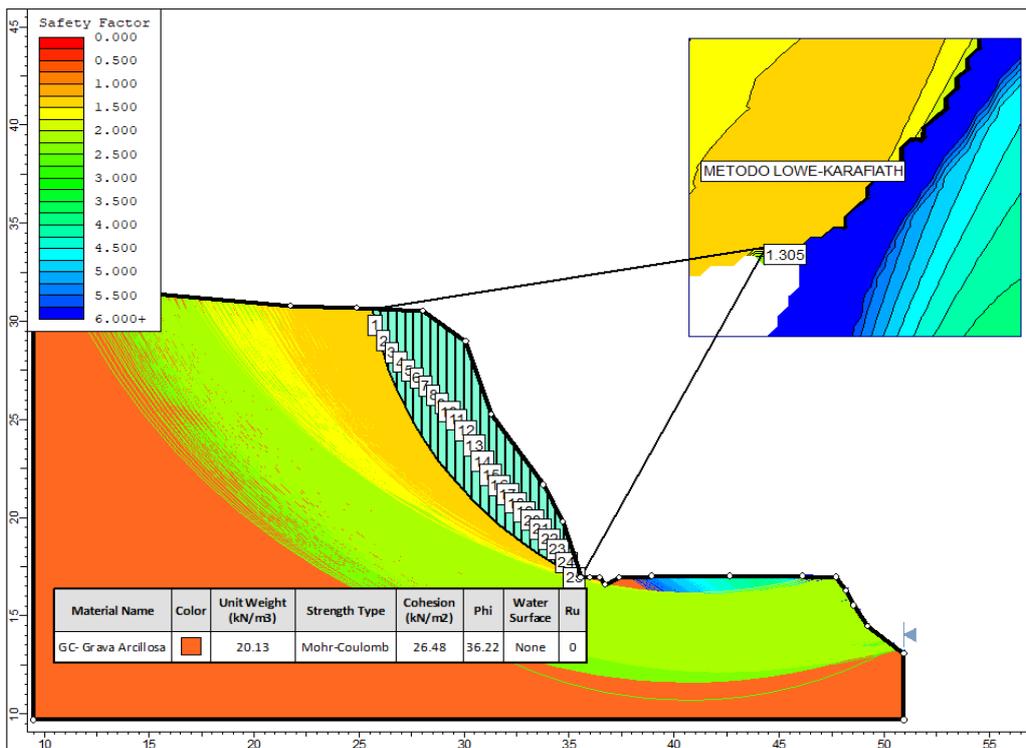


Figura 23

Factor Mediante Lowe-Karafiath en Condición Normal



Interpretación: De la figura 19 hasta la figura 25 se muestra el talud km 370+300 analizado por los 7 métodos que ofrece el programa

Slide, en base al método Equilibrio Limite, la cual se dividió en 25 rebanadas o tajadas para el análisis.

Se determina un factor de 1.292 por Bishop; un factor de 1.286 por Fellenius; un factor de 1.294 por Janbu Simplificado, un factor de 1.347 por Janbu Corregido, un factor de 1.291 por Spencer, un factor por 1.299 Morgenstern-Price y un factor de 1.305 por Lowe-Karafiath.

Tabla 10

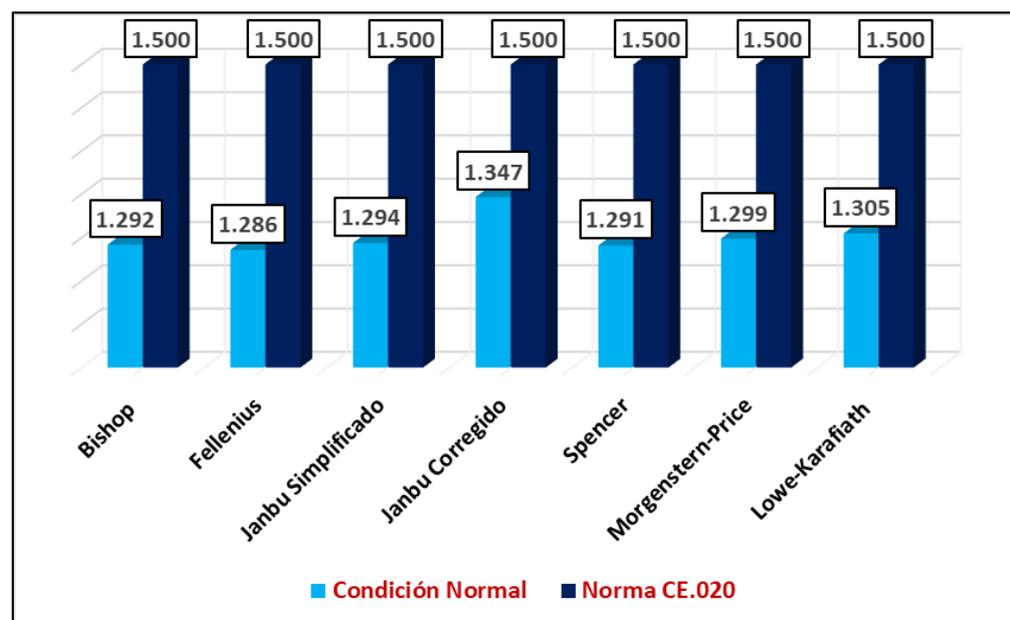
Síntesis de los Coeficientes de Resistencia en Condición Normal Sin el Método Erdox

Método	Condición Normal	FS mín.	FS máx .	Prom.	Norma CE.020
Bishop	1.292				1.500
Fellenius	1.286				1.500
Janbu Simplificado	1.294				1.500
Janbu Corregido	1.347	1.286	1.347	1.302	1.500
Spencer	1.291				1.500
Morgenstern-Price	1.299				1.500
Lowe-Karafiath	1.305				1.500

Nota. Se observa la tabla con el resumen de los 7 métodos que el programa Slide tiene en su interfaz, la cual obtenemos el mínimo (1.286), máximo (1.347) y promedio (1.302) en base a la comparación de la Norma (1.500).

Figura 24

Gráfico de comparación de los factores sin la Aplicación del Método Erdox



Interpretación: Se muestra el gráfico de columnas agrupadas en 3D sobre los factores calculados por los 7 métodos en base al método

del Equilibrio Limite en condiciones normales sin el impacto del Sistema Erdox, donde resulta un mínimo factor de 1.286 por el método Fellenius y un factor máximo de 1.473 por el método Janbu Corregido que en comparación con lo que estipula la Norma está por debajo de 1.500.

4.1.5. DIMENSIONES DEL MÉTODO ERDOX

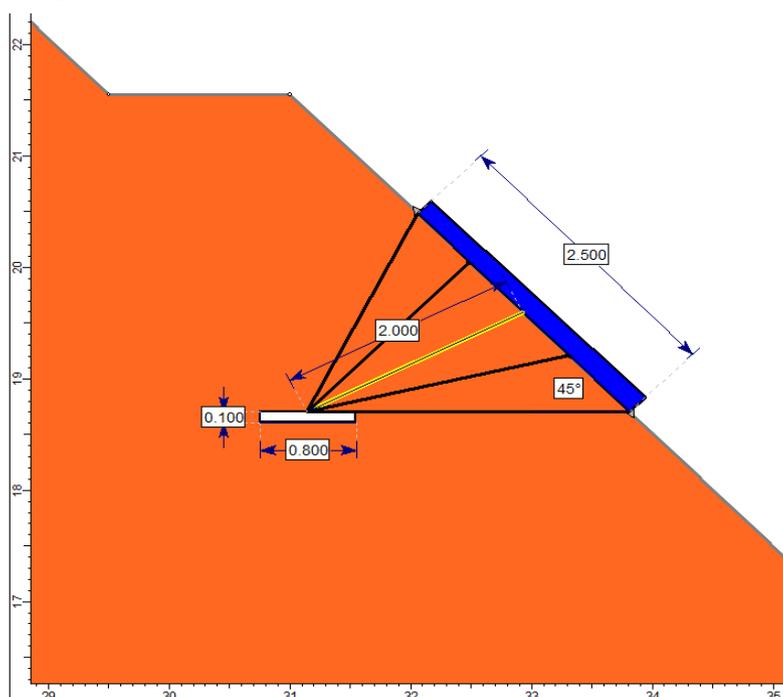
El elemento Erdox es una estructura piramidal de acero flexible con un peso neto significativamente bajo. Después de la construcción, el anclaje toma la forma de un paraguas mediante un perno que se coloca en la losa de base o en el ancla. Resulta que este sistema es bastante flexible y adaptable.

Dimensiones:

Para el predimensionamiento se utilizó el Sistema Erdox Junior de 2.50mx2.00m con una placa prefabricada de 0.80mx0.80m x0.10m

Figura 25

Dimensión asignadas de Erdox Junior en el talud de estudio



Interpretación: Se observa las dimensiones del Erdox Junior utilizadas en el programa Slide son de 2.50 metros por 2.0 metros, con un peso de 120 kilogramos por unidad y una resistencia a cargas de 10

a 12 toneladas. Tiene cuatro cables de contraviento y una placa de anclaje de 0,80 metros por 0,8 metros por 0,1 metros. Además, las propiedades del método Erdox ayudan a mejorar la cohesión del suelo y aumentar el ángulo de fricción cuando es compactado.

4.1.6. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD KM 370+300 CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX

Figura 26

Factor Mediante Bishop Con Aplicación del Sistema Erdox

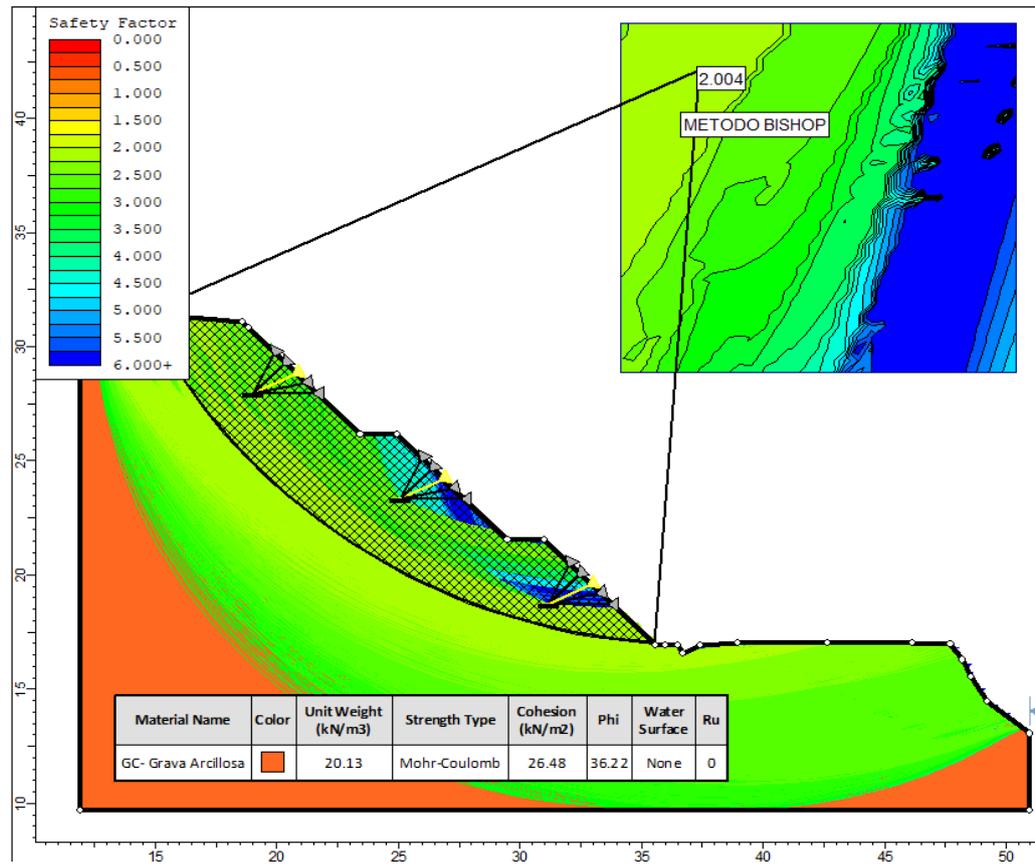


Figura 27

Factor Mediante Fellenius Con Aplicación del Sistema Erdox

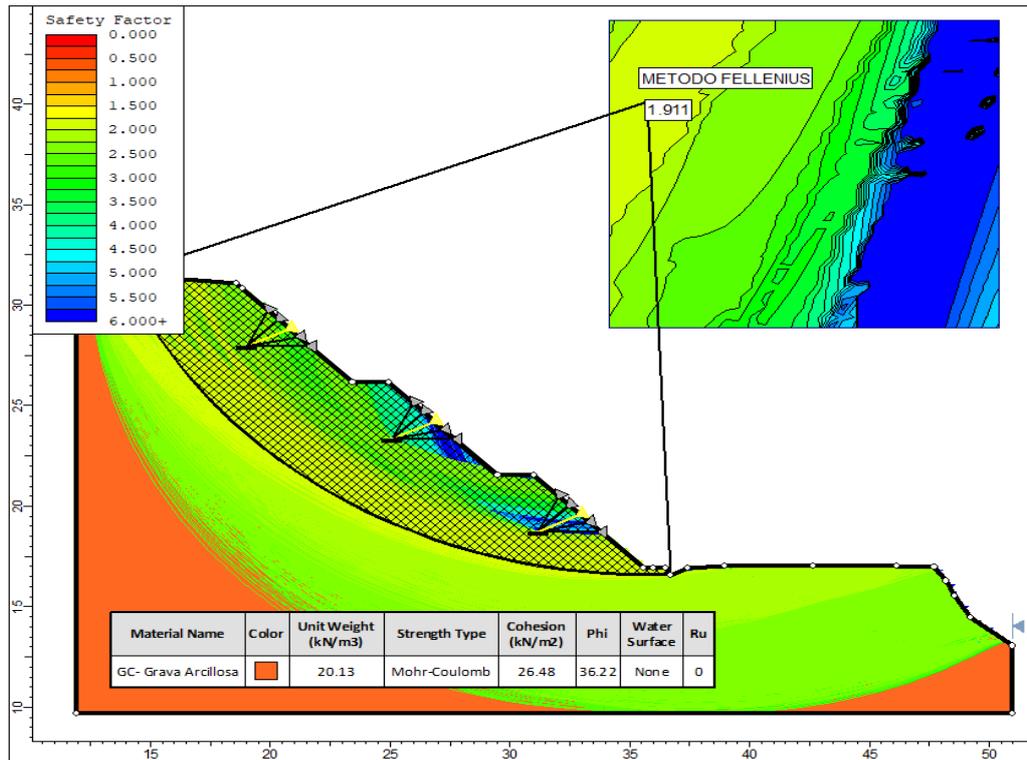


Figura 28

Factor Mediante Janbu Simplificado Con Aplicación del Sistema Erdox

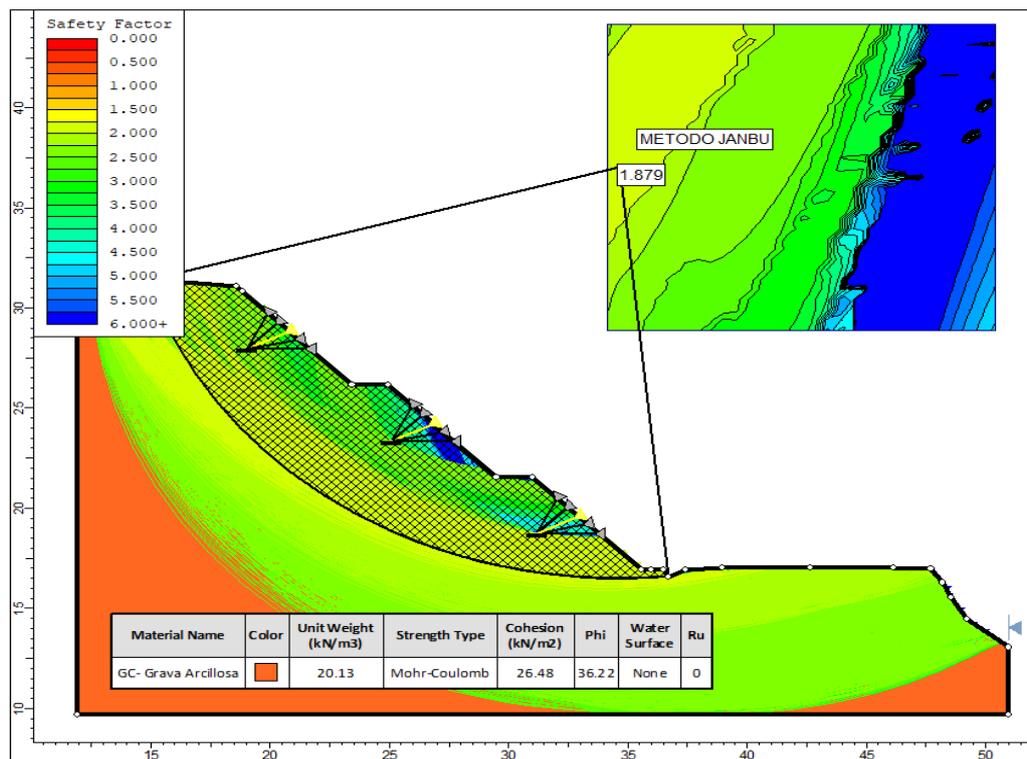


Figura 29

Factor Mediante Janbu Corregido Con Aplicación del Sistema Erdox

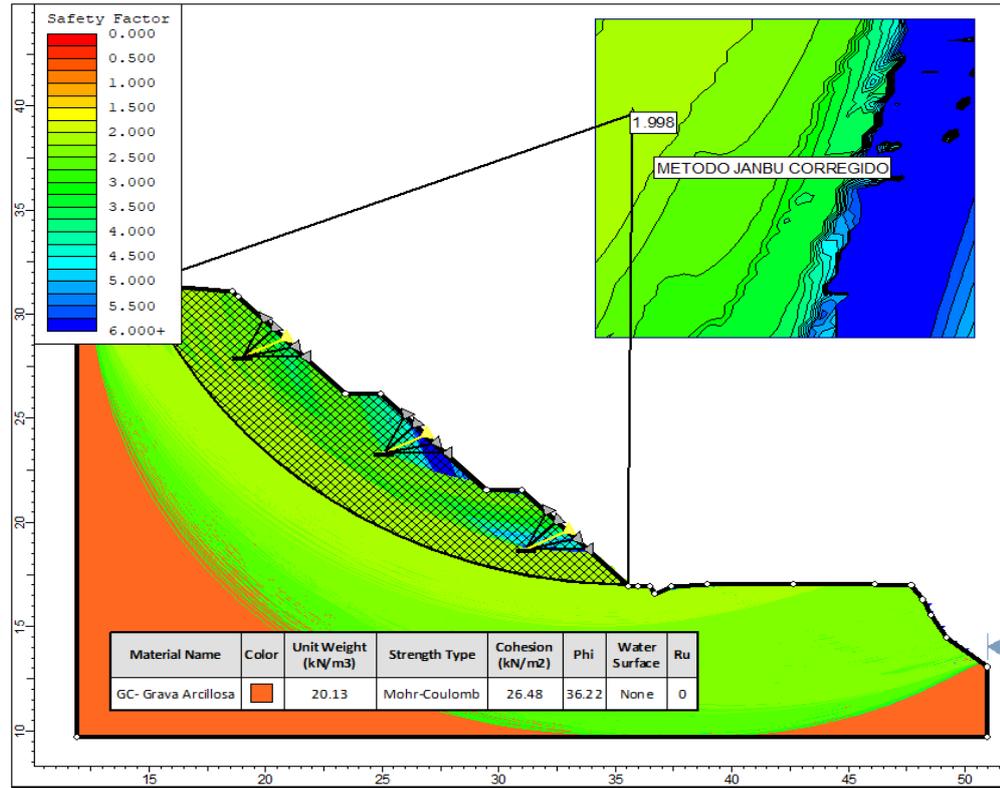


Figura 30

Factor Mediante Spencer Con Aplicación del Sistema Erdox

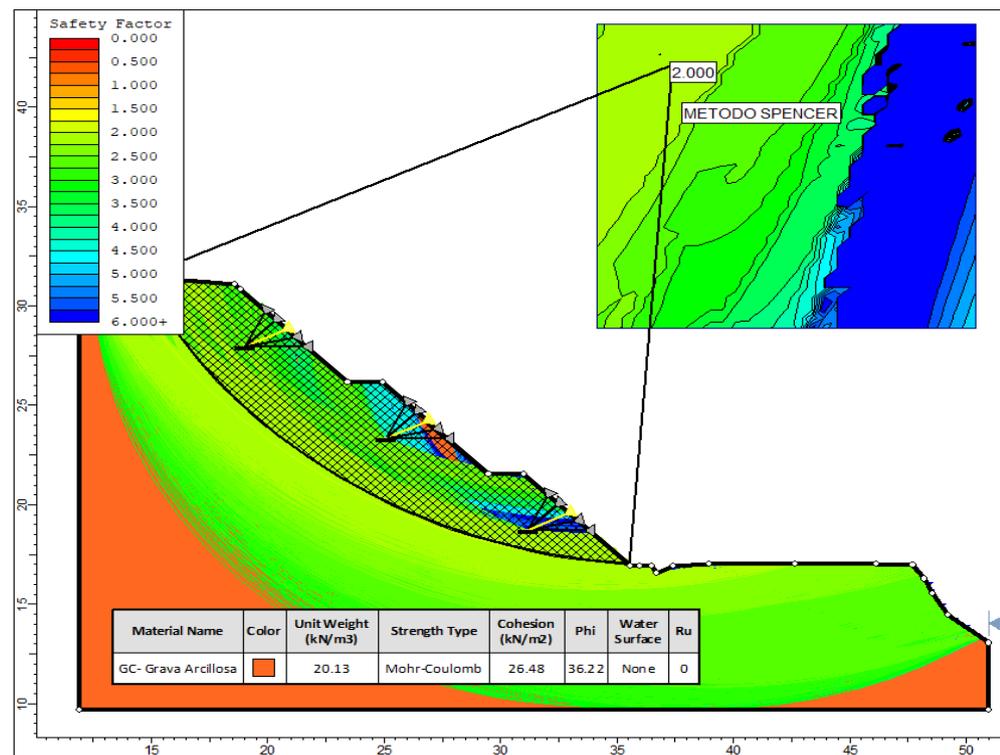


Figura 31

Factor Mediante Morgenstern-Price Con Aplicación del Sistema Erdox

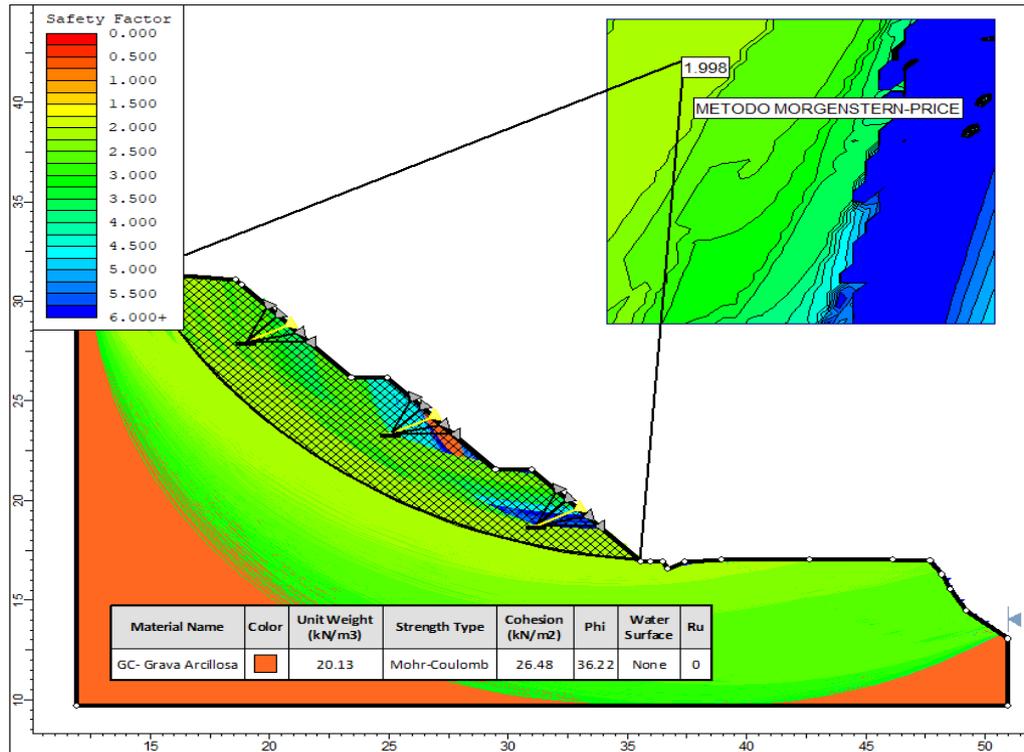
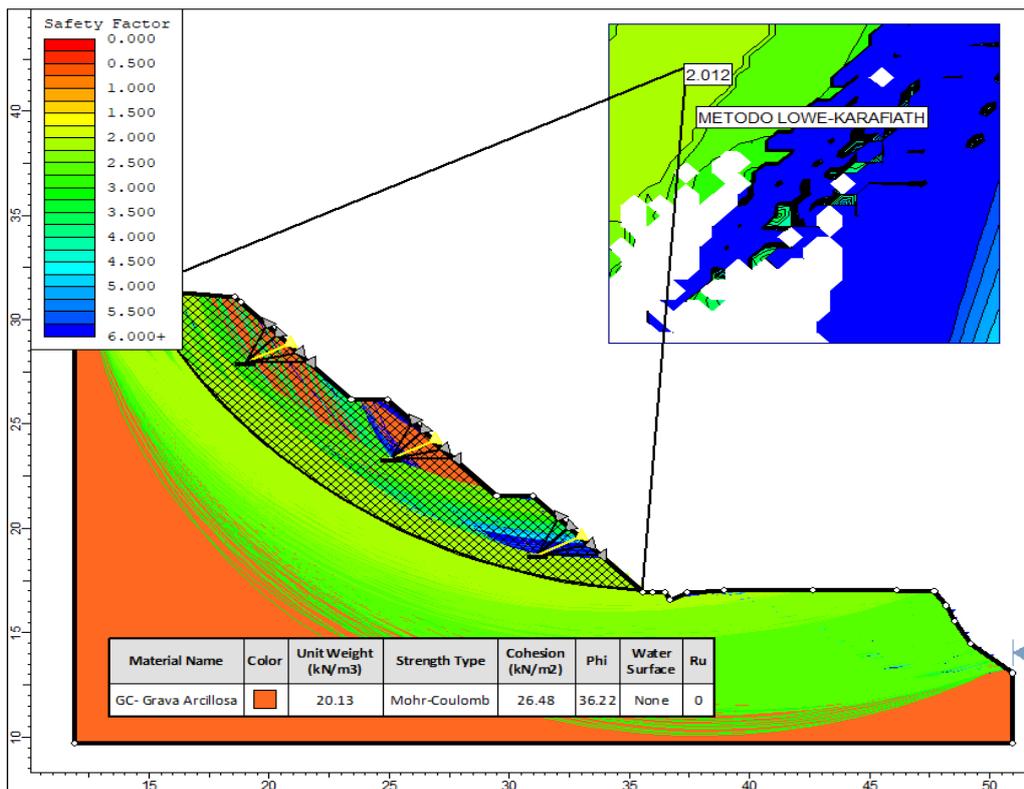


Figura 32

Factor Mediante Lowe-Karafiath Con Aplicación del Sistema Erdox



Interpretación: De la figura 27 hasta la figura 33 se muestra el talud km 370+300 analizado por los 7 métodos que ofrece el programa Slide con la influencia de la aplicación del sistema Erdox, en base al método Equilibrio Limite, la cual se dividió en 25 rebanadas o tajadas para el análisis.

Se determina un factor de 2.004 por Bishop; un factor de 1.911 por Fellenius; un factor de 1.879 por Janbu Simplificado, un factor de 1.998 por Janbu Corregido, un factor de 2.000 por Spencer, un factor por 1.988 Morgenstern-Price y un factor de 2.012 por Lowe-Karafiath.

Tabla 11

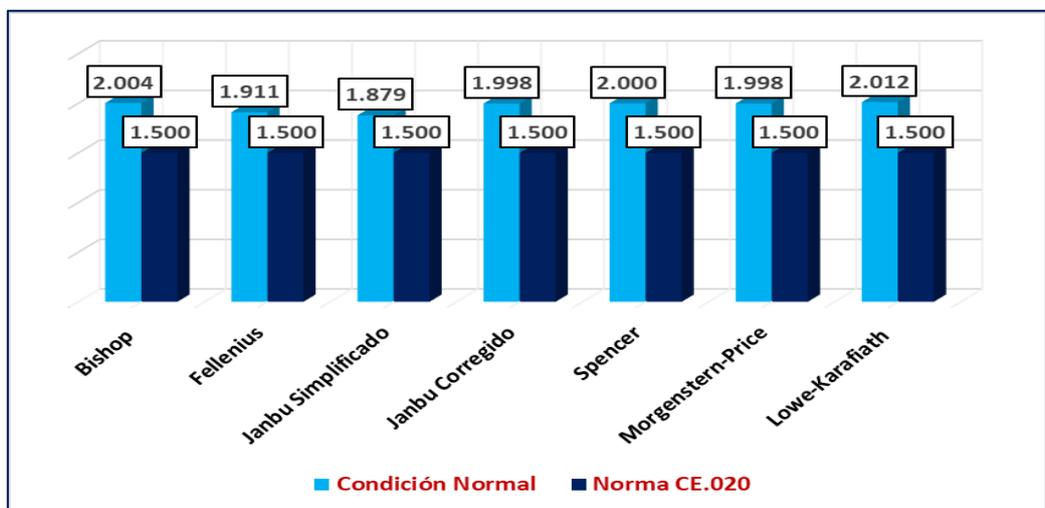
Síntesis de los Coeficientes de Resistencia en Condición Normal Con el Método Erdox

Método	Condición Normal	FS mín.	FS máx.	Prom.	Norma CE.020
Bishop	2.004				1.500
Fellenius	1.911				1.500
Janbu Simplificado	1.879				1.500
Janbu Corregido	1.998	1.879	2.012	1.972	1.500
Spencer	2.000				1.500
Morgenstern-Price	1.998				1.500
Lowe-Karafiath	2.012				1.500

Nota. Se observa la tabla con el resumen de los 7 métodos que el programa Slide tiene en su interfaz, la cual obtenemos el mínimo (1.879), máximo (2.012) y promedio (1.972) en base a la comparación de la Norma (1.500).

Figura 33

Gráfico de comparación de los factores Con la Aplicación del Método Erdox



Interpretación: Se muestra el gráfico de columnas agrupadas en 3D sobre los factores calculados por los 7 métodos en base al método del Equilibrio Límite en condiciones normales con el impacto del Sistema Erdox, donde resulta un mínimo factor de 1.879 por el método Janbu Simplificado y un factor máximo de 2.012 por el método Lowe-Karafiath que en comparación con lo que estipula la Norma está por encima de 1.500.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis General:

Ho: La aplicación del sistema Erdox no influye positivamente en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Hi: La aplicación del sistema Erdox influye positivamente en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Prueba de Hipótesis General (ANOVA)

Tabla 12

Prueba de ANOVA-Hipótesis General

Resultados ANOVA	Valor
Valor F	952
p-valor	0.00000
Nivel de significancia	0.05

Nota. Dado que el p-valor (0.0000) es menor que el nivel de significancia de 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a). Esto implica que existe suficiente evidencia para concluir que el sistema Erdox influye positivamente en la estabilización del talud.

Contrastación de la Hipótesis General

Se ha demostrado mediante la prueba ANOVA que la hipótesis nula (H_0) debe ser rechazada. Por lo tanto, la hipótesis alterna (H_i) es aceptada, concluyendo que la aplicación del sistema Erdox influye positivamente en la

estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Hipótesis Específicas

Hipótesis 1:

Ho: Las propiedades mecánicas del suelo no influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Hi: Las propiedades mecánicas del suelo influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Tabla 13

T de Student-hipótesis 1

Propiedades mecánicas del suelo	Medidas de Tendencia Central			Prueba t de Student				
	Media	Varianza	Gl	Estad. t	Valor crítico t	Comparación	P(T<=t) p-valor	Prob.
	27.61	65.68	4					
	28.45	65.66	4	-0.1264	2.7764	0.1264<2.7764	0.905	0.05

Nota. Como el estadístico t (-0.1264) es menor que el valor crítico t (2.7764) y el p-valor (0.905) es mayor que 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho).

Contrastación de la Hipótesis Específica 1

Se concluye que se acepta la hipótesis nula (Ho), lo que significa que las propiedades mecánicas del suelo no influyen significativamente en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

A pesar de que no se evidencio una variación significativa en las características mecánicas del terreno (p-valor = 0.905 > 0.05), es importante precisar que, desde el punto de vista técnico e ingenieril, la implementación del sistema Erdox sí contribuye de manera significativa a optimizar el comportamiento del terreno. Este tipo de intervención no solo incrementa la

cohesión eficaz del suelo, sino que reduce la presión intersticial de poros y fortalece la resistencia al corte, mejorando la estabilidad del talud a nivel global.

Hipótesis 2:

Ho: Las propiedades del sistema Erdox no influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Hi: Las propiedades del sistema Erdox influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Tabla 14

T de Student- hipótesis 2

Propiedades del método	Medidas de Tendencia Central			Prueba t de Student				
	Media	Varianza	Gl	Estad. t	Valor crítico t	Comparación	P(T<=t) p-valor	Prob.
Erdox	1.302	0.00	12	-30.912	2.179	30.912>2.179	0.000	0.05
	1.97	0.00	12					

Nota. Dado que el estadístico t (-30.912) es mayor que el valor crítico t (2.179) y el p-valor (0.000) es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula (Ho).

Contrastación de la Hipótesis Específica

Con estos resultados, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se concluye que las propiedades del método Erdox influyen significativamente en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Hipótesis 3:

Ho: El método de equilibrio limite no influye en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Hi: El método de equilibrio límite influye en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Tabla 15

T de Student- hipótesis 3

Propiedades del método	Medidas de Tendencia Central			Prueba t de Student				
	Media	Varianza	GI	Estad. t	Valor crítico t	Comparación	P(T<=t) p-valor	Prob.
Erdox	1.302	0.00	12	-30.912	2.179	30.912>2.179	0.000	0.05
	1.97	0.00	12					

Nota. El estadístico t (-30.912) es mayor que el valor crítico t (2.179) y el p-valor (0.000) es menor que 0.05, lo que implica que se rechaza la hipótesis nula (Ho).

Contrastación de la Hipótesis Específica 3

Los resultados muestran que se rechaza la hipótesis nula (Ho), concluyendo que el método de equilibrio límite influye en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Hipótesis 4:

Ho: El método Erdox no influye en el factor de seguridad de la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Hi: El método Erdox influye en el factor de seguridad de la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

Tabla 16*T de Student- hipótesis 4*

Propiedades del método	Medidas de Tendencia Central			Prueba t de Student				
	Media	Varianza	Gl	Estad. t	Valor crítico t	Comparación	P(T<=t) p-valor	Prob.
Erdox	1.302	0.00	12					
	1.97	0.00	12	-30.912	2.179	30.912>2.179	0.000	0.05

Nota. Dado que el estadístico t (-30.912) es mayor que el valor crítico t (2.179) y el p-valor (0.000) es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula (Ho).

Contrastación de la Hipótesis Específica 4

Se rechaza la hipótesis nula (Ho), concluyendo que el método Erdox influye significativamente en el factor de seguridad en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los resultados de la investigación se comparan con las de otras investigaciones que examinaron la influencia de la aplicación del Método Erdox.

Gregorio y Varillas (2021) el objetivo de su tesis fue determinar la estabilidad de los taludes en suelos heterogéneos utilizando sistemas de protección como Terramesh y Erdox. El proceso de recopilación de información incluyó el diseño, el cálculo y los resultados de los sistemas de contención.

Se encontró que el sistema de contención Erdox tiene un factor de seguridad global de 2.25 más alto que el sistema Terramesh de 1.92. En cuanto al factor de seguridad de volteo y reducido, el sistema Erdox tiene un factor de 8.59 y un factor de 3.55 más alto que el sistema Terramesh de 2.27 y 1.56, respectivamente. En todos estos casos, el factor de seguridad es superior al factor límite (>1.5), lo que indica que el sistema Erdox tiene un mejor factor de seguridad global.

Después de comparar los costos de ambos sistemas, se descubrió que el Sistema Erdox ahorró un 30.21%, o S/25,345.83, en costos de ejecución en estabilizar 20 metros de altura en comparación con el Sistema Terramesh.

En efecto en la presente investigación se determinó también los factores de seguridad del talud km 370+300 en condiciones normal sin la aplicación del Sistema Erdox por 7 métodos del enfoque Equilibrio Límite con un mínimo factor de 1.286 por el método Fellenius y un máximo de 1.347 por el método Janbu Corregido. Posteriormente se realizó en análisis con la influencia y aplicación del sistema Erdox con un factor mínimo de 1.879 por Janbu Simplificado y un factor máximo de 2.012 por Lowe-Karafiath.

A diferencia de la presente investigación no se realizó un estudio de precios para implementar el sistema Erdox ni tampoco una comparación con otra solución.

De igual manera Cotera (2021) en su tesis, se propuso utilizar el sistema Erdox para determinar la influencia en la estabilidad de los taludes en estudio. Comparando el Sistema de Muro Voladizo y el Sistema Erdox. Resultó en un factor de seguridad ante el vuelco de 1.58 para el Muro en Voladizo y un factor de 10.44 para el Sistema Erdox, lo que resultó en un aumento de 84.87 %. Por otro lado, el factor de seguridad ante el deslizamiento fue de 2.92 para el Muro y 2.64 para el Sistema Erdox, lo que resultó en una reducción de 9.58%, respecto al Sistema de Muro en Voladizo. Resultando que el Sistema Erdox presenta un mejor comportamiento en el Talud.

De manera similar en la investigación presente, se evidencia el incremento de los factores de seguridad con un incremento de 31.56% a la comparación de los factores mínimos (1.286 y 1.879) y un incremento de 33.05% a comparación de los factores máximos (1.347 y 2.012).

La investigación de Leonardo y Roque (2022) también se tuvo como objetivo determinar el impacto de la estabilización de concreto lanzado y Erdox en la transitabilidad de la trocha carrozable Ancos. Se realizó el levantamiento topográfico del área de estudio y se llevó a cabo tres calicatas en pie, media pendiente y cabeza del talud para realizar los ensayos en laboratorio.

Para el modelado se utilizó el software Geo5 y los métodos de equilibrio límite simplificado de Bishop, Morgenstern-Price y Spencer. El perfil 1 mostró condiciones estáticas y pseudoestáticas con factores de seguridad de 0,73 y 0,53; el perfil 2 mostró factores de 0,73 y 0,53; y el perfil 3 mostró factores de 0,79 y 0,57.

Se obtuvo una condición pseudoestática y estática al realizar el modelamiento con el sistema de concreto lanzado: perfil 1 de 5.84 y 4.64, perfil 2 de 4.38 y 3.49, perfil 3 de 4.93 y 3.93. De manera similar con el sistema Erdox: perfil 1 con un factor de 25.85 y 21.03, para el perfil 2 de 27.73 y 23.40,

para el perfil 3 de 12.40 y 10.63. Concluyendo que estos sistemas si estabilizan de manera exitosa y se garantiza una buena transitabilidad, resalto que se obtiene factores mayores y un mejor comportamiento.

Finalmente, Nilver (2023) en su tesis, también buscó determinar la estabilización del talud utilizando el Sistema Erdox en el Km 181+000 de la Carretera Central Huánuco-Lima. Para la Sección-1, se obtuvieron factores de 1.147 y 1.086, mientras que para la Sección-2, se obtuvieron factores de 1.240 y 1.164 utilizando los métodos Bishop y Jambu Simplificado, respectivamente. Después de implementar el sistema Erdox, se registró un aumento del 35 % y del 41 % con factores de 1.553 y 1.615.

Además, debido a que cumplieron con los factores de seguridad mínimos en Volteo ($16.35 > 2$), deslizamiento ($5.17 > 1.50$) y Verificación de carga ($0.72 > 1.62$), el sistema Erdox es aplicable al talud.

CONCLUSIONES

- El uso del sistema Erdox en el tramo del km 370+300 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco, ha probado ser una técnica eficaz para incrementar la estabilidad del talud. Las investigaciones realizadas a cabo demuestran que Erdox tiene un impacto positivo en las condiciones geotécnicas del talud, aumentando los factores de seguridad y reduciendo la probabilidad de progresos en situaciones críticas.
- La solidez del talud se basa directamente en las propiedades mecánicas del terreno. Los parámetros promedio evaluados (cohesión: 26.48 kN/m², ángulo de fricción: 36.22° y peso específico: 20.13 kN/m³) revelaron que, bajo circunstancias habituales, el talud no satisfacía los requisitos básicos de estabilidad. Estos factores afectan la habilidad del terreno para soportar fuerzas externas, tales como el peso del material y las cargas extra, estableciendo los factores de seguridad iniciales (media de 1.302, inferior al mínimo de 1.500).
- Según los estudios efectuados a través de simulaciones informáticas y el uso de la prueba estadística de Student, las modificaciones moderadas (menos del 5%) en las características mecánicas del terreno (peso específico, cohesión y ángulo de fricción interna) no tuvieron un impacto estadísticamente relevante en la estabilidad global del talud. Sin embargo, desde un punto de vista técnico e ingeniero, se admite que la aplicación de sistemas de estabilización como el Erdox ayuda eficazmente a potenciar la respuesta global del talud, mejorando su resistencia ante mecanismos de falla, mediante el incremento de la cohesión efectiva del suelo, la reducción de presiones de poro y el fortalecimiento estructural del sistema suelo-talud. Estos impactos, a pesar de no ser completamente perceptibles a través de aumentos mínimos en las características mecánicas empleadas en la simulación, sí son de importancia funcional para la estabilidad y seguridad de la infraestructura vial.

- El estudio de estabilidad llevado a cabo a través del software Slide utilizó siete métodos de equilibrio límite (Bishop, Fellenius, Janbu Simplificado, Janbu Corregido, Spencer, Morgenstern-Price y Lowe-Karafiath), cada uno proporcionó información coherente acerca de las condiciones iniciales del talud y su reacción después de aplicar el sistema Erdox. Los factores de seguridad iniciales evidenciaron la fragilidad del talud en circunstancias habituales, mientras que los factores subsiguientes demostraron un avance considerable, alcanzando 1.972 (superando el mínimo necesario).
- La aplicación del sistema Erdox impactó positivamente en los factores de seguridad del talud, tal como lo demuestran los resultados logrados a través de simulaciones con el programa Slide. Previo a la intervención, la media de los factores de seguridad se situaba en 1.302, lo que señalaba un riesgo considerable de progresión gradual. Después del uso de Erdox, los factores de seguridad se incrementaron en promedio en 1.972, satisfaciendo los criterios de estabilidad necesarios. Este hallazgo demuestra la eficacia del sistema para incrementar la estabilidad del terreno.

RECOMENDACIONES

- Se aconseja poner en práctica el sistema Erdox en otros segmentos esenciales de la carretera Cerro de Pasco-Ambo-Huánuco, dado que los resultados logrados indican un incremento notable en el factor de seguridad del talud. Además, se recomienda llevar a cabo un estudio costo-beneficio que posibilite establecer la rentabilidad de su implementación en comparación con otros sistemas de estabilización.
- Para entender de manera más profunda el impacto de las características mecánicas del suelo en la estabilidad del talud, se aconseja llevar a cabo pruebas de cohesión, ángulo de fricción interna y peso específico del suelo en diferentes periodos del año. Esto facilitará el seguimiento de posibles modificaciones en las características del terreno causadas por factores climáticos o geológicos, mejorando de esta manera la implementación del sistema Erdox.
- Se recomienda seguir explorando las características particulares del sistema Erdox y llevar a cabo ensayos extra en diversos tipos de terreno para confirmar su efectividad en otros escenarios geológicos. Además, es aconsejable registrar otros casos de éxito que evidencian cómo este sistema potencia la cohesión del terreno y eleva el ángulo de fricción, lo que facilita su implementación en proyectos similares.
- Para enriquecer el análisis fundamentado en el método de límite de equilibrio empleado en este estudio, se aconseja incluir otros métodos de análisis, como los elementos finitos. Esto facilitaría la comprobación de los resultados logrados con el programa Slide y proporcionaría una valoración más sólida del comportamiento del talud bajo diversas condiciones de carga y resistencia.
- Considerando la variedad de programas disponibles para el análisis de estabilidad de taludes, se recomienda utilizar programas como GEO5 o GEOSTUDIO, ya que las perspectivas del cálculo de los factores de

seguridad y la comprensión del comportamiento del talud pueden mejorarse utilizando una variedad de softwares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albino, D. (2016). *Propuesta de un Sistema de Estabilización en el km 1+670 al 1+720 de la Carretera Huaraz - Paria*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio Institucional UNASAM.
<https://doi.org/http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1450>
- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica*. (5^o. ed.). Episteme.
<https://doi.org/https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Banco Mundial. (2021). *Reducción del riesgo de deslizamientos de tierra en países en desarrollo*. <https://doi.org/https://www.worldbank.org/>
- Bauce, Córdova y Avila . (2018). Revista del Instituto Nacional de Higiene “Rafael Rangel”,49(2):
<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1096354/operacionalizacion-de-variables.pdf>
- Betonform, E. (2012). *Erdox - Artículo Técnico*. Betonform ErdoX.
<https://doi.org/https://es.scribd.com/document/220840702/Betonform-ErdoX-Articulo-Tecnico-2012>
- Bowles, JE . (2022). *Análisis y Diseño de Cimentaciones*. Educación McGraw-Hill.
https://doi.org/https://www.academia.edu/6407481/Introducci%C3%B3n_al_c%C3%A1lculo_y_dise%C3%B1o_de_cimentaciones
- Carrillo, S. (2023). *Análisis de Estabilidad y Aporte al Diseño de obras de Mitigación mediante la Estabilización de un Talud en el Barrio José Antonio Galán en el Municipio de San Gil Santander, mediante el uso del Software Slide*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional USTA.

<https://doi.org/https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/50042/2023CarrilloNathalia%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CE.020. (2016). *Estabilizacion de Suelos y Taludes*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
<https://doi.org/https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686372/CE.020%20Suelos%20y%20Taludes%20DS%20N%C2%B0%20017-2012.pdf?v=1641411243>

CENEPRED. (2022). *Reporte de evaluación de tamaños en el Perú: Impacto en la infraestructura vial y poblaciones*. Lima, Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
<https://doi.org/https://www.cenepred.gob.pe>

Chan, C. (2019). *La matriz de consistencia en el proyecto de investigación: un aprendizaje basado en el diseño (ABD)*. Tendencias En Investigacion.
https://doi.org/https://www.academia.edu/43319576/La_matriz_de_consistencia_en_el_proyecto_de_investigaci%C3%B3n_un_aprendizaje_basado_en_el_dise%C3%B1o_ABD_

Concepto. (2023). *Concepto*. <https://doi.org/https://concepto.de/>

Coronel, N. (2020). *Estabilización de un Talud Compuesto por Suelo Expansivo Incorporando Ceniza Volcánica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio Institucional UNACH.
<https://doi.org/http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7184/2/Informe%20final%20del%20proyecto%20de%20investigaci%C3%B3n%20Coronel.pdf>

Cotera, C. (2021). *Aplicación del Sistema ErdoX en la Estabilidad de Talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central Acopalca – Huancayo – Junín*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA.
<https://doi.org/https://doi.org/https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/h>

andle/20.500.12848/3937/T037_46457296_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Giraldo y Orjuela. (2021). *Análisis de la Estabilidad de un Talud ubicado en el k1+000 de la Vía Calambeo - Anzoategui en la ciudad de Ibagué departamento del Tolima*. [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <https://doi.org/https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/3d4f3642-ef2e-4e72-9ca3-e3b0d90dc79c/content>

Gregorio y Varillas. (2021). *Estabilidad de Taludes en Suelos Heterogéneos, mediante Sistemas de Contención en la Carretera Huaraz – Casma, progresiva 000+450 – Ancash, 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66284>

Hernández, Fernández y Baptista. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mcgra Whill education. <https://doi.org/https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Leonardo F. y Roque A. (2022). *Estabilidad de Taludes mediante Concreto Lanzado y Erdox para la Transitabilidad en la Trocha Carrozable Ancos – Santa Rosa, Pallasca, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/108881>

López, E. (2023). *Propuesta de Estabilización del Talud del km 181+000 de la Carretera Central Huánuco– Lima, mediante el Sistema Erdox*. Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

<https://doi.org/https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8568>

Magariño, R. (2022). *Eficiencia en Costos y Plazos para Estabilización de Taludes con el Método ErdoX y los Métodos convencionales en el tramo de la carretera Acomayo- Pillao, progresiva 2+250 al 6+6500, distrito de Chinchao, provincia-Region Huánuco-2022*. Universidad Nacional "Hermilio Valdizan".

<https://doi.org/https://repositorio.unheval.edu.pe/item/e8c76786-5ddf-4d3e-afe5-de6ba2ca5377>

Mundial Banco. (2021). *Reducción del riesgo de deslizamientos de tierra en países en desarrollo*. <https://doi.org/https://www.worldbank.org/>

Rocscience. (15 de Agosto de 2023). *Slide2 | Most Comprehensive 2D Slope Stability Software - Rocscience*. Rocscience.com:

<https://www.rocscience.com/software/slide2>

Suarez, D. (2009). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Publicaciones UIS.

[https://doi.org/https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPI_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Su%C3%A1rez%20\(1998\).%20Deslizamientos%20y%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20zonas%20tropicales.pdf](https://doi.org/https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPI_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Su%C3%A1rez%20(1998).%20Deslizamientos%20y%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20zonas%20tropicales.pdf)

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Surichaqui Casimiro, S. (2025). *Aplicación del método Erdox en la estabilización de talud del tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco, 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1015-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 07 de mayo de 2024

Visto, el Oficio N° 719-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "APLICACION DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO-HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bach. Shecira Yubicsa SURICHAQUI CASIMIRO.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2689-2023-D-FI-UDH, de fecha 14 de noviembre de 2023, perteneciente a la Bach. Shecira Yubicsa SURICHAQUI CASIMIRO se le designó como ASESOR(A) al Dr. Carlos Esteban Huaman Cuespan, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 719-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "APLICACION DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO-HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bach. Shecira Yubicsa SURICHAQUI CASIMIRO, integrado por los siguientes docentes: Dr. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Jose Wicley Tuanama Lavi (Secretario) y Mg. William Paolo Taboada Trujillo (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "APLICACION DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO-HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bach. Shecira Yubicsa SURICHAQUI CASIMIRO para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jbarani Manzano Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Gradando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/rto.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2689-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 14 de noviembre de 2023

Visto, el Oficio N° 1838-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 447102-0000009414, de la Bach. **Shecira Yubicsa SURICHAQUI CASIMIRO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 447102-0000009414, presentado por el (la) Bach. **Shecira Yubicsa SURICHAQUI CASIMIRO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Dr. Carlos Esteban Huaman Cuespan, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. **Shecira Yubicsa SURICHAQUI CASIMIRO** al Dr. Carlos Esteban Huaman Cuespan, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Johana Monzano Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BLCR/EJML/mt.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “APLICACION DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO-HUÁNUCO, 2024”

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p>Problema general: ¿Cómo influye la aplicación del sistema Erdox en la estabilidad de talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco?</p> <p>Problema específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿En qué medida influyen las propiedades mecánicas del suelo en la estabilidad del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco? ¿Cuáles son las propiedades del método Erdox y como contribuyen a la estabilidad del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco? 	<p>Objetivo General Evaluar como la aplicación del sistema Erdox influye en la estabilidad de talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificar en qué medida influyen las propiedades mecánicas del suelo en la estabilidad del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco. Describir las propiedades del sistema Erdox y cómo estos contribuyen a la estabilidad del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera 	<p>Hipótesis General H0: La aplicación del sistema Erdox no influye positivamente en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco. Hi: La aplicación del sistema Erdox influye positivamente en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> H0: Las propiedades mecánicas del suelo no influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo- Huánuco. Hi: Las propiedades mecánicas del suelo influyen en la estabilización 	<p>Variable dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Estabilización del talud <p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Método Erdox 	<p>Enfoque</p> <ul style="list-style-type: none"> Cuantitativo <p>Alcance o nivel</p> <ul style="list-style-type: none"> Explicativo <p>Diseño</p> <ul style="list-style-type: none"> No experimental 	<p>Población Se considera la población a todos los taludes del tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.</p> <p>Muestra Se considera la muestra al km 370+300, la cual tomará en cuenta como tramo crítico, es decir el más representativo con relación a la observación de la topografía.</p>

• ¿Qué impacto tiene el método de equilibrio limite en la estabilización del talud, evaluado mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco?

• ¿Cómo afecta el sistema Erdox influye en el factor de seguridad (FS) en la estabilización del talud, evaluado mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco?

Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.

• Evaluar el impacto del método de equilibrio limite en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.

• Analizar el efecto del sistema Erdox en el factor de seguridad (FS) de la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco

del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.

• **Ho:** Las propiedades del sistema Erdox no influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.

• **Hi:** Las propiedades del sistema Erdox influyen en la estabilización del talud en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.

• **Ho:** El método de equilibrio limite no influye en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.

• **Hi:** El método de equilibrio limite influye en la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta

372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.

- **Ho:** El método Erdox no influye en el factor de seguridad de la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.
- **Hi:** El método Erdox influye en el factor de seguridad de la estabilización del talud mediante simulaciones con el software Slide, en el tramo km 369+200 hasta 372+400 de la carretera Cerro de Pasco, Ambo-Huánuco.

Fuente. Adaptado de Bauce et al., (2018).

ANEXO 4
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELO DEL KM 370+300
(INSTRUMENTO-FICHAS DEL ENSAYO DE LABORATORIO)

INFORME TECNICO Y ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN



LABORTEC

LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO



PROYECTO:
“APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”

SOLICITA:
BACH. SURICHAQUI CASIMIRO SHEGIRA YUBICSA

UBICACIÓN:

DISTRITO : AMBO
PROVINCIA : AMBO
REGIÓN : HUÁNUCO

EJECUTADO:
LABORTEC E.I.R.L.

TECNICO ESPECIALISTA:
ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA

ENERO DEL 2024



INFORME TÉCNICO

1. GENERALIDADES

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene por objetivo describir los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, llevados a cabo para la evaluación geotécnica del proyecto **"APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024"**. Ubicado en el Distrito de Ambo, Provincia de Ambo, Departamento de Huánuco; para determinar las características físico-mecánicas del suelo dentro de la profundidad activa y a partir de ello, los parámetros necesarios para el diseño de la estructura. Dichos parámetros son: profundidad, tipo de cimentación, capacidad portante admisible del terreno adoptado como suelo de cimentación, pautas generales de diseño y construcción en relación con los suelos.

1.2. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA OBRA A CIMENTAR:

Para los fines de la determinación del Programa de Investigación Mínimo (PIM) del Estudio de Mecánica de Suelos, las edificaciones serán calificadas, según la Tabla 1, donde I, II y III designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la investigación de suelos necesaria para cada tipo de edificación, siendo el A más exigente que el II y éste que el III.

TABLA N°01 – TIPO DE EDIFICACIÓN PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS * (m)	N° DE PISOS (INCLUIDOS SOTANOS)			
		<= 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	<12	III	III	III	II
PORTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	<10	III	III	II	I
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	<12	II	I	-	-
BASE DE MAQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	-	-	-
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	II	I	I	I
*Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificara en el tipo de edificación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de		> 9 m de altura	
		II		I	
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA		III			
ES SANITARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN OB		IV			

Fuente E-050



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Por información proporcionada por el "Solicitante" el proyecto presenta la siguiente característica.

- Estructura: Elementos estructurales de concreto armado, muros de contención.

Por lo que la edificación califica en una categoría III*

Tabla 02 – Número de puntos de investigación	
Tipo de edificación (tabla 01)	Números de puntos de investigación (n)
I	Uno por cada 225 m ² de área techada
II	Uno por cada 450 m ² de área techada
III	Uno por cada 900 m ² de área techada
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Urbanizaciones para viviendas unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Cuando se conozca el emplazamiento exacto de la estructura, **n** se determinará en función del área techada en planta del primer piso de esta; cuando no se conozca dicho emplazamiento, **n** se determinará en función del área total del terreno.

Sabiendo que la estructura se encuentra dentro de una clasificación "III" se tiene que el número de calicatas será de 1 cada 900 m² a investigar.

Según lo calculado se deberían realizar una (1) calicata con lo cual cubrimos el requerimiento mínimo de número de calicatas.

1.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO:

El terreno en estudio se encuentra ubicado en el Distrito de San Rafael, presenta un área de una topografía pendiente. La extensión del proyecto se ubica en el distrito de Ambo, provincia de Ambo, departamento de Huánuco.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC

LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

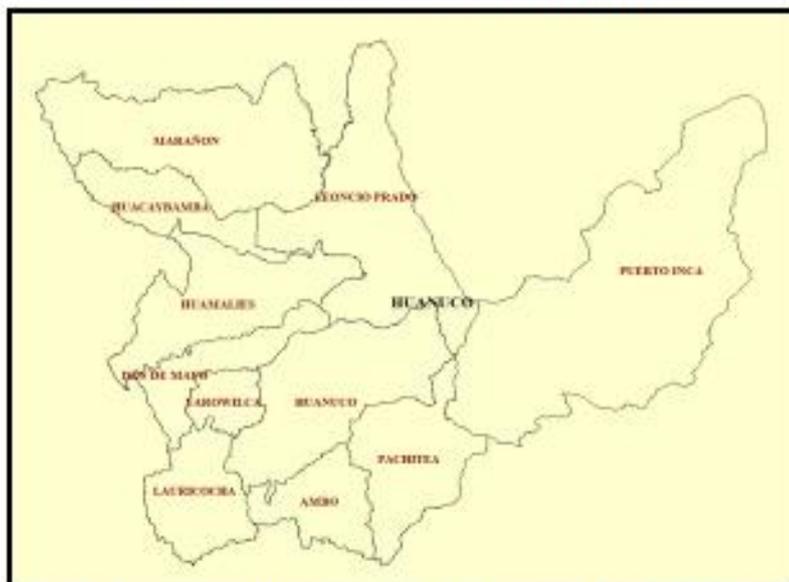


IMAGEN N° 01 – VISTA SATELITAL DEL AREA EN ESTUDIOS



Fuente: Google Earth pro-diseño.

MAPA N° 01 – DEPARTAMENTO DE HUANUCO



El departamento de Huánuco tiene una superficie de 36 848,85 KM².

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_ari@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



Ing. Elio A. Sampedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



El distrito de Ambo es uno de los 8 distritos de la provincia de Ambo, ubicada en el departamento de Huánuco, bajo la administración del Gobierno Regional de Huánuco. Su capital es el pueblo de Ambo ubicado a 2,063 msnm.

El distrito limita con:

- **Norte:** con los distritos de Tomayquichua y Molino.
- **Sur:** con el distrito de San Rafael.
- **Este:** con el distrito de Pachitea.
- **Oeste:** con el distrito de Huácar.

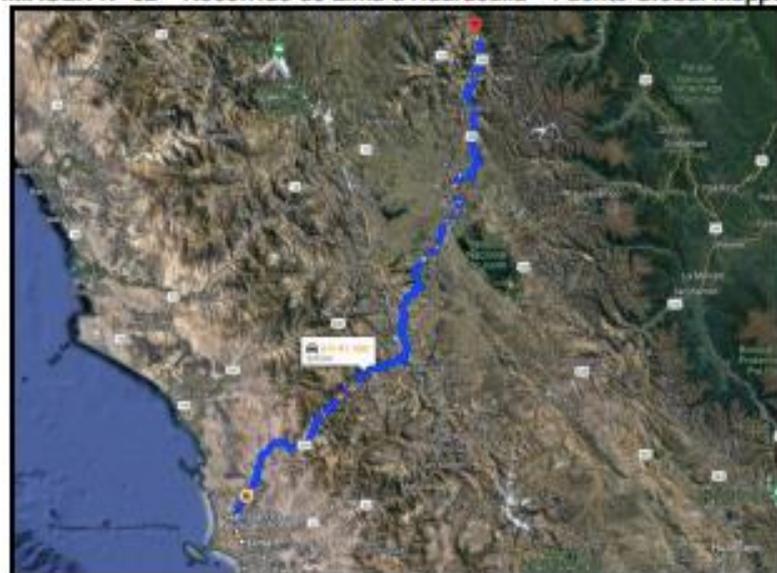
Fue creado como integrante de la provincia de Ambo, mediante Ley N° 1598 del 21 de octubre de 1912, en el gobierno del Presidente Guillermo Billinghurst Angulo.

La vía de acceso más corta desde la ciudad de Lima – al área en estudio es a Través de la Ruta: Desde Lima (capital de Perú) al área en estudio, existe una distancia aproximada de 328 km y el tiempo aproximado en recorrerlo es de 6 horas con 41 min en automóvil.

Cuadro 01 – Distancia desde la ciudad de Lima al área en estudio

TRAMO	TIPO	DISTANCIA	TIEMPO
Lima - Huaracalla	Asfaltada	325.00 Km.	6 h 41 m

IMAGEN N° 02 – Recorrido de Lima a Huaracalla – Fuente Global Mapper



Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


Ing. Elio A. Saverina Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



IMAGEN N° 03– Altitud del Área en estudio – Huaracalla (Ambo) – Fuente Global Mapper



Por la ubicación del distrito de Ambo y el área en estudio según el Dr. Javier Pulgar Vidal, corresponde a la región:

Región Quechua.

La región quechua constituye la zona medular de la región andina y se extiende desde los 2000m. a los 3500 m.s.n.m. El relieve de esta región es escarpado conformado por los valles interandinos y los flancos de suave pendiente. Este relieve por efecto de la obra humana ha sido modificado a través de los siglos mediante sistemas de andenería y terraplenes. Sin embargo, la región se encuentra en los valles interandinos. Esta región es la más poblada de la Sierra, debido a las condiciones que presenta para el poblador andino, que se dedica a la agricultura y a la ganadería extensiva, a tal punto que podemos considerarla como la zona en donde la población peruana se ha adaptado mejor.

El clima de esta región es templado-seco, con lluvias periódicas de diciembre a marzo, con variaciones sensibles de temperatura entre el día y la noche, pero con la moderación apropiada y permisible para la vida humana. Durante los meses que corresponden al invierno y a la primavera se produce una fuerte insolación debido a la transparencia de la atmósfera. De otro lado, durante la noche la temperatura baja súbitamente por la escasa humedad existente en el aire. En consecuencia, podemos decir que hay un gran contraste térmico entre el día y la noche, entre las áreas expuestas al sol y la sombra.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 – Huánuco
Celular : 982967000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_ari@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR


Ing. Elío A. Saverio Cabera
CIP N° 306922

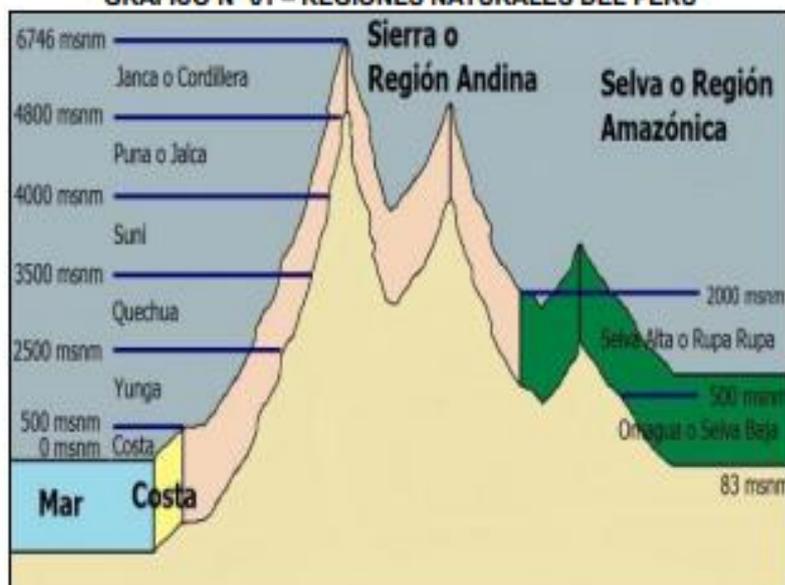


LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



GRAFICO N° 01 – REGIONES NATURALES DEL PERU



2. GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA Y SISMICIDAD

2.1. Geomorfología

La Geomorfología peruana, es el estudio de los relieves que tiene el Perú a lo largo y ancho de su territorio. Geomorfológicamente la forma estructural del área en estudio presenta una topografía plana y moderadamente accidentada.

- **Geomorfología Andina:**

La sierra, conformada por las altitudes del macizo andino es un conjunto de elevaciones que corren alineadas en cadenas paralelas: tres en el norte, tres en el centro, dos en el sur.

Los Andes del norte confluyen con los del centro en el Nudo de Pasco y los de centro confluyen con los del sur en el Nudo de Vilcanota.

La región andina del Perú se divide en tres sectores:

Los Andes del norte: son más bajos y húmedos que el promedio. Ello ha permitido que parte de la humedad y vegetación de la selva norte pueda trasladarse a la costa. Además, en los Andes del norte podemos encontrar el punto más bajo de toda la Cordillera Andina: el Abra de Porculla que con 2145 metros permite pasar al otro lado de la vertiente.

Los Andes del centro: son los más altos y empinados y ello hace del centro un lugar de difícil acceso sólo impulsado por la dinámica que la ciudad de Lima genera.

Los Andes del sur: son de mayor espesor que los Andes del norte y del centro. En este paisaje se instalan los pueblos de mayor acervo y tradición de nuestro país. Si hacemos un corte transversal que vaya de Arequipa hasta la frontera con Bolivia, veremos que tenemos

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_ari@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR

 Ing. Rito A. Saavedra Cabrera
CIP N° 908822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



más de 500 km. de longitud a una gran altitud que sobrepasa los 4.000 m. El territorio andino del Perú muestra una gran diversidad de unidades geomorfológicas, siendo los más importantes:

Las montañas: (nevados y volcanes) Ejemplos: Nevado de Husacarán (el más alto del Perú), Jerupaja el segundo más alto, Alpamayo el más bello de los picos del mundo. Coropuna, el volcán más alto del Perú, volcán Ubinas en Moquegua actualmente activo al igual que Sabancaya, que se encuentra en Arequipa.

Las altiplanicies: (mesetas y llanura intramontanas), son extensas llanuras frías, donde se desarrolla la ganadería de ovinos y camélidos. Las más importantes son: Collao en Puno la más extensa, Bon bon en Junín, Parinacochas en Ayacucho y Castrovirreina en Huncavelica.

Las cordilleras: importantes por contener glaciares. Ejemplos: Cordillera Blanca, cordillera de Carabaya, cordillera de La Chila, etc.

Los pasos o abras: son aberturas entre montañas, son valles en forma de U formado por los glaciares y tienen gran importancia para el trazado de redes viales transversalmente a la cordillera. Los más conocidos del Perú, son: el paso de Ticlio o Anticona, el paso de Porculla, el paso de Crucero Alto y el paso de La Raya.

Los cañones: son quebradas profundas y estrechas con condiciones para producir energía hidroeléctrica. Destacan el cañón del Pato en Ancash, el cañón de Colca en Arequipa, el cañón del Infiernillo en Lima y el cañón de Cotahausi el más profundo de América en Arequipa.

Los valles interandinos: son los relieves que se encuentran entre las cordilleras. Presenta dos partes bien diferenciados: vertiente y planicie. La planicie aluvial concentra las grandes urbes del territorio andino. Los valles interandinos más importantes son: el valle de Mantaro en Junín, el valle Callejón de Huaylas en Ancash, el valle de Urubamba en el Cuzco, el valle de Huancabamba en Piura.

2.2. Geología

La Geología actual del área de estudio es producto de millones de años de desarrollo y modificaciones a lo largo de diferentes procesos y la geodinámica externa como son los huaycos, deslizamientos, desprendimientos, asentamientos, y migraciones de arena por efecto tectónico – Neoproterozoico del Complejo Marañón y los depósitos Aluviales, sobre impuesto por los procesos de geodinámica, que han moldeado el rasgo morfoestructural de la región sierra central del Perú, donde se ubica el proyecto. Los estratos están claramente divididos y se debe a la desintegración, meteorización del Neoproterozoico del Grupo

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eir@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Ambo que se encontraba hace muchos millones de años geológicos en áreas cercanas. Así mismo, la erosión, los deslizamientos producidos por drenaje y acumulación de agua dando el desplazamiento de estas sobre grandes extensiones de la zona, dándole la configuración actual de su relieve.

2.2.1. Litoestratigrafía

La secuencia estratigráfica en el área de estudio está definida por el basamento de rocas metamórficas Neoproterozoico del Grupo Ambo y los depósitos Aluviales sobre las cuales se distribuyen en el área de estudios. Se usó para esta informe información del INGEMMET - cuadrante 21 - k – Ambo.

Esquistos (Pe-cme)

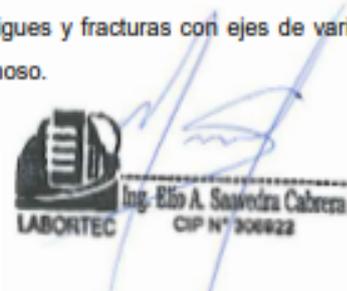
Se desarrollaron en ambos flancos de la Cordillera Oriental, (áreas de Paucar y río Huallaga). En el área de Paucar, San Pedro de Pillao, Tapuc y Tangor se observa una serie de esquistos que contienen cuarzo-muscovita, de textura granoblástica, siendo las micas entre 50 y 70%, y el cuarzo 20-30%. Los accesorios se presentan como cloritas, feldspatos, anfíboles subhedrales - anhedrales, que ocurren a modo de granoblastos, en agregados densos, diseminados e intersticiales. Se observa numerosas fases de plegamiento, con abundante venilla y lentes de cuarzo probablemente productos de la segregación del metamorfismo regional de bajo grado.

Esta área está limitada por afloramientos del Grupo Ambo hacia el Este y Mitu al Sur; el bloque tiene continuación hacia el cuadrángulo de Yanahuanca, el color es gris azulado con abundantes vetas de cuarzo lenticular que destaca por su coloración y menor resistencia, los que tentativamente se considera como formados a partir de una secuencia filítica (COBBING, J. SANCHEZ, A. 1996).

Hacia el tope, próximo al contacto con el Grupo Mitu entre Chacayán y Tapuc (Ambo) se observa niveles delgados de filitas y pizarras esquistosas de color gris marrón a gris oscuro, con esquistos algo sericiticos y lentes de cuarzo.

El bloque del río Huallaga se presenta como una franja continua de orientación NNO y SSE desarrollada en la margen derecha, teniendo un ancho de 25 km. que se va estrangulando en San Rafael, llegando a medir a penas 3 km de ancho. Está intruido por rocas graníticas del Paleozoico superior y controlado por una falla regional de dirección N-S continuando hacia el Este de Tlacayán. En afloramiento presenta esquistos micáceos a sericiticos de color verde, con micropliegues y fracturas con ejes de variada dirección y presencia de lentes y vetillas cuarzo lechoso.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC Ing. Rito A. Saavedra Cabrera
CIP N° 908822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Por intemperismo presenta colores rojizos, presentando una morfología ondulada a agreste e irregular.

Los esquistos en sección delgada presentan textura granoblástica teniendo al cuarzo como mineral esencial (25 a 30%), los accesorios se presentan plagioclasas, cloritas, sericita con porcentajes menores a 10%, de forma anhedral, ocurren como granoblastos agregados densos; se le clasifica como esquistos de cuarzo-mica.

En Huacar, Tres Cruces y en la franja Piruco-Queulacocha, aflora a manera de "ventanas" esquistos micáceos, bastante plegados y fracturados con lentes de cuarzo lechoso, plagioclasas, biotitas, muscovita y epidota.

DALMAYRAC, B. (1970) en San Rafael determinó cordierita asociada a minerales de clorita; se sabe que la cordierita es un mineral caracterizado de la facies anfibolítica, es decir de alto grado de metamorfismo y la clorita un mineral que existe solamente en la epizona y que no puede existir cuando el grado de metamorfismo es alto.

La asociación cordierita - clorita es imposible para un mismo metamorfismo; por lo tanto, se supone que la cordierita resulta de un metamorfismo antiguo y que la clorita es debida a "retromorfosis", es decir a una segunda fase de metamorfismo (seguramente hercínica) que afectó zonas ya metamorfizadas.

Depósitos Aluviales (Qp-a)

Se ubican en las partes bajas del área de estudio, generalmente por debajo de los 4.100 msnm. Presenta capas de grava gruesa y fina con cierta clasificación y elementos redondeados a subredondeados, asociados en capas de arena, limo y proporciones variables; buenos ejemplos se observan en ambas márgenes de los ríos: Huallaga (Ambo), San Juan (cerro de Pasco) y Mantaro (Ondores). Estos depósitos forman típicos "conos aluviales" de variada amplitud, ubicándose en el lado oriental del lago de Junín (Chinchaycocha) y que a la vez ha servido para el desarrollo de centros poblados y terrenos de cultivo.

Grupo Mitu (Ps-m)

Mc LAUGHLIN, D. H. (1924) propone esta denominación, a una serie detrítica de color rojo que aflora en la localidad de Mitu próximo a Chacayán (hoja de Ambo).

En el lugar típico de afloramientos, consiste en la base conglomerados polimicticos, subangulosos cementados por una matriz areniscosa de grano fino de color rojo ladrillo, con estratos delgados de lutitas gris a rojizas con clara estratificación laminar. Los

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



fragmentos son de esquistos, cuarcitas, micaesquistos, y pequeña proporción de calizas. De aproximadamente 45 m de potencia.

En la parte media, se observa una alternancia de areniscas rojo ladrillo en conglomerados polimícticos, en estratos medios a gruesos con estratificación cruzada a sesgada con niveles de areniscas finas, se estima 60 m de espesor; al tope conglomerado, areniscas de color rojo ladrillo a púrpura. Presenta pseudo estratificación sesgada, el conglomerado con clastos subangulosos a subredondeados, esquistos, cuarcitas, y calizas, con matriz arenosa rojiza, se considera un espesor de 40 m, se caracteriza por presentar suelos muy rojizos.

En las partes altas de Caina se presenta encima del Grupo Ambo e infrayacente al Grupo Pucará; sin embargo, en las proximidades de Chaulán estas molasas se comportan como rocas autóctonas a un apilamiento de cuatro unidades estructurales cretáceas en forma de sinclinal. En la carretera Ambo a Huaracalla se observa grietas de desecación en lutitas rojas e intercalados por areniscas rojizas de grano medio; las grietas están rellenas por arenisca algo rosada. Tales grietas se produjeron evidentemente en la superficie por exposición a la interperie, habiendo sido luego rellenos con arena, probablemente de origen eólico.

La variación lateral del Grupo Mitu se manifiesta en el área de estudio, como en otras regiones andinas; por ejemplo al Este de Carhuamayo, aflora debajo de las calizas del Triásico horizontes superiores de naturaleza volcánica. Esta unidad está superpuesta a un conglomerado de granitos, gneis rosados, filitas, cuarcitas, cuarzo, etc, con elementos bien redondeados, cuyo mayor diámetro puede llegar a 60 cm (granito y gneis) y 40 cm (cuarzo); en cambio en Chacayán, Huachuacaca (Oeste de Colquijirca), Machcán, disminuye o falta por completo los conglomerados con fragmentos ígneos (plutónico o volcánico).

Las intercalaciones volcánicas son reducidas en la parte occidental (Cerro de Pasco, Ambo) y sobre la vertiente oriental; las coladas o brechas volcánicas de composición química mal definida, de tufos consolidados riolíticos. La presencia de estos volcánicos indica que, durante la deposición del Pérmico inferior, se produjeron movimientos de distensión acompañados de fallas sin-sedimentarias.

Entre Salcachupán y Yarusyacán se manifiesta rocas volcánicas de andesitas básicas que puede ser de carácter local.

Así mismo en Huariaca se observa yeso (Foto N° 14) con manifestaciones de baritina.

El Grupo Mitu es un depósito típico de molasa y de niveles volcánicos representados por andesitas que pueden ser las más tempranas manifestaciones volcánicas regionales en

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR

 Ing. Rlfo A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC

LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



los Andes Centrales. Es una fase de actividad, la cual estaba relacionada a las fases próximas de la Orogenia Hercínica. Las lavas son de composición sub alcalina y parecen estar relacionadas químicamente a los plutones graníticos de edad Permiano medio, los cuales afloran dentro de la Cordillera Oriental. Esta combinación de plutonismo vulcanismo es de interés como la primera actividad magmática bien desarrollada registrada, paralela al margen continental y ello tiene claramente algunas relaciones sobre la interpretación del mecanismo de las placas tectónicas, las cuales desde tiempos del Permiano adelante han proveído el control tectónico total para el desarrollo de la Orogenia Andina.

El Grupo Mitu puede mostrar haber sido afectado por el fallamiento en bloques en el basamento subyacente. Inmediatamente al Oeste de la falla Cerro de Pasco el grupo está representado por solamente 4 mts de lava andesítica, las cuales destacan discordantemente sobre las filitas del Grupo Excelsior. En el valle del río Tingo, al Norte de Cerro de Pasco aflora más de 2,000 m de areniscas, conglomerados y lavas, están presentes al lado Este de la falla. De este modo se estableció que la falla de Cerro de Pasco fue activa durante el Permiano con el bloque hundido al Este y que las ventanas presentes del Grupo Excelsior fueron bien definidos, los que constituyen un bloque activo en ese evento geológico.

En Ambo el Grupo Mitu descansa directamente sobre las calizas del Tarma-Copacabana; mientras en San Pedro de Pillao-Chacayán reposa en discordancia angular sobre el Complejo Metamórfico del Marañón.

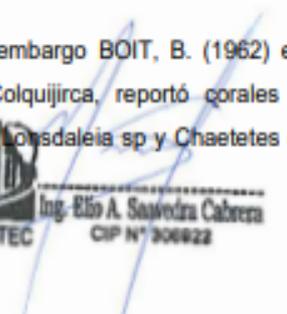
En Tingo, Pilar, Huachuacaca, Pueblo Viejo (Cerro de Pasco) y Malpaso (Ondores), sobreyace a las pizarras del Grupo Excelsior en discordancia, muchas veces cubierta por depósitos recientes.

La potencia del Grupo Mitu es variable, de modo general se observa una disminución progresiva de Oeste a Este; así en Yanahuanca - Goyllarisquizga, reposa directamente sobre el Zócalo Precámbrico y cubierto por calizas del Grupo Pucará, su espesor es de 100 m aproximadamente. En Chacayán se midió una potencia de 150 mts aumentando en Santa Ana de Tusi. El espesor aumenta progresivamente hacia el Este llegando a espesores de 1,000 a 2,000 m en los alrededores de Pallanchacra; disminuyendo en San Rafael a Huaracalla.

Edad y Correlación

En el presente trabajo no se han registrado fósiles; sin embargo BOIT, B. (1962) en Huachuacaca a unos 2.5 Km al Oeste de la mina Colquijirca, reportó corales y fragmentos de Chaetetes silicificados determinados como *Loxdaleia* sp y *Chaetetes* cf

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 300822



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



radians FISCHER (BOIT, B. 1940). En algunos rodados calcáreos del mismo horizonte muy cerca a los anteriores reportó las siguientes especies:

- Rhipidomella cf cora
- Fusulinella peruana MEYER
- Briozoarios y esponjas pertenecientes a varios géneros de Hexactinellida y Lithistida

En base a estos fósiles BOIT, B. (1962) le atribuyó edad de post-Carbonífero y ante-Noriano.

Dataciones radiométricas K-Ar en el área de Huancayo (ROCHA CAMPOS y AMARAL en MEGARD, F. 1979) determina una edad mínima de 260 ± 25 M.A. En el área de Juliaca (Puno) KLINK, B. et al (1993) obtiene una edad de 272 ± 10 M.A.; en base a estas dataciones indicarían al Grupo Mitu al menos del Permiano inferior; más aún suprayacen a esta unidad calizas del Noriano y probablemente del Anisiano superior (LEVI, 1974).

De acuerdo a estas características y a su posición estratigráfica se le asigna al Permiano superior-Triásico medio.

CUADRO 02 – LEYENDA MAPA GEOLOGICO – INGEMMET

SIMBOLOS	UNIDADES SEDIMENTARIAS VOLCANICAS METAMORFICAS
	REGION ANDINA CORDILLERA OCCIDENTAL Y ORIENTAL
Pe-cme	ESQUISTOS
Ps-m	GRUPO MITU
Q-al	DEPOSITOS ALUVIALES
QP-a	DEPOSITOS ALUVIALES

Leyenda del mapa geológico del Departamento Huánuco -, INGEMMET.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_sirj@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC Ing. Elío A. Sauerstra Cabera
CIP N° 306922

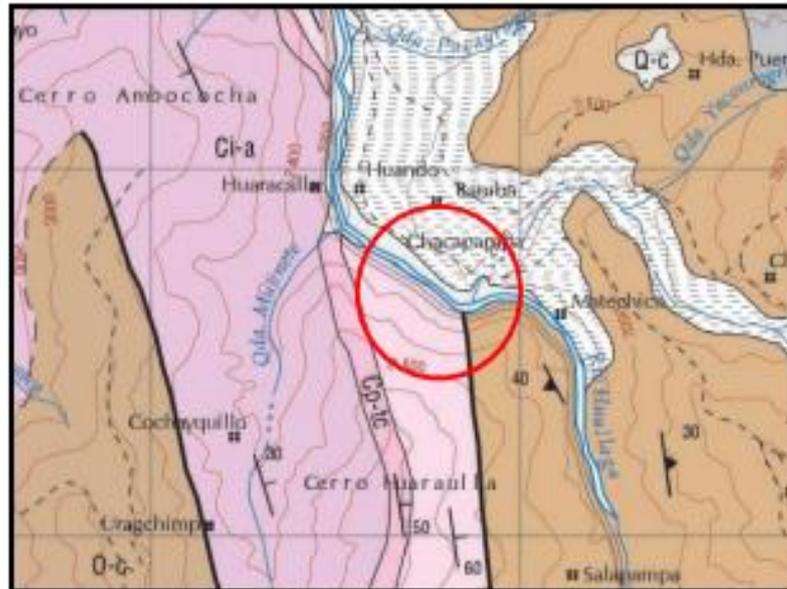


LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



MAPA N° 04 - GEOLOGÍA DEL CUADRÁNGULO – 21-K – AMBO -INGEMMET.



Fuente: INGEMMET. Cuadrángulo 21-k – Ambo.

LEYENDA

ERA	SISTEMA	EPOCA	UNIDADES LITOLITOLÓGICAS	EDADES RELATIVAS	
				PLUTONICAS	SEDIMENTARIAS
CENozoico	Plioceno	Holoceno	Depositos aluviales	1000	
			Depositos coluviales	1000	
Mesozoico	Cretácico	Cretácico Superior	Depositos margolíticos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
		Cretácico Inferior	Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
Paleozoico	Devónico	Devónico Superior	Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
	Devónico	Devónico Inferior	Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
			Depositos marinos	1000	
Carbonífero	Carbonífero Superior	Depositos marinos	1000		
		Depositos marinos	1000		
		Depositos marinos	1000		
		Depositos marinos	1000		

Fuente: INGEMMET. Cuadrángulo 21-k – Ambo.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_ari@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR

LABORTEC
Ing. Rito A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306922

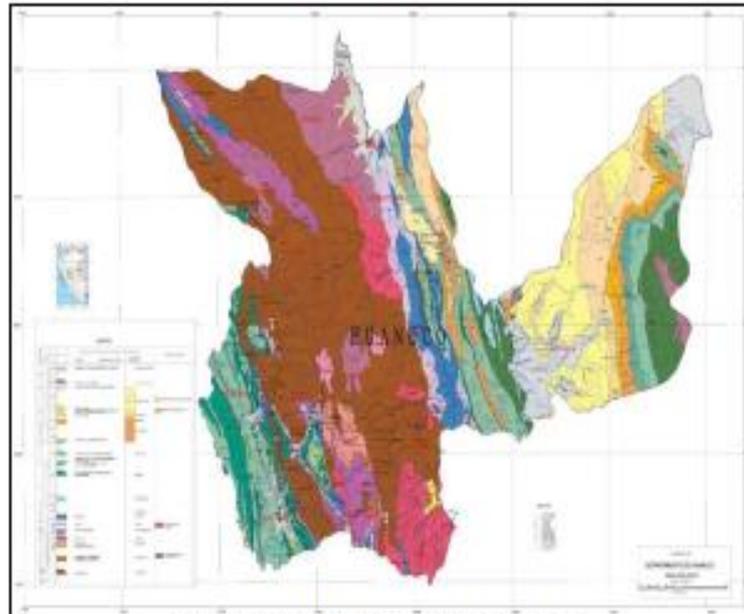


LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



**MAPA N° 05 - GEOLOGÍA DEL CUADRÁNGULO DE LA REGIÓN HUÁNUCO -
INGEMMET.**



Fuente: INGEMMET. Cuadrángulo 21-k - Ambo.

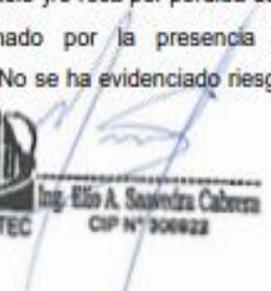
2.3. Geodinámica Externa

Los riesgos geológicos como deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas, erosión de laderas, están relacionados a las fuertes pendientes, abundantes precipitaciones, mal uso de las tierras de cultivo y a la ocurrencia de sismos. En la zona de Estudio no se observan:

- **Erosión de laderas.** - Se entiende por erosión de laderas todos los procesos que ocasionan el desgaste y traslado de los materiales de superficie (suelo o roca). Ello se produce por el continuo ataque de agentes erosivos tales como: agua de lluvias, escurrimiento superficial, vientos, etc., que tienden a degradar la superficie natural del terreno. El terreno es producto del proceso de intemperización de estas montañas rocosas y al corte realizado en el área en estudio existente. Durante la etapa de exploración, No se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.

- **Derrumbes.** - Es la caída repentina de una porción de suelo y/o roca por pérdida de la resistencia al esfuerzo cortante, suele estar condicionado por la presencia de discontinuidades o grietas. Durante la etapa de exploración, No se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC
Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 908922



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- **Huaycos.** - Son avenidas intempestivas de agua turbia y turbulenta, y/o flujos viscosos rápidos, cargados de barro, sólidos de diferentes tamaños provenientes de rocas y suelos aguas arriba de la quebrada, a consecuencia de una fuerte precipitación pluvial de corto periodo. Durante la etapa de exploración, No se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Deslizamientos.** - Es la ruptura o desplazamiento pendiente abajo y hacia fuera, de pequeñas a grandes masas de suelo, rocas o combinaciones de estos en un talud natural o artificial. Se caracteriza por presentar necesariamente un plano de deslizamiento o falla a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento. Durante la etapa de exploración, NO se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.
- **Inundaciones.** - Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, por desbordamiento de ríos, ramblas, por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual, por maremotos, etc. Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles, vegas y riberas, donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura. Durante la etapa de exploración, NO se ha evidenciado riesgos de esta naturaleza.

2.4. Geodinámica Interna

De acuerdo con el análisis sismo tectónico se considera que en la tierra existen dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como Círculo Alpino Himalayo y el Círculo Circumpacífico. En esta última zona está localizado nuestro país, considerado como una región de alta actividad sísmica. El área que comprende el Proyecto no se mapeó presencia de estructuras geológicas importantes, tales como fallas geológicas activas o inactivas, discordancias, fracturas y grietas de gran potencia, sin embargo, se debe tener en cuenta la sismicidad de la zona.

2.5. SISMICIDAD

El área que comprende el Proyecto no se mapeó presencia de estructuras geológicas importantes, tales como fallas geológicas activas o inactivas, discordancias, fracturas y grietas de gran potencia, sin embargo, se debe tener en cuenta la sismicidad de la zona.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_sir@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
Ing. Elío A. Sauerza Cabrea
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



MAPA N° 06 - ZONIFICACIÓN SÍSMICA



*Fuente -E-30

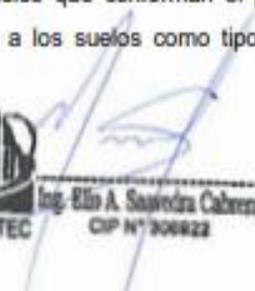
Según los Mapas de Zonificación Sísmicas y Mapa de Máximas Intensidades Sísmicas del Perú y de acuerdo con las Normas Sismo - Resistentes del Reglamento Nacional de Construcciones E - 050, el Distrito de Ambo, Provincia Ambo y Departamento de Huánuco se encuentra comprendida en la Zona 2 correspondiéndole una sismicidad media y de intensidad V a VI en la escala Mercalli Modificada con un suelo de cimentación tipo 2 (S2), Suelos Intermedios.

Cuadro N° 03 - PARÁMETROS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

El factor de suelo depende de las características de los suelos que conforman el perfil estratigráfico. Teniendo en cuenta el terreno, clasificaremos a los suelos como tipo S2, Suelos Intermedios correspondiéndole un valor de $S_2 = 1,20$.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



Cuadro N° 04 - FACTOR 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

De acuerdo con las Normas Peruanas de Diseño Sismo Resistente, La fuerza sísmica horizontal (V) que debe utilizarse para el diseño de una estructura debe calcularse con la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$$

Dónde:

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

S = Factor de suelo

C = Coeficiente sísmico

P = Peso de la edificación

R = Coeficiente de reducción

El coeficiente sísmico se debe calcular en función del período de vibración fundamental de la estructura (T), y del período predominante de vibración del perfil del suelo (TL(s)) = 2,0, recomendándose para este último un valor de TP(s) = 0,6 segundos.

Cuadro N° 05 – PERFIL DE SUELO - PERIODOS "T_p Y T_L"

	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

3. INVESTIGACIONES EN CAMPO

3.1. METODOLOGIA

La técnica empleada para el presente estudio está según la NPT 339.162:2018. Del reglamento nacional de construcción norma técnica de edificación e.050 suelos y



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



cimentaciones, el profesional responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.

Se excavaron tres (3) Calicata o Pozo a cielo abierto, la cual se profundizo a 1.50 m, 1.60m y hasta un máximo de 1.70 mts.

Estos sondajes se ubicaron de tal forma que permitan establecer una información estratigráfica adecuada para adoptar los criterios de cimentación para la estructura, considerando la ubicación de las diferentes estructuras a construir (colegios, edificios, hospitales, etc.).

Se tomaron muestras disturbadas a lo largo de las excavaciones, en cantidad suficiente para su análisis.

De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar los ensayos de sus características físicas, llevándose un registro correlativo de muestras, que permitió controlar la procedencia y ubicación de cada muestra.

3.2. REGISTRO DE CALICATAS.

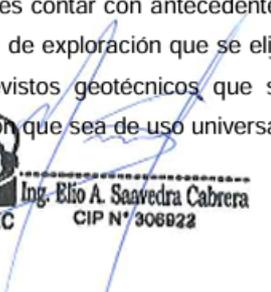
Como parte de la evaluación geotécnica del suelo de subrasante existente a lo largo del área del proyecto, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, mediante la excavación de calicatas a cielo abierto y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

3.3. MUESTREO DE SUELOS

El objetivo del muestreo de suelos es obtener información confiable sobre un suelo específico. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado "población", tales muestras podrán ser o no representativas de la misma, dependiendo de cómo hayan sido seleccionadas y colectadas. Todos los suelos son naturalmente variables: sus propiedades cambian, horizontalmente, de manera transversal al paisaje y, verticalmente, más abajo del perfil del suelo. Lo primero que hay que consignar en la obtención de una muestra es que ésta sea representativa del terreno.

Todo estudio geotécnico debe iniciarse con un reconocimiento detallado del terreno a cargo de personal experimentado. El objetivo de este reconocimiento es contar con antecedentes geotécnicos previos para programar la exploración. El programa de exploración que se elija debe tener suficiente flexibilidad para adaptarse a los imprevistos geotécnicos que se presenten. No existen un método de reconocimiento o exploración que sea de uso universal,

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



para todos los tipos de suelos existentes y para todas las estructuras u obras que se estudian.

a) Calicatas

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo.

Es necesario registrar la ubicación y elevación de cada pozo, los que son numerados según la ubicación. Si un pozo programado no se ejecuta, es preferible mantener el número del pozo en el registro como "no realizado" en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones. A cada calicata se le deberá realizar un registro adecuado que pasará a formar parte del informe respectivo.

b) Muestras alteradas

Se obtienen en general de las paredes de los pozos y comprometen estratos determinados o bien la suma de algunos de ellos, como es el caso de la investigación de yacimientos. Estas muestras deben guardarse en bolsas impermeables y de resistencia adecuada. Cada bolsa debe identificarse clara e indeleblemente.

Muestras en bolsas: Las muestras en bolsas se toman con pala, barreta o cualquier otra herramienta de mano conveniente y se colocan en bolsas sin tratar de mantener al suelo en forma inalterada.

c) Muestras inalteradas.

Este tipo de muestra se recorta de las paredes de los pozos y compromete estratos bien definidos. Después de cortadas deben revestirse con una capa de parafina sólida aplicada con brocha. Es conveniente agregar alrededor de un 30% de cera virgen a la parafina sólida con el fin de que la capa protectora sea menos rígida.

Si la consistencia de la muestra es relativamente blanda, debe rodearse de grasa y recubrir una vez más con parafina sólida y cera. Una vez dado el tratamiento anterior, debe colocarse en cajas de madera con aserrín u otro producto que actúe como amortiguador de golpes. Las muestras sin perturbar deberán tomarse apenas excavadas las calicatas, en especial cuando se trate de suelos cuya estructura se ve afectada por los cambios de humedad. En todo caso, al tomar una muestra no perturbada, debe elegirse la pared de la calicata menos expuesta al sol y debe excavar el espesor superficial que haya sido afectado por los cambios de humedad. No deben escatimarse esfuerzos en el embalaje

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 982987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



adecuado de las muestras, ya que el grado de perturbación que se le ocasione a una muestra no perturbada es irrecuperable y lleva a resultados erróneos.

En las calicatas, es posible realizar ensayos en sitio tales como las pruebas de carga con placas, CBR, permeabilidades, medidas de densidad, etc. Las pruebas de carga pueden realizarse contra el fondo de la perforación o las paredes de la misma. Cada vez que sea necesario realizar un ensayo en sitio en una calicata, la excavación deberá realizarse considerando este hecho, dado que este tipo de prueba obliga a tomar medidas especiales que determinan la forma de excavación.

Es así como la toma de densidades obliga a realizar éstas a medida que la excavación se realiza, o bien es necesario dejar bancos intermedios. El muestreo es tan importante como el ensayo y se deben tomar las precauciones para obtener muestras que exhiban la naturaleza real y condiciones de los suelos que se representan.

Salvo situaciones que exijan determinación de resistencia o consolidación, las muestras necesarias para diseño de superestructura de obras proyectadas. Dentro de los trabajos exploratorios se realiza una prospección visual manual, para obtener algunos parámetros en campo como son:

- **Tamaño:** Los suelos gruesos son aquellos en que más de la mitad de las partículas son visibles. En esta estimación se excluyen las partículas gruesas mayores a 80 mm (3"); sin embargo, tal fracción debe ser estimada visualmente y el porcentaje indicado independientemente del material inferior a 80 mm. La fracción gruesa comprende los tamaños de gravas y arenas, y la fracción fina los limos y arcillas. En caso de suelos mixtos, la muestra se identificará sobre la base de la fracción predominante usando los siguientes adjetivos, según la proporción de la fracción menos representativa; indicios: 0-10%, poco: 10-20%, algo: 20-35%; y abundante: 35-50%.
- **Olor:** Las muestras recientes de suelos orgánicos tienen un olor distintivo que ayuda a su identificación. El olor puede hacerse manifiesto calentando una muestra húmeda.
- **Color:** Se debe indicar el color predominante.
- **Humedad:** En las muestras recientes deberá registrarse la humedad. Los materiales secos necesitan una cantidad considerable de agua para obtener un óptimo de compactación. Los materiales húmedos están cerca del contenido óptimo. Los mojados necesitan secarse para llegar al óptimo, y los saturados son los suelos ubicados bajo un nivel freático.
- **Estructura:** Si los materiales presentan capas alternadas de varios tipos o colores se denominará estratificado; si las capas o colores son delgados, inferior a 6 mm, será

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR





LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



descrito como laminado; fisurado si presenta grietas definidas; lenticular si presenta inclusión de suelos de textura diferente.

- **Cementación:** Algunos suelos muestran definida evidencia de cementación en estado inalterado. Esto debe destacarse e indicar el grado de cementación, descrito como débil o fuerte. Verificando con ácido clorhídrico si es debida a carbonatos y su intensidad como ninguna, débil o fuerte.
- **Densificación:** La compactación o densidad relativa de suelos sin cohesión puede ser descrita como suelta o densa, dependiendo de la dificultad que oponga a la penetración de una cuña de madera.

La consistencia de suelos cohesivos puede ser determinada en sitio o sobre muestras inalteradas de acuerdo con el criterio indicado.

Los valores de resistencia al corte están basados en correlaciones con penetrómetro de bolsillo usado frecuentemente para estimar la consistencia.

- **Clasificación:** Se debe indicar además la clasificación probable. Pueden usarse clasificaciones dobles cuando un suelo no pertenece claramente a uno de los grupos, pero tiene fuertes características de ambos grupos. Deben colocarse entre paréntesis para indicar que han sido estimadas.
- **Nombre local:** El uso de nombres típicos tales como caliche, maicillo, pumicita, canchagua, etc., además de su designación según el sistema de clasificación de suelo, ayuda a identificar sus condiciones naturales.

Todos los trabajos de campo fueron realizados, por el personal calificado del laboratorio de suelo LABORTEC E.I.R.L., a cargo del Técnico ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA y se programaron de tal manera que toda el área de investigación fuera cubierta. Las características físicas y mecánicas del material extraído se pueden ver en los registros correspondientes de los perfiles estratigráficos de sondaje.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras seleccionadas como representativas fueron enviadas al Laboratorio Técnico especializado en Suelos, Concreto y Asfalto, para la realización de los ensayos estándar, para determinar el Angulo de fricción interna de los suelos y la cohesión del mismo, para el cálculo de la capacidad portante.

4.1. ENSAYOS ESTÁNDAR

Con las muestras de suelos tomadas en el campo se han efectuado los siguientes ensayos, con fines de identificación de suelos:

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eir@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR

Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



CUADRO N° 06

- Análisis Granulométrico por tamizado	(NTP 339.128)
- Limite Líquido	(NTP 339.129)
- Limite Plástico	(NTP 339.129)
- Contenido de Humedad	(NTP339.127)
- Peso volumétrico	(NTP 339.139:1999)
- Densidad Natural	(Norma ASTM D1556)4.
- Clasificación SUCS.	(NTP 339.134)4.
- Ensayo de corte directo	(NTP 339.171:2002)
- Sales solubles en los suelos	(NTP 339.152:2002)

4.2. TRABAJOS EN LABORATORIO

Antes de su ingreso al laboratorio para el análisis respectivo, las muestras tienen que ser secadas, molidas, tamizadas, homogenizadas, cuarteadas y correctamente identificadas, según el objetivo que se persiga con ellas.

Antes de su ingreso al laboratorio para el análisis respectivo, las muestras tienen que ser secadas, molidas, tamizadas, homogenizadas, cuarteadas y correctamente identificadas, según el objetivo que se persiga con ellas.

4.2.1. Secado

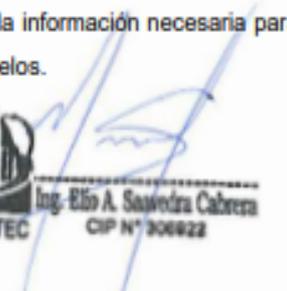
Las muestras que se piensan almacenar durante algún tiempo antes de concluirlos análisis se deben secar previamente para evitar cambios químicos que se puedan producir al almacenarlas húmedas durante mucho tiempo. Debido a las rápidas variaciones que se producen en las condiciones químicas del suelo durante la desecación, algunos análisis se recomiendan hacerlos usando muestras húmedas poco después de haber sido tomadas en el campo.

Los valores que pueden sufrir cambios durante el desecado son los que corresponden a pH. Muchas determinaciones no se afectan significativamente al ser secadas al aire con el fin de almacenarlas. Para el secado, las muestras se extienden en una superficie plana sobre bandejas o papel limpio, en un local bien ventilado. Se debe evitar el secado brusco utilizando altas temperaturas.

4.2.2. Identificación

Una vez homogenizadas las muestras se envasan adecuadamente en bolsas de plástico o papel, selladas adecuadamente y se identifican con toda la información necesaria para ser procesado en los ensayos básicos de clasificación de suelos.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_srl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



4.2.3. Granulometría

La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca. Aprenderemos a utilizarla como un instrumento en la clasificación de los materiales, ya que la descripción por tamaño tiene especial interés en la selección de materiales para rellenos de carreteras y presas, los cuales requieren materiales con graduaciones determinadas.

IMAGEN N° 04 – ENSAYO GRANULOMETRICO



Distribución Granulométrica: Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división de este en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que le sigue correlativamente.

4.2.4. Clasificación de Suelos

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) deriva de un sistema desarrollado por A. Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra. Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de granos gruesos y de granos finos.

Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz 5 mm. A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla.

Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor.

4.2.5. Contenido de Humedad

El proceso de la obtención del contenido de humedad de una muestra se hace en laboratorios, el equipo de trabajo consiste en un horno donde la temperatura pueda ser controlable. Una vez tomada la muestra del sólido en estado natural se introduce al horno. Ahí se calienta el espécimen a una temperatura de más de 100 grados Celsius, para producir la evaporación del agua y su escape a través de ventanillas. Se debe ser cuidadoso de no sobrepasar el límite, para no correr el riesgo de que el suelo quede cremado con la alteración del cociente de la determinación del contenido de humedad. El material debe permanecer un periodo de doce horas en el horno, por esta razón se acostumbra a iniciar el calentamiento de la muestra de suelo al final del día, para que así se deshidrate durante toda la noche. El objetivo del estudio es conocer y determinar el porcentaje de humedad de suelo.

Es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y la parte sólida del suelo (partículas minerales del suelo).

Se muestra en la siguiente expresión:

$$w(\%) = \frac{Ww * 100}{Ws}$$

Ww = Peso del agua en la muestra

Ws = Peso del suelo seco

4.2.6. Límites de Atterberg (LL, LP, IP)

• Determinación del límite líquido, plástico e índice plástico.

El objetivo del ensayo es determinar el límite líquido, plástico e índice plástico de una muestra de suelo.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR





LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Una vez realizado el análisis granulométrico el cual nos permite estudiar el tamaño de estas partículas y medir la importancia que tendrán según la fracción de suelo que representen (gruesos, gravas, arenas, limos y arcillas). Si bien un análisis granulométrico es suficiente para gravas y arenas, cuando se trata de arcillas y limos, turbas y margas se debe completar el estudio con ensayos que definan la plasticidad del material.

Límite Líquido LL: es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado líquido. En este estado la mezcla se comporta como un fluido viscoso y fluye bajo su propio peso. Por debajo de este contenido de humedad la mezcla se encuentra en estado plástico. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LL produce un cambio en el volumen del suelo.

Límite Plástico LP: es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión. Por debajo de este contenido de humedad la mezcla está en un estado semi sólido. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LP produce un cambio en el volumen del suelo.

Índice de Plasticidad IP: Atterberg definió el índice de plasticidad para describir el rango de contenido de humedad natural sobre el cual el suelo era plástico. El índice de plasticidad IP, es por tanto numéricamente igual a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

5. PERFILES ESTATIGRÁFICOS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación de campo realizada en la zona, en base a la calicata, luego del estudio obtenido de los récords de las excavaciones, así como los ensayos de laboratorio, se puede establecer la siguiente descripción:

- Las calicatas y trincheras serán realizadas según la NTP 339.162:2018. del Reglamento Nacional De Construcción NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, El Profesional Responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.
- Se realizó una descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – Manual según NTP 339.150:2018.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR



LABORTEC
Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 308822



Calicata C-01, C-02 y C-03

- De 0.00 a 0.10 m. – PT - Suelo disturbado
- De 0.10 a 1.50m, de 0.1 a 1.60m y 0.1 a 1.70m. – GC – Grava arcillosa

		C-1	C-2	C-3
		0.10 a 1.50m	0.10 a 1.60m	0.1 a 1.70m
Contenido de Humedad	(%)	12.55	12.30	12.40
Límite Líquido (LL)	(%)	25.59	24.9	25.01
Límite Plástico (LP)	(%)	16.82	16.01	16.23
Índice Plástico (IP)	(%)	8.77	8.89	8.78
Clasificación (S.U.C.S.)		GC	GC	GC
Clasificación (AASHTO)		A-1-b	A-1-b	A-1-b
Color		Marrón - Claro	Marrón - Claro	Marrón - Claro
Consistencia		Plástica	Plástica	Plástica
Índice de Grupo		0	0	0

6. ANALISIS DE LA CIMENTACION DE LAS DIVERSAS ESTRUCTURAS

6.1. Objetivo del Estudio

De acuerdo con la información proporcionada por el solicitante del proyecto: **“APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”**.

Se va a construir diferentes estructuras para lo cual se tomaron muestras alteradas e inalteradas en diferentes puntos, para determinar el Angulo de fricción y la cohesión interna de los suelos donde se edificarán dichas estructuras.

6.2. Tipo De Cimentación

En estas estructuras se va emplear un sistema estructural tradicional, que transmite sus cargas al terreno de cimentación mediante una losa o platea de cimentación.

El concepto estructural de la platea de cimentación consiste en que, si tomamos el centro de la losa como punto de giro, los momentos hacia la derecha son iguales a los de la izquierda, de esta manera se consigue que las presiones hacia el terreno sean constantes. Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas se recomienda utilizar una losa de cimentación para todas las estructuras proyectadas.

6.3. Profundidad de la Cimentación.

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de ausencia nivel freático y las características de las estructuras, se recomienda cimentar a una profundidad:

Df = 1.50 m. Para todas las estructuras

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



6.4. Cálculo y análisis de la capacidad Portante Admisible

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para cimentación.

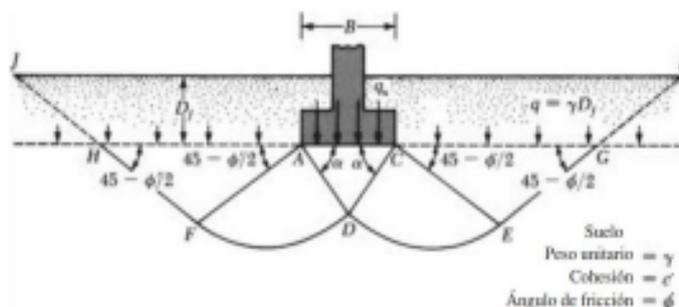
Del análisis de los resultados, de la revisión y verificación de los datos de campo y aplicando la experiencia del suscrito en este tipo de suelos, se ha seleccionado como representativa para los cálculos de la capacidad portante los resultados indicados y se ha considerado el criterio de falla local para los presentes cálculos.

$$q_b = 1.3C * N_c + \gamma_1 * D_f * N_\gamma + 0.5 * \gamma_2 * B * N_q$$

Para los cálculos se utilizaron formulas del libro **FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA GEOTÉCNICA** autor BRAJA M. DAS cuarta edición ítem 16.3 (teoría de terzaghi de la capacidad última de carga)

Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría global para evaluar la capacidad última de carga de cimentaciones poco profundas. De acuerdo con esta teoría, una cimentación es poco profunda si la profundidad, D_f (fi gura 16.3), es menor o igual que el ancho de la cimentación. Sin embargo, investigadores posteriores han sugerido que las cimentaciones con D_f igual a 3 a 4 veces el ancho de la cimentación se pueden definir como cimentaciones poco profundas.

Terzaghi sugirió que para una cimentación continua o de franja (es decir, la razón de ancho a largo de la cimentación tiende a 0), la superficie de falla en el suelo a carga máxima puede suponerse similar a la mostrada en la fi gura 16.3. (Note que éste es el caso de falla de corte general, tal como se define en la fi gura 16.1a.) El efecto del suelo por encima del fondo de la cimentación también puede suponerse y ser remplazado por una sobrecarga equivalente.



Falla de la capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación continua rígida en grava



Utilizando el análisis de equilibrio, Terzaghi expresa la capacidad última de carga en la forma:

$$q_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (\text{cimentación en franja})$$

Zapatas cuadradas:

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Zapatas circulares:

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$$

6.4.1. Capacidad Portante densidad máxima C-01, C-02 Y C-03

De acuerdo a las dimensiones las zapatas aisladas empleadas en los sistemas de diseño, se ha considerado un ancho de cimentación de 1.20 m y una profundidad de 1.50m. para las zapatas cuadradas. De acuerdo a lo verificado In Situ, confirmado en Laboratorio, se han obtenido los siguientes valores:

- **ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA:** $\phi = 36.12^\circ$ (C-01), 36.31° (C-02) y 36.23° (C-03).
- **COHESION KN/M2:** 26.58(C-01), 26.38° (C-02) y 26.49° (C-03).
- **PESO ESPEIFICO KN/M3:** 20.17(C-01), 20.15° (C-02) y 20.08° (C-03).

7. AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

De los resultados de las muestras obtenidas de la calicata para efectos de este informe se han seleccionado las muestras representativas de cada calicata en donde arroja los siguientes valores:

TABLA N°08 - ELEMENTOS QUIMICOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACION

PRESENCIA EN EL SUELO DE:	P.P.M.	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
*SULFATOS	0-1000 1000 - 2000 2000 - 20,000 >20,000	LEVE MODERADO SEVERO MUY SEVERO	OCASIONA UN ATAQUE QUIMICO AL CONCRETO DE LA CIMENTACION
**CLORUROS	> 6,000	PERJUDICIAL	OCASIONA PROBLEMAS DE CORROSION DE ARMADURAS O ELEMENTOS METALICOS
**SALES SOLUBLES	> 15,000	PERJUDICIAL	OCASIONA PROBLEMAS DE PERDIDA DE RESISTENCIA MECÁNICA POR PROBLEMA DE LIXIVIACION

* Comité 318-83 ACI

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Laborotec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR

 **Ing. Elio A. Saavedra Cabrera**
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



** Experiencia existente

CALICATA 01, 02 Y 03

REPORTE DE RESULTADOS	LIMITES PERMISIBLES	RESULTADOS	
	%	VALOR	UNDADES
Sulfatos como ión SO ₄	0.06	0.0487	%
Cloruros como ión Cl	0.10	0.0412	%
pH a 15.9°C	>4	7.4	

Los principales elementos químicos para evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente.

Observamos que la concentración de sales cloruros en la calicata, se encuentra por debajo de los valores permisibles, siendo el valor máximo obtenido igual a = 412 ppm que corresponde a la calicata C-01, menor que 6000ppm (valor permisible para cloruros), por lo que no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación. De igual manera observamos concentraciones de sales sulfatos por debajo del valor permisible, siendo el valor máximo obtenido igual a = 487 ppm SO₄, que corresponde a la calicata C-01, menor que 1000 ppm SO₄ (valor permisible para sulfatos) por lo que va a ocasionar un ataque insignificante a leve al concreto de la cimentación

8. AGUA EN EL SUELO

8.1. INTRODUCCIÓN

Después de haber analizado las propiedades más importantes y necesarias para una identificación y clasificación de los suelos, se sigue con el estudio de las propiedades mecánicas relacionadas con una de sus fases, la fase líquida, que generalmente se refiere al agua en sus diferentes formas o estados. Las aguas Freáticas, son entonces las aguas que encontramos cuando el suelo está saturado, y están por debajo de este nivel freático. Este nivel freático es muy variable, y encontramos que, en el verano, cuando el calor se hace más intenso, el nivel freático baja, por el proceso de evaporación que genera el calor en el verano. Así también encontramos que el nivel freático en el tiempo de lluvia, sube, y puede llegar hasta muy altos niveles, es decir a muy poca profundidad, el sitio donde empiezan las aguas freáticas, pudiendo ser un factor importante en la construcción.

8.2. RECONOCIMIENTO DE AGUAS FREÁTICAS

En el campo podemos conocer el nivel del agua freática abriendo un hueco en la tierra, de tal manera que podamos ver dentro del (50 x 50 centímetros), y esperar que el nivel del agua se estabilice.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC
Ing. Elío A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306822



De esta forma podemos después de una hora más o menos, que el nivel donde tenemos el agua será el nivel freático, para poder saber dónde se encuentra el nivel freático simplemente se toma la distancia de la superficie de la tierra, al punto donde el suelo está saturado, hallamos el Nivel Freático.

El punto donde el suelo está saturado de agua se puede hallar por medio del ensayo de Contenido de Humedad, el cual nos permite saber, que porcentaje de agua hay en los vacíos del suelo, y cuando este porcentaje sea el 70% al 80%, querrá decir que este suelo está saturado, estando dentro de las aguas freáticas.

Durante la realización del presente informe se realizó una calicata con el fin de determinar la profundidad del nivel freático con respecto a la topografía del terreno y no se detectó la presencia de la misma hasta la profundidad máxima prospectada que fue de 1.50 m.

Cuadro N° 07 – UBICACIÓN DE NIVEL FREATICO

UBICACIÓN	NIVEL FREATICO	PROFUNDIDAD
C-01, 02 y 03	NO	-

Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.

9. PARÁMETROS DE EMPUJE LATERAL DE TIERRAS

Para definir el empuje de los suelos sobre las estructuras de retención, podemos decir en forma general, que en ellos se involucran todos los problemas que se le presentan al ingeniero para determinar las tensiones en la masa del suelo que actúan sobre una estructura. En este apunte daremos las nociones básicas para poder calcular los empujes laterales de los suelos contra las estructuras. Como primera medida debemos decir que el tipo de empuje depende, tanto de la naturaleza del suelo como del tipo de estructura, ya que se trata de un problema de interacción entre ambos. La mecánica de suelos se basa en varias teorías para calcular la distribución de tensiones que se producen en los suelos y sobre las estructuras de retención.

Cronológicamente, Coulomb (1776) fue el primero que estudió la distribución de tensiones sobre muros.

Posteriormente, Rankine (1875) publicó sus experiencias, y por último y ya en el siglo XX se conoce la teoría de la cuña, debida a varios autores, pero especialmente a Terzaghi.

$$K_o \approx 1 - \text{sen } \phi$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR

 Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



CALICATA C-01, C-02 y C-03

COEFICIENTE DE REPOSO				
CORTE DIRECTO		C- 01	C- 02	C- 03
\emptyset	=	36.12	36.31	36.23
Ko	=	0.070	0.065	0.075
COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA				
\emptyset	=	36.12	36.31	36.23
Ka	=	0.257	0.239	0.275

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El área en estudio se ubica en el Distrito de Ambo, Provincia de Ambo, Departamento de Huánuco, a una altitud promedio de 2694 m.s.n.m. La temperatura promedio es de 18-23°C.
- La muestra de la Calicata 01, 02 y 03 corresponden a una clasificación de suelos SUCS: GC: Grava arcillosa.
- Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de ausencia nivel freático y las características de las estructuras, se recomienda cimentar a una profundidad: **Df = 1.50 m.** del nivel 0.00m.
- Deberá garantizarse que las Zapatas cuadrada e interconectadas de cimentación queden apoyados sobre materiales adecuados para la capacidad especificada y particularmente sobre los estratos recomendados.
- Se realizó una descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – Manual según NTP 339.150:2018.
- Las Excavaciones se realizaron de manera manual utilizando (picos, palas y barretas) de manera de poder encontrar terreno firme.
- Los asentamientos producidos debido a la solicitud de las cargas actuantes serán absorbidos por la cimentación propuesta.
- En el área de estudio se determinó que no hay presencia de nivel freático no siendo perjudicial para las estructuras si la cimentación y las zapatas son implementadas con un **Df** no mayor a 2.00 m por todo lo expuesto se concluye usar el cemento tipo I para las estructuras que conformaran la cimentación.
- **Si en el periodo de diseños se hacen cambios o si durante la construcción se encuentran diferencias con las condiciones del subsuelo establecidas en este informe, se debe comunicar a un especialista en mecánica de suelos para evaluar las recomendaciones de este informe.**

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR


Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 306922



LABORTEC
LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



- Se recomienda realizar un control de calidad de todos los materiales e utilizarse en la construcción de los cimientos, en especial a los agregados (piedra y arena).
- Se recomienda no cimentar sobre rellenos no controlados, para los falsos pisos se debe retirar el material de relleno a una profundidad de 40 cm, los cuales deberán ser reemplazado por material granular debidamente seleccionado y compactados antes de iniciar la construcción de la cimentación.
- El Material Seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
 - a) Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
 - b) Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en todo su espesor.
- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m² con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m²) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor. Seguir las recomendaciones.
- Según los mapas de zonificación sísmica y mapas de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo con las normas sismo-resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el Distrito de Ambo, Provincia de Ambo y Región Huánuco, se encuentra comprendida en la zona 2

Parámetro de Suelo T _p (seg.)	0.60 seg.
Parámetro de Suelo T _L (seg.)	2.0 seg.
Perfil de suelos	Tipo 2 - Suelos Intermedios
Factor de Suelo - S ₂	1.20
Factor de Zona - 2	0.25

Los resultados de este estudio se aplican exclusivamente al proyecto: **"APLICACIÓN DEL MÉTODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024"**, no se pueden utilizar en otros sectores o para otros fines.

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eiri@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe puede ser verificado mediante el código QR


LABORTEC
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
CIP N° 300822

ANEXO 5
PANEL FOTOGRAFICO DEL ESTUDIO EN CAMPO Y
LABORATORIO

FOTOGRAFIAS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXTRACCIÓN DE MATERIAL	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. Se realizo calicatas cerca al talud para obtener muestra que será utilizada para los ensayos de granulometría, limite líquido y limite plástico</p>	

EXTRACCIÓN DE MATERIAL	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024 ”</p>	
<p>2. Extracción de muestra de la calicata para posteriores ensayos a realizar</p>	

	TALUD UBICADO EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO,2024 ”</p>	
<p>3. VERIFICACION DEL AREA: Talud ubicado para aplicación del método ERDOX en la estabilización de talud</p>	
	TALUD UBICADO EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO,2024 ”</p>	
<p>1. VERIFICACION DEL AREA: Talud ubicado para aplicación del método ERDOX en la estabilización de talud</p>	

TALUD UBICADO EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. VERIFICACION DEL AREA: Talud ubicado para aplicación del método ERDOX en la estabilización de talud</p>	

TALUD UBICADO EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. VERIFICACION DEL AREA: Talud ubicado para aplicación del método ERDOX en la estabilización de talud</p>	

	TALUD UBICADO EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>2. VERIFICACIÓN DEL AREA: Talud ubicado para aplicación del método ERDOX en la estabilización de talud</p>	
	TALUD UBICADO EN LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>2. VERIFICACION DEL AREA: Talud ubicado para aplicación del método ERDOX en la estabilización de talud</p>	

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”



1. PESO MUESTRA HUMEDA: se realiza el peso de la muestra húmeda, (se tomó una muestra de 500 g), esto debido a que se midió la muestra y se encontró un límite de 3/8.

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”



1. CANTIDAD DE MUESTRA: según la muestra que se sacó se procedió a medir y nos dio 3/8 por lo tanto se extrajo una muestra de 500 g para realizar el ensayo de granulometría.

ENSAYO DE GRANULOMETRIA	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024 ”</p>	
<p>2. PESO MUESTRA HUMEDA: se realiza el peso de la muestra húmeda, (se tomó una muestra de 500 g), esto debido a que se midió la muestra y se encontró un límite de 3/8.</p>	

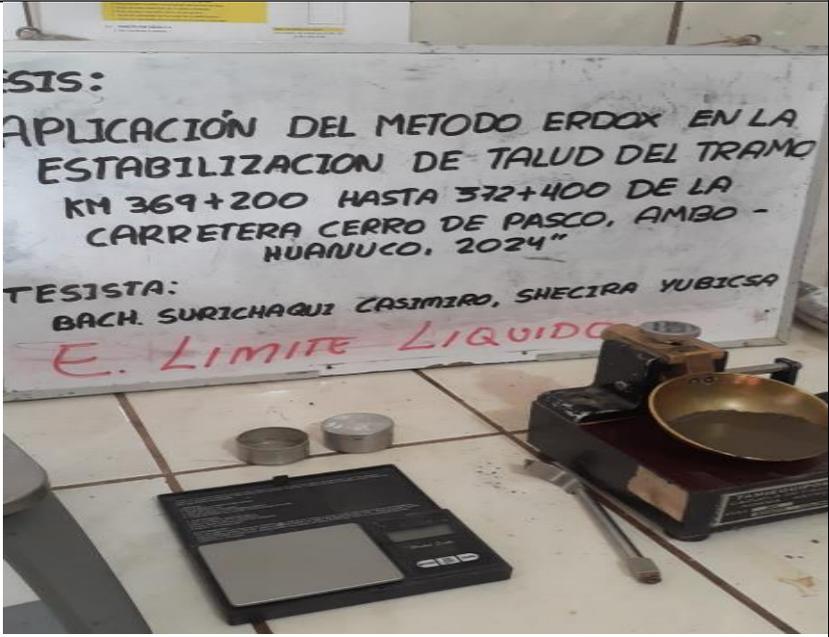
ENSAYO DE GRANULOMETRIA	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024 ”</p>	
<p>3. Peso seco de la muestra: se procedió a pesar la muestra secada en el horno por 12 horas</p>	

ENSAYO DE GRANULOMETRIA	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024 ”</p>	
<p>4. LABADO DE LA MUESTRA: se procedió a lavar la muestra seca, lo que pasa por la malla serán finos y arcillas lo que se queda dentro de la malla será la grava.</p>	

ENSAYO DE GRANULOMETRIA	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024 ”</p>	
<p>5. PESO SECO LAVADO DE LA MUESTRA: se procedió a secas la muestra en el horno y a pesarlo nuevamente.</p>	

ENSAYO DE GRANULOMETRIA	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. TAMIZADO DE LA MUESTRA.</p>	

ENSAYO DE GRANULOMETRIA	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. TAMIZADO DE LA MUESTRA: se procedió a pesar cada muestra por tamiz</p>	

LIMITE LIQUIDO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024 ”</p>	
<p>1. LIMITE LIQUIDO: después del tamizado se extrae todo lo que quedo en la malla N°40, se pasara a un recipiente una pequeña cantidad y se agrega un agua según lo requiera. Hasta obtener la consistencia requerida para este ensayo.</p>	

LIMITE LIQUIDO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024 ”</p>	
<p>1. LIMITE LIQUIDO: se colocará la muestra obtenida en la copa de casa grande y se generara para el primer ensayo 15 golpes, para el segundo ensayo 25 golpes y para el tercer ensayo 35 golpes.</p>	

LIMITE LIQUIDO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO,2024 ”</p>	
<p>1. LIMITE LIQUIDO: se extraerá de la copa de Casagrande las muestras obtenidas que fallaron y se llevara a secar al horno durante 24 horas.</p>	

LIMITE LIQUIDO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACION DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO,2024 ”</p>	
<p>1. LIMITE LIQUIDO: pasado las 24 horas se llevará a pesar las muestras en la balanza.</p>	

LIMITE PLASTICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. LIMITE PLASTICO: de la muestra obtenida para el siguiente ensayo se generarán rollitos de 3 mm</p>	

LIMITE PLASTICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. LIMITE PLASTICO: se almacenarán en un recipiente pequeño y se llevara a pesar en la balanza</p>	

LIMITE PLASTICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. LIMITE PLASTICO: de las muestras obtenidas se llevan a secar al horno por 24 horas</p>	

LIMITE PLASTICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. LIMITE PLASTICO: pasado las 24 horas se llevará a pesar las muestras secas</p>	

PESO ESPECIFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. PESO ESPECIFICO: Se sacará 10 gramos de muestra del suelo y se tamizará por la malla N°40</p>	

PESO ESPECIFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. PESO ESPECIFICO: Se procederá a llenar agua hasta donde indica la fiola.</p>	

PESO ESPECIFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. PESO ESPECIFICO: se procederá a llenar la muestra es la fiola con agua</p>	

PESO ESPECIFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>1. PESO ESPECIFICO: se procederá a girar la fiola de manera constante hasta que se mezcle el agua completamente con la muestra.</p>	

PESO ESPECIFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 20 24”</p>	
<p>1. PESO ESPECIFICO: el contenido debe de quedar completamente homogeneizado</p>	

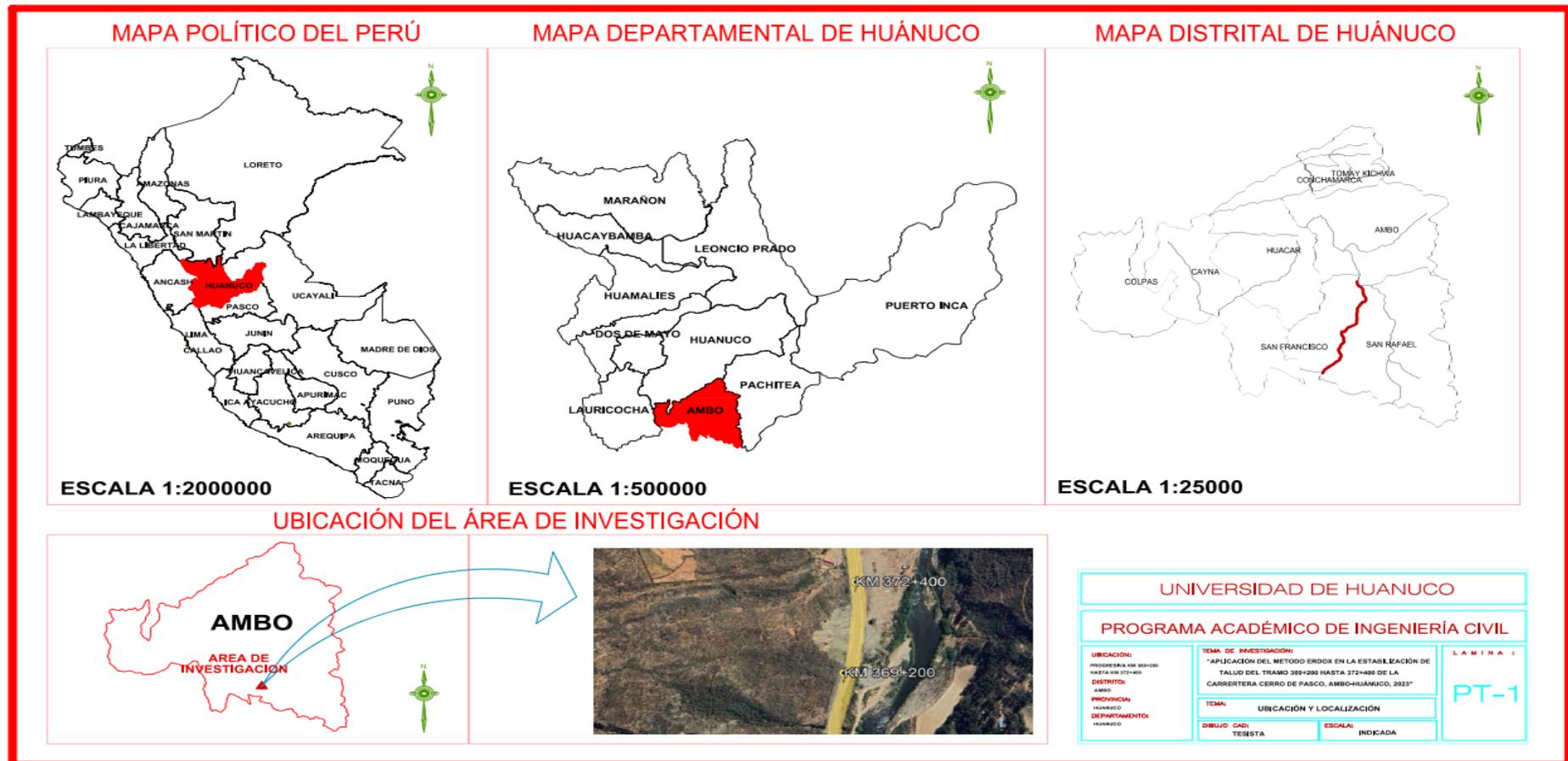
PESO ESPECIFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 20 24”</p>	
<p>1. PESO ESPECIFICO: se verificará el comportamiento del suelo en el agua hasta que baje toda la muestra por gravedad</p>	

TALUD	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
2. AREA DE TALUD	

TALUD	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
2. AREA DE TALUD	

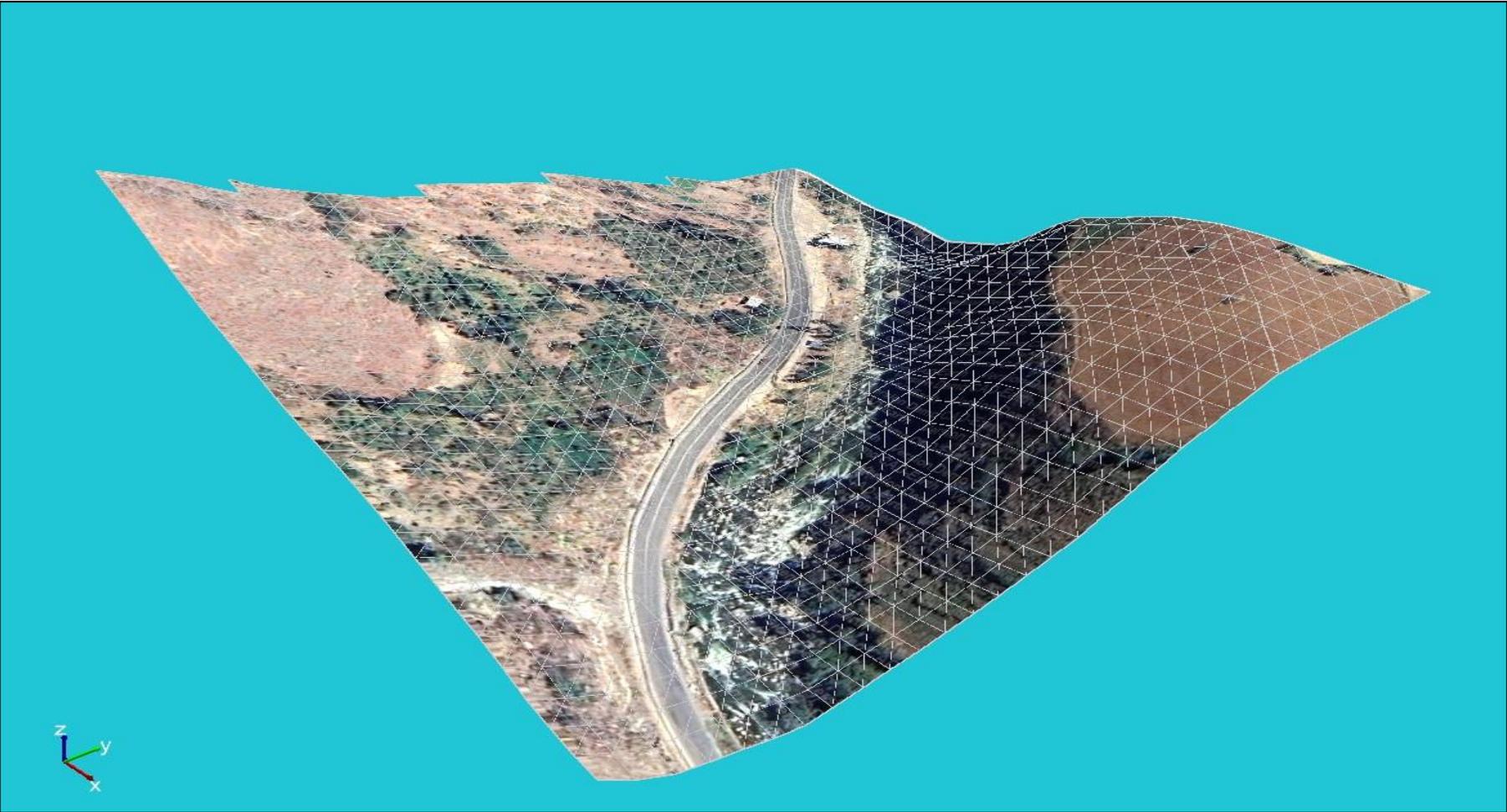
ANEXO 6

PLANO DE UBICACIÓN DE ESTUDIO

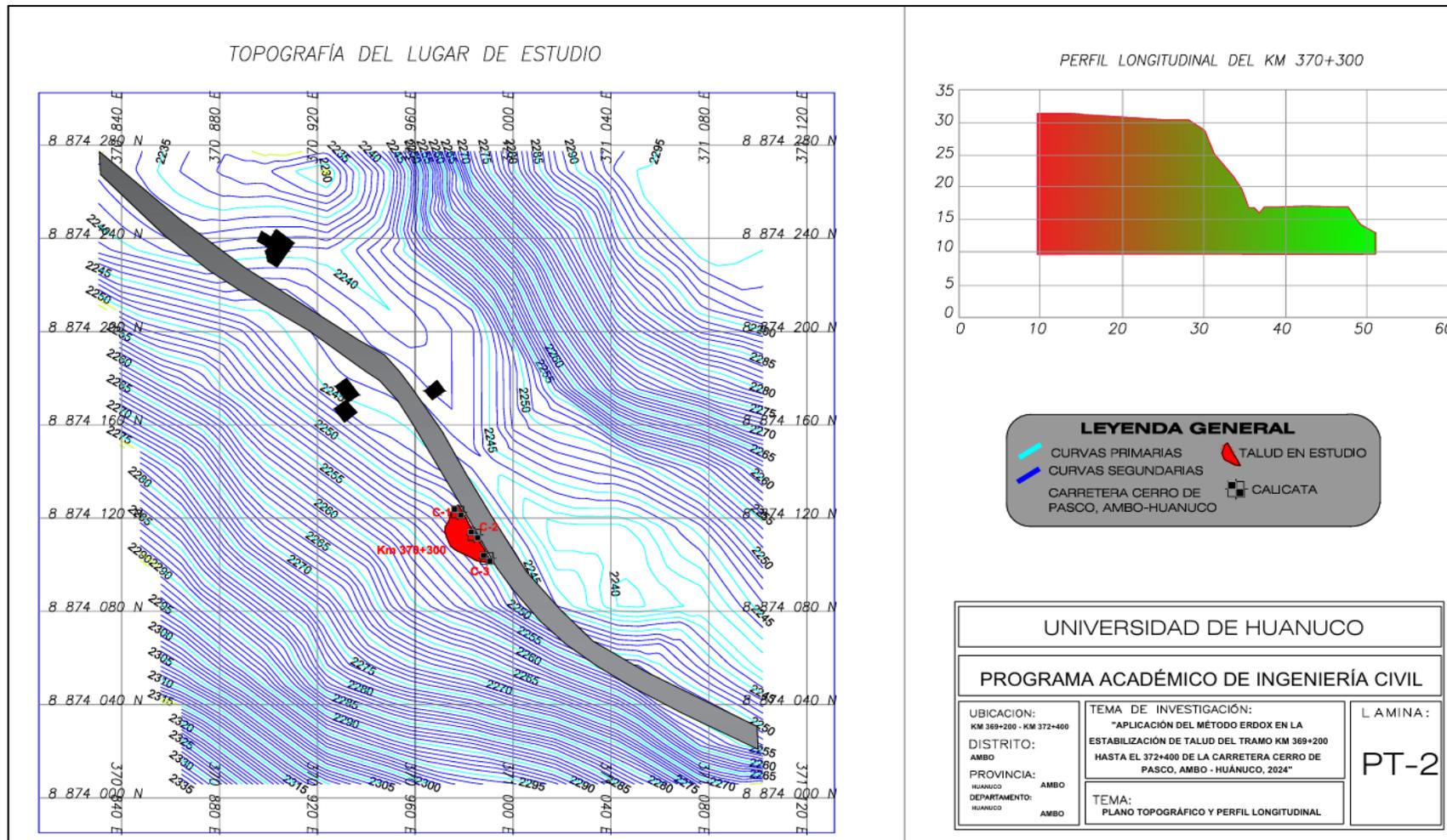


ANEXO 7
PLANO TOPOGRÁFICO Y PERFIL LONGITUDINAL DEL KM
370+300

Topografía 3D alrededor del km 370+300



Topografía de la población y el perfil longitudinal del talud en estudio (km 370+300)



ANEXO 8
PANEL FOTOGRÁFICO DEL LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO EN CAMPO

FOTOGRAFIAS PARA EL LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO

	<h3>LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO</h3>
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>3. ARMADO DEL EQUIPO: MODELO TOPCOM</p>	

	<h3>LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO</h3>
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
<p>3. ARMADO DEL EQUIPO: ESTACIONAMIENTO DEL EQUIPO CERCA AL TALUD</p>	

LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024 ”</p>	
<p>4. NIVELACIÓN DEL EQUIPO TOPCOM</p>	

LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024 ”</p>	
<p>4. ESTACION COMPLETADA, Y NIVELADA</p>	

LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
5. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TALUD	

LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
5. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TALUD	

LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
6. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TALUD	

LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
6. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TALUD	

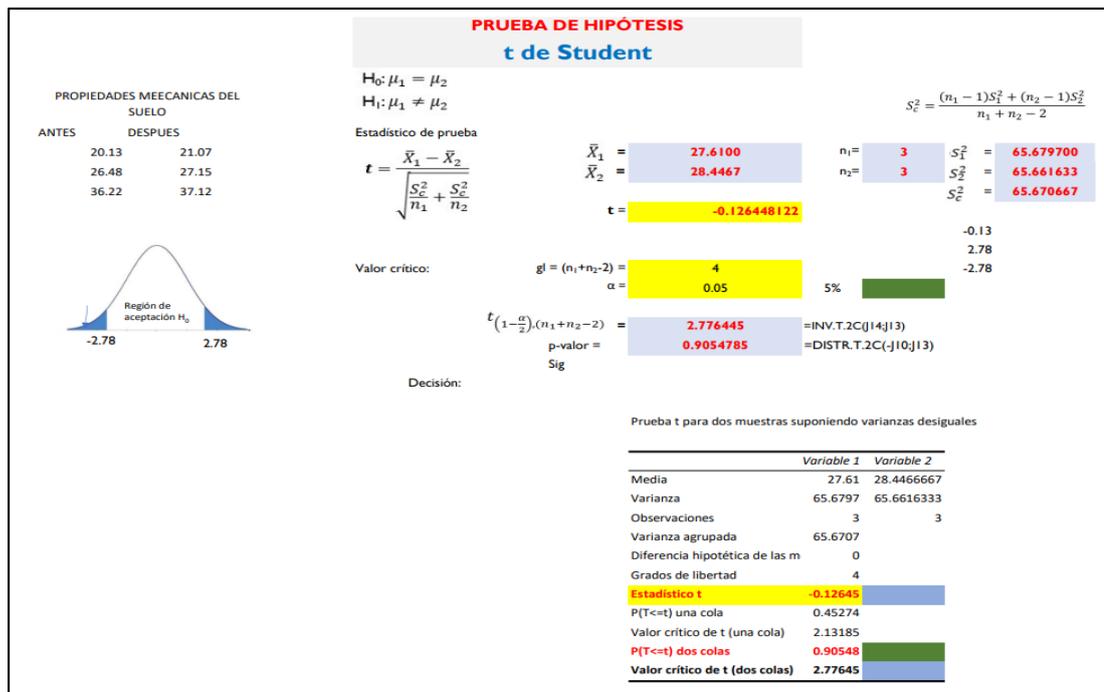
LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TALUD	

LEBANTAMIENTO TOPOGRAFICO	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TALUD	

MEDIDAS REFERENCIALES	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
8. MEDIDAS REFERENCIALES FRENTE AL TALUD	

MEDIDAS REFERENCIALES	
<p>“APLICACIÓN DEL METODO ERDOX EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUD DEL TRAMO KM 369+200 HASTA 372+400 DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO, AMBO – HUÁNUCO, 2024”</p>	
8. MEDIDAS REFERENCIALES FRENTE AL TALUD	

ANEXO 9
PRUEBA DE NORMALIDAD DE SUS DATOS Y LA PRUEBA
DE T STUDENT



Sustento del aumento en las propiedades mecánicas del suelo con el sistema Erdox

Dado que la presente investigación es de carácter no experimental y no se realizó intervención en campo ni ensayos post-intervención, se optó por representar el efecto esperado del sistema Erdox mediante un incremento moderado (<5%) en las propiedades mecánicas del suelo: un 4.67% en el peso específico (de 20.13 a 21.07 kN/m³), 2.53% en la cohesión (de 26.48 a 27.15 kPa), y 2.49% en el ángulo de fricción interna (de 36.22° a 37.12°). Estos incrementos fueron definidos tomando como referencia los resultados experimentales y tendencias observadas en estudios previos (Leonardo y Roque, 2022) con el objetivo de mantener un enfoque conservador y coherente con el tipo de estudio.

PRUEBA DE HIPÓTESIS t de Student

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

	ANTES	DESPUES
Bishop	1.292	2.004
Fellenius	1.286	1.911
Janbu Simplificado	1.294	1.879
Janbu Corregido	1.347	1.998
Spencer	1.291	2.000
Jorgenstern-Price	1.299	1.998
Lowe-Karafiath	1.305	2.012

$$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$n_1 = 7 \quad S_1^2 = 0.000431$$

$$n_2 = 7 \quad S_2^2 = 0.002855$$

$$S_c^2 = 0.001643$$

$$\bar{X}_1 = 1.3020$$

$$\bar{X}_2 = 1.9717$$

$$t = -30.91242861$$

$$-30.91$$

$$2.18$$

$$-2.18$$

$$\text{Valor crítico: } g = (n_1 + n_2 - 2) \alpha = 5\%$$

$$t_{(1-\frac{\alpha}{2}), (n_1 + n_2 - 2)} = 2.178813 = \text{INV.T.2C(LI4;LI3)}$$

$$\text{p-valor} = 0.0000000 = \text{DISTR.T.2C(-LI0;LI3)}$$

$$\text{Sig}$$

Decisión:

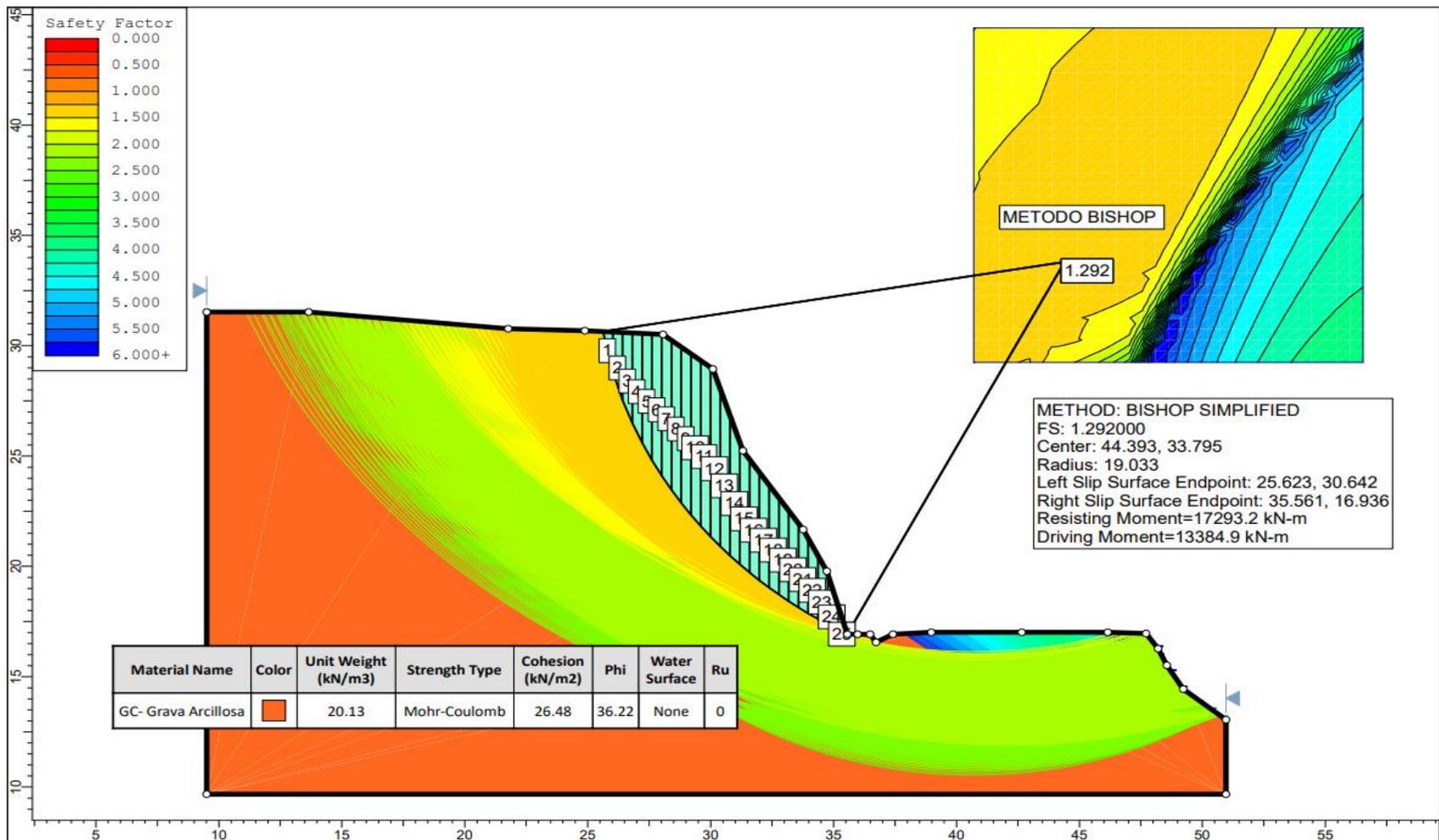


Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

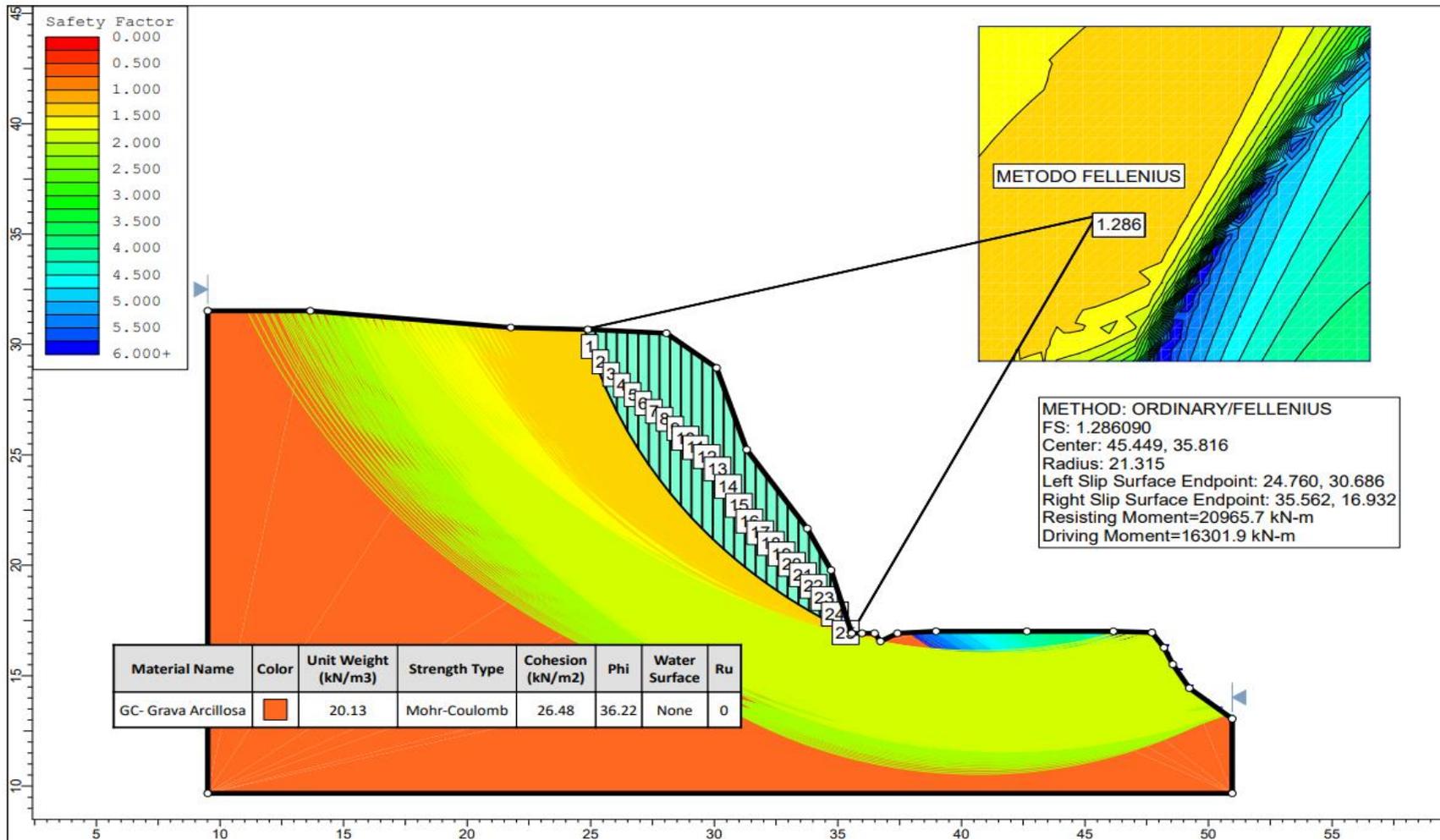
	Variable 1	Variable 2
Media	1.302	1.971714286
Varianza	0.000431	0.002854905
Observaciones	7	7
Varianza agrupada	0.001643	
Diferencia hipotética de las m	0	
Grados de libertad	12	
Estadístico t	-30.9124	
P(T<=t) una cola	4.13E-13	
Valor crítico de t (una cola)	1.782288	
P(T<=t) dos colas	#####	0.05
Valor crítico de t (dos colas)	2.178813	

ANEXO 10
FACTORES DE SEGURIDAD SIN LA INFLUENCIA DE LA
APLICACIÓN DEL SISTEMA ERDOX EN EL KM 370+300

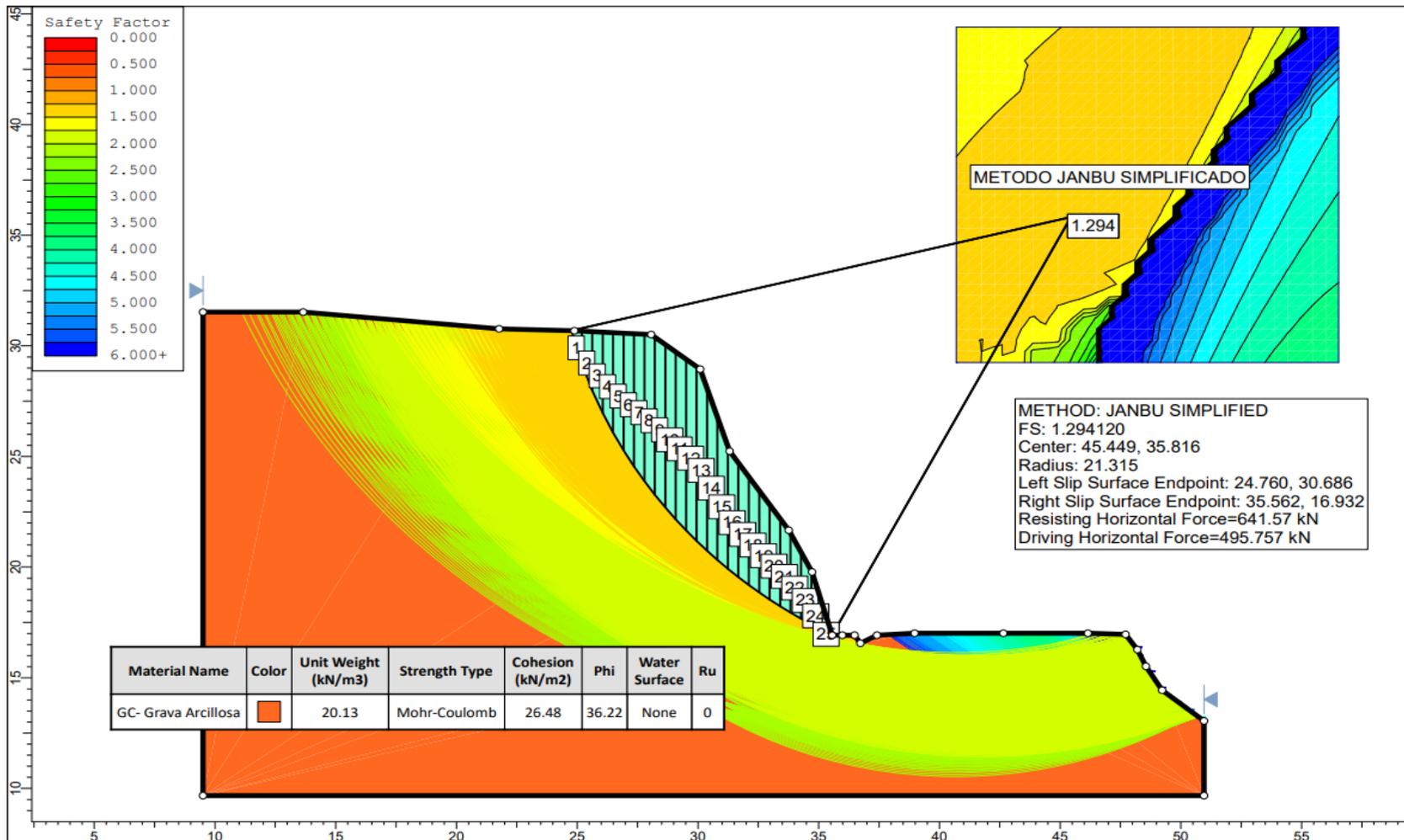
Especificación del Análisis por el Enfoque Bishop en condición normal sin influencia del Sistema Erdox



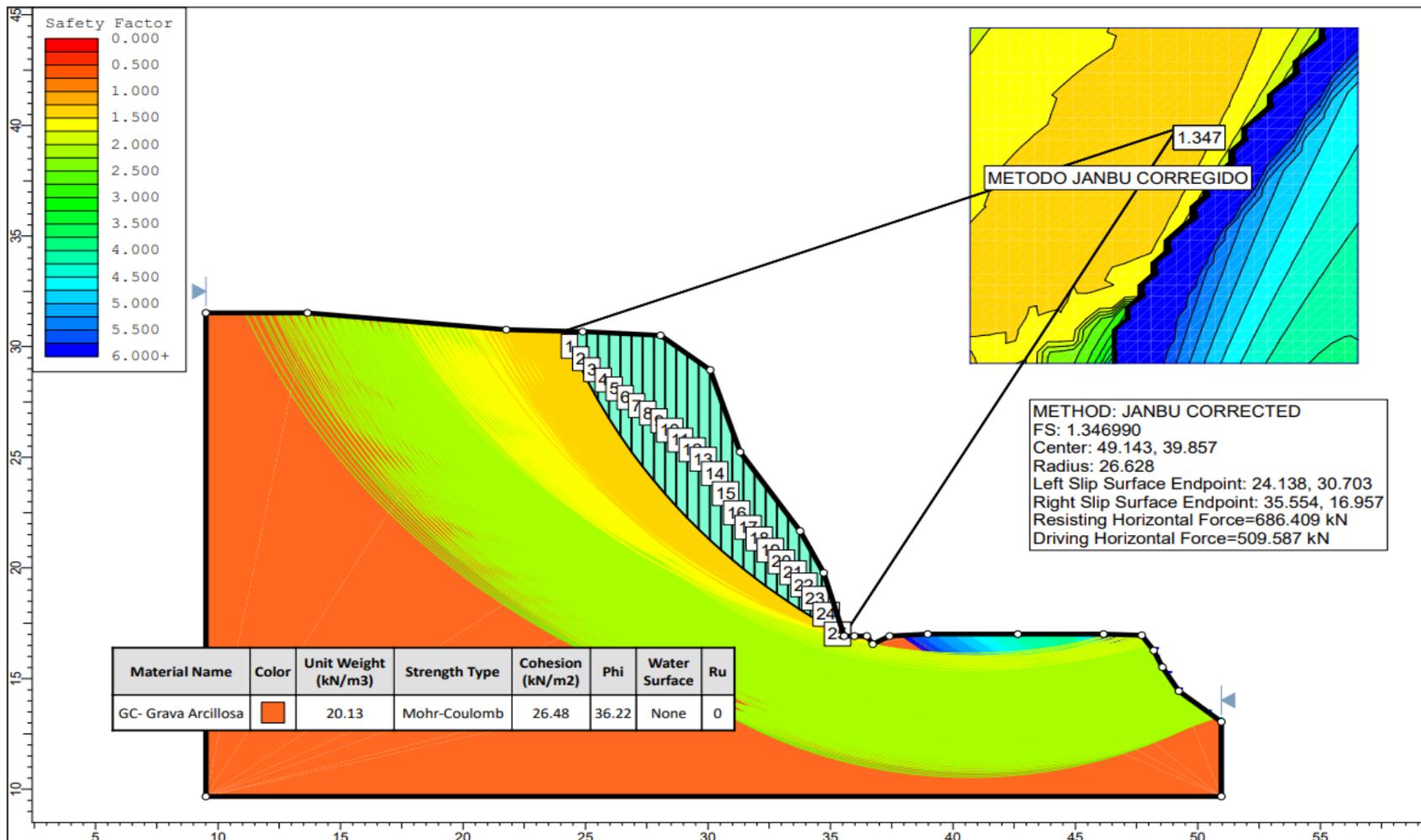
Especificación del Análisis por el Enfoque Fellenius en condición normal sin influencia del Sistema Erdox



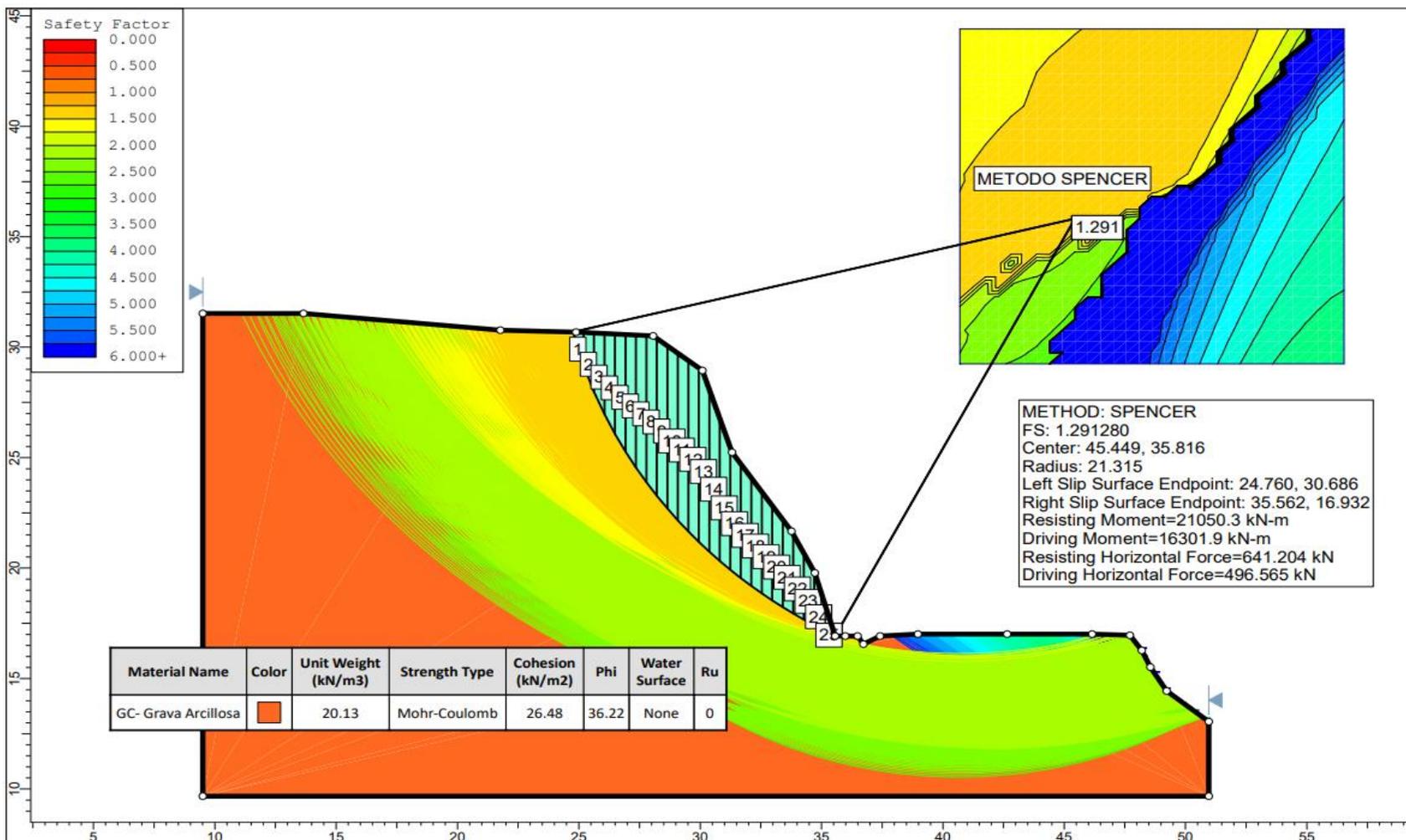
Especificación del Análisis por el Enfoque Janbu Simplificado en condición normal sin influencia del Sistema Erdox



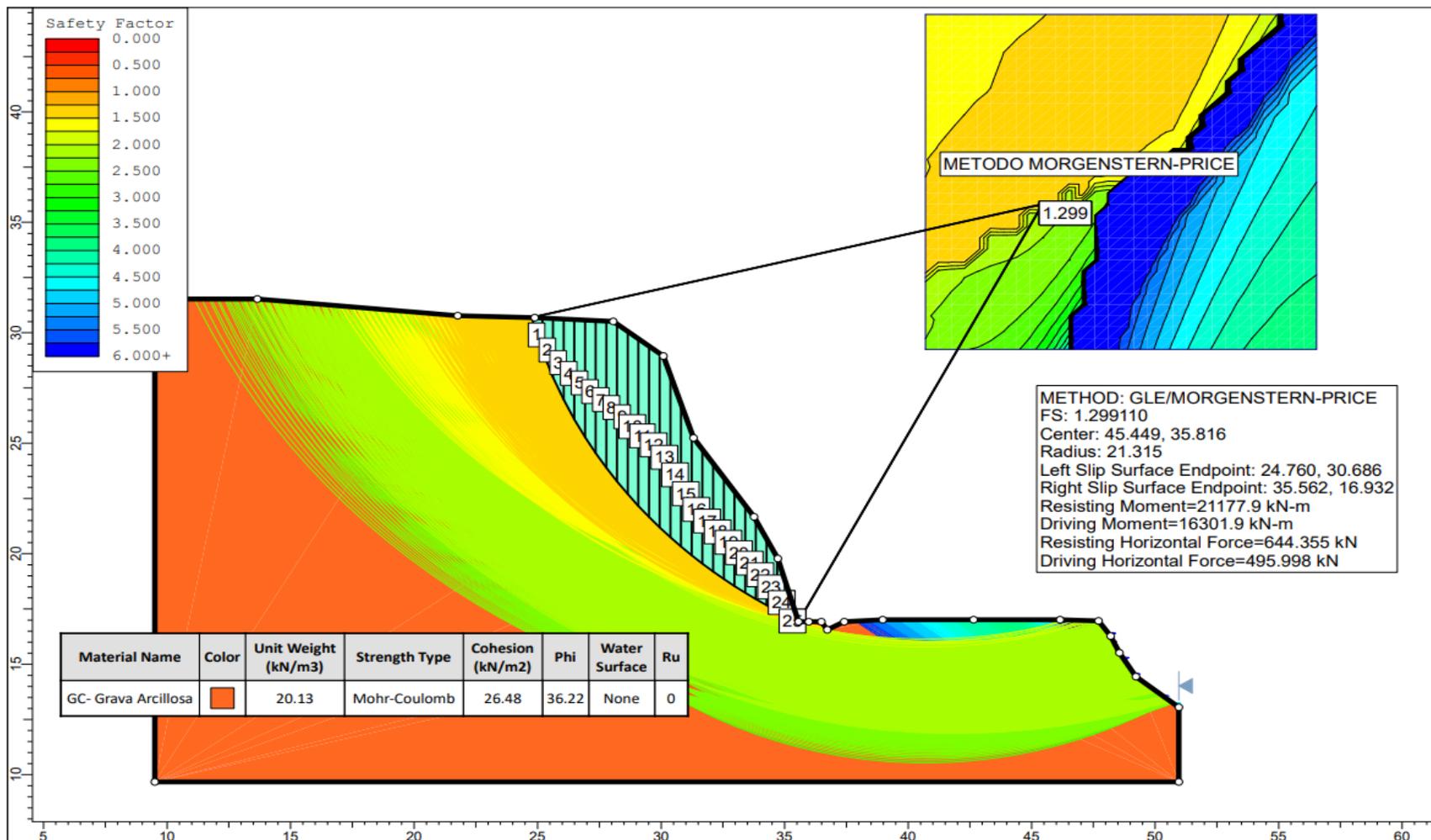
Especificación del Análisis por el Enfoque Janbu Corregido en condición normal sin influencia del Sistema Erdox



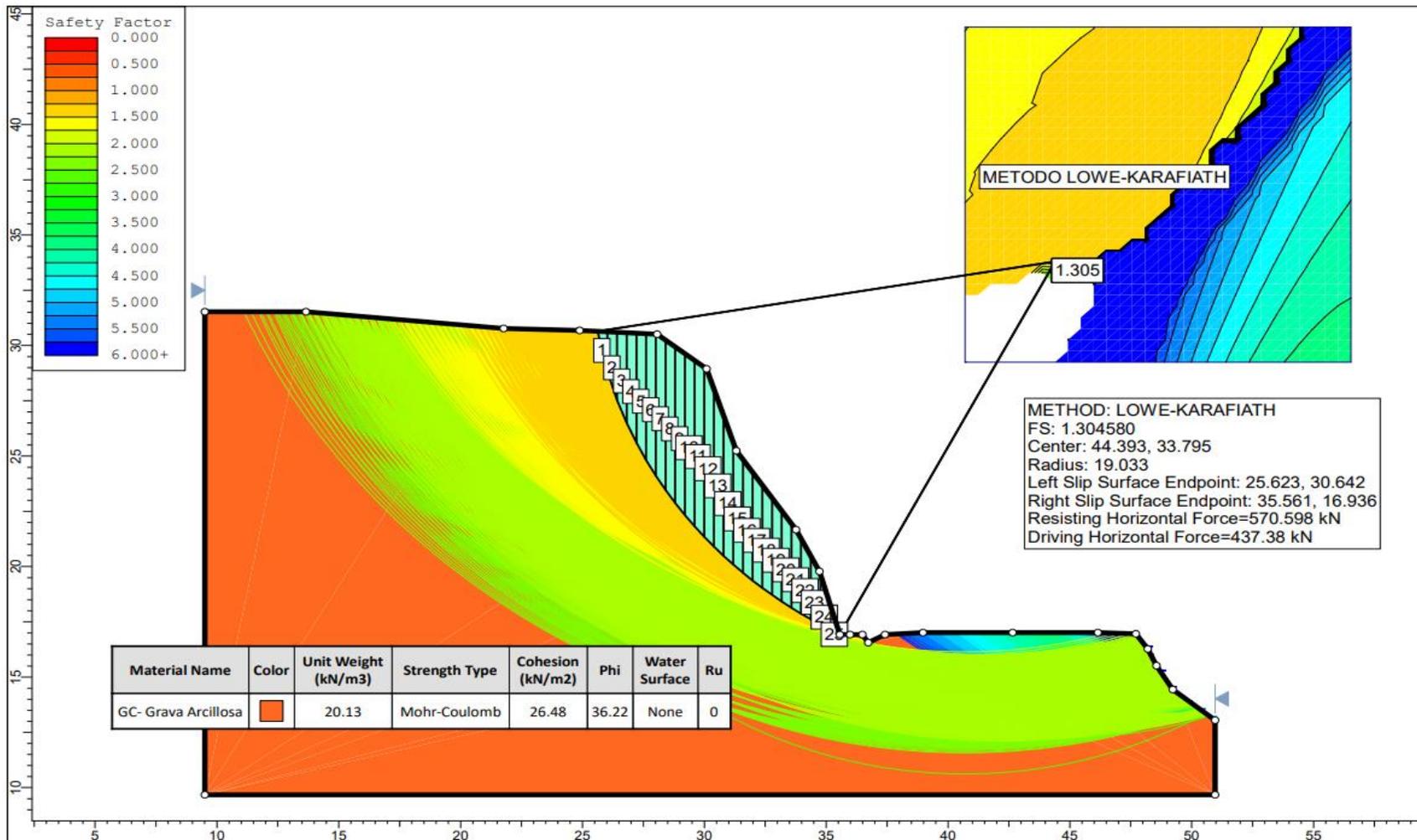
Especificación del Análisis por el Enfoque Spencer en condición normal sin influencia del Sistema Erdox



Especificación del Análisis por el Enfoque Morgenstern-Price en condición normal sin influencia del Sistema Erdox

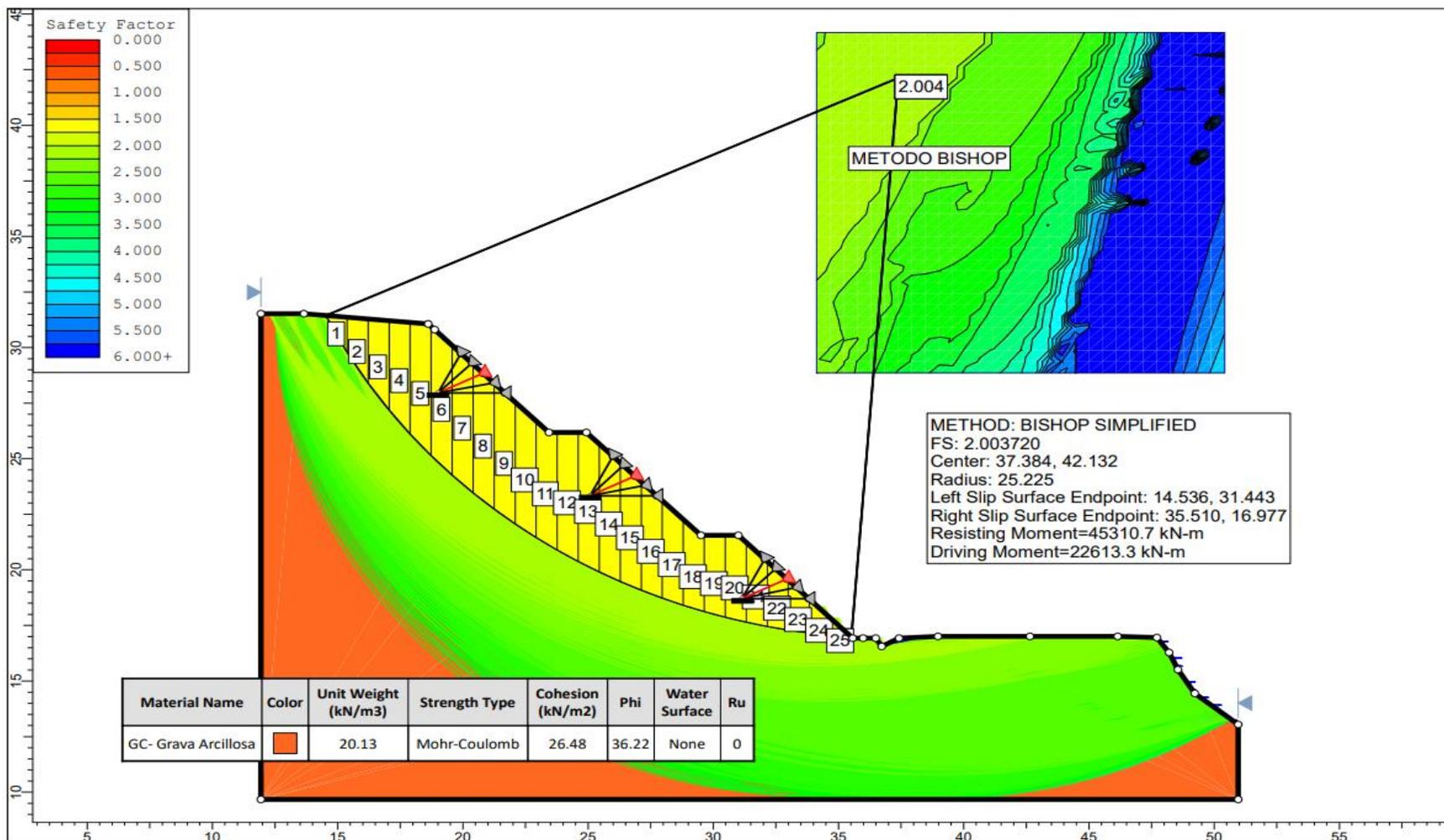


Especificación del Análisis por el Enfoque Lowe-Karafiath en condición normal sin influencia del Sistema Erdox

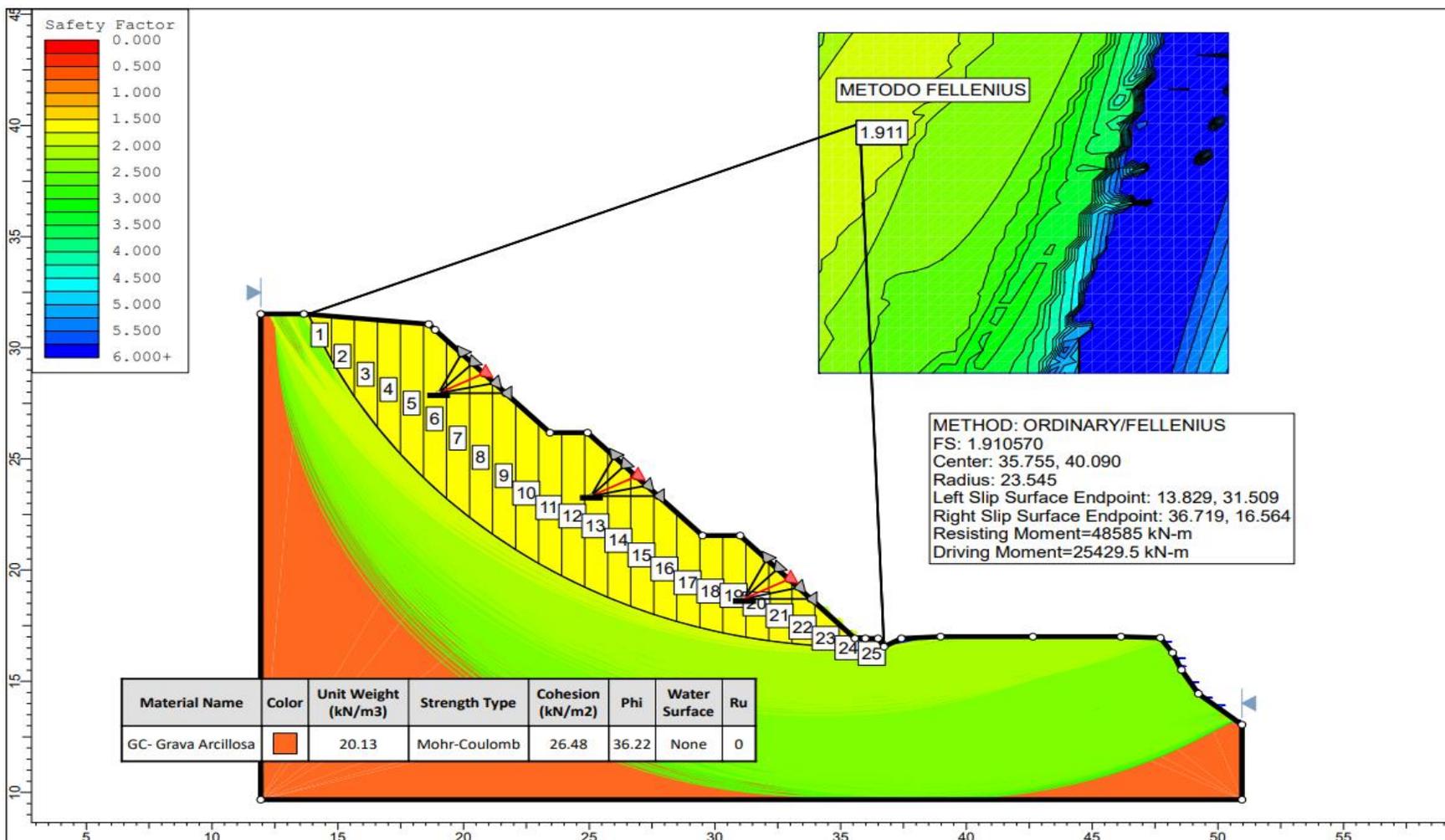


ANEXO 11
FACTORES DE SEGURIDAD CON LA INFLUENCIA DE LA
APLICACIÓN DEL SISTEMA ERDOX

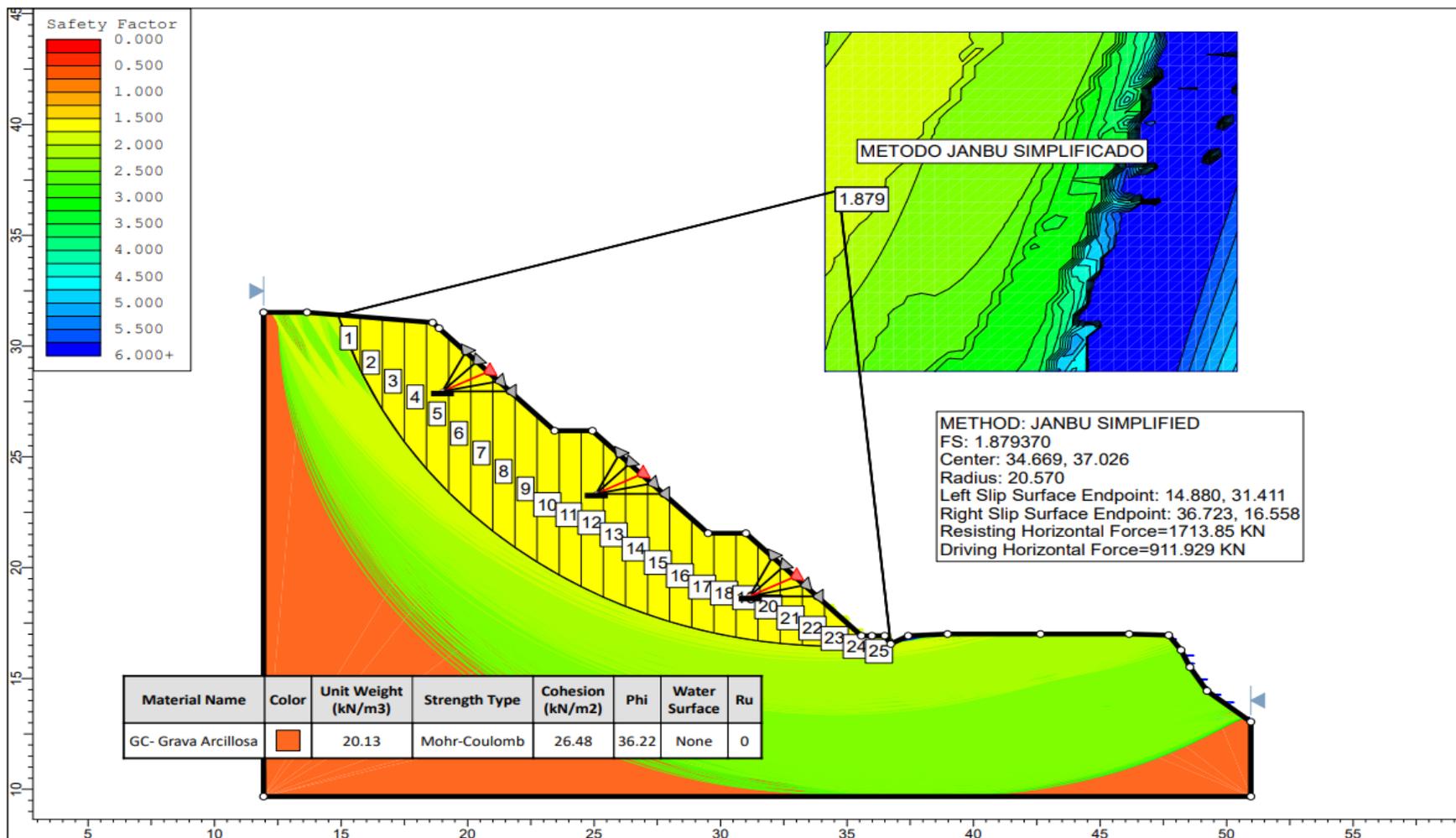
Especificación del Análisis por el Enfoque Bishop en condición normal con influencia del Sistema Erdox



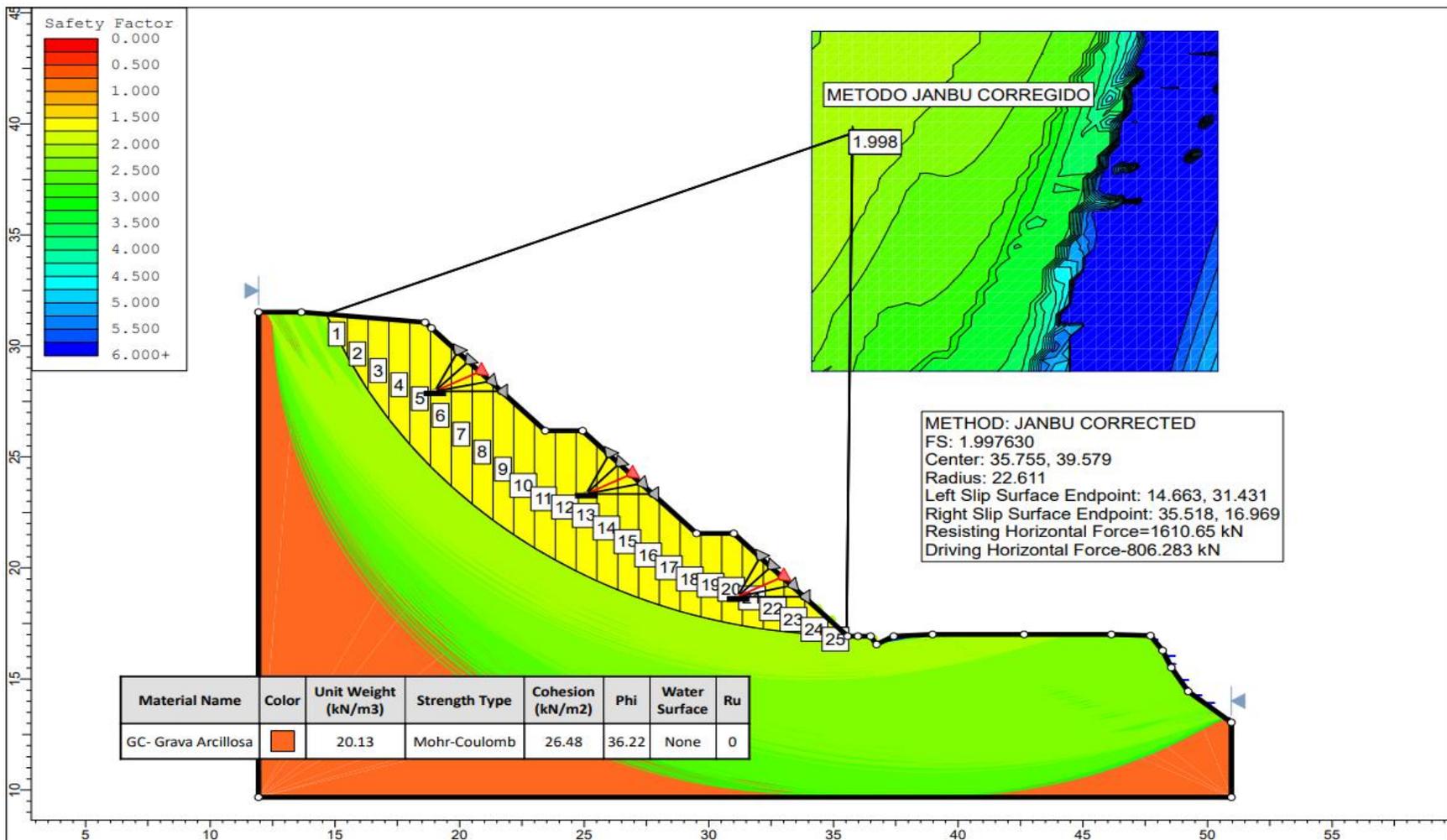
Especificación del Análisis por el Enfoque Fellenius en condición normal con influencia del Sistema Erdox



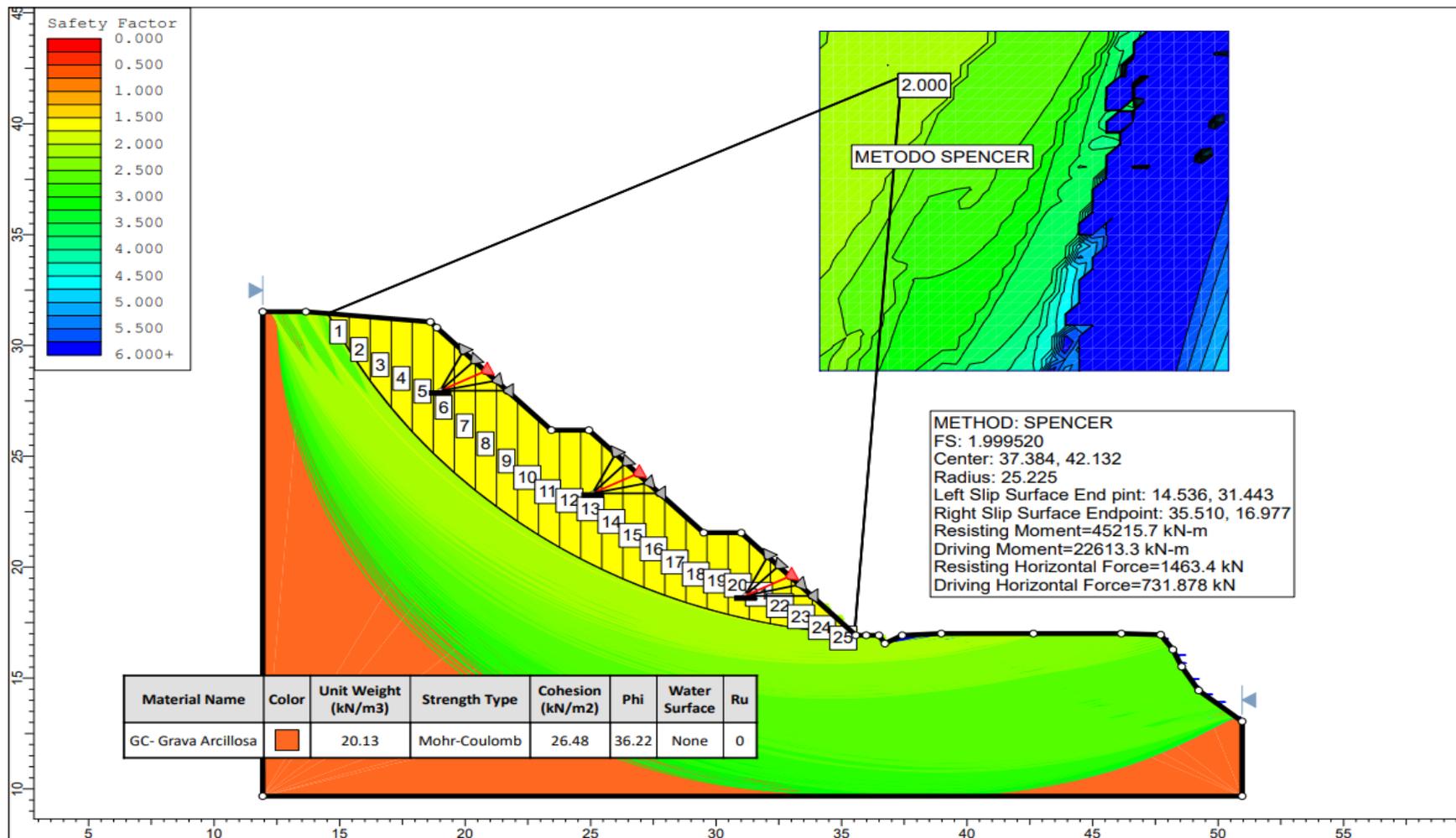
Especificación del Análisis por el Enfoque Janbu Simplificado en condición normal con influencia del Sistema Erdox



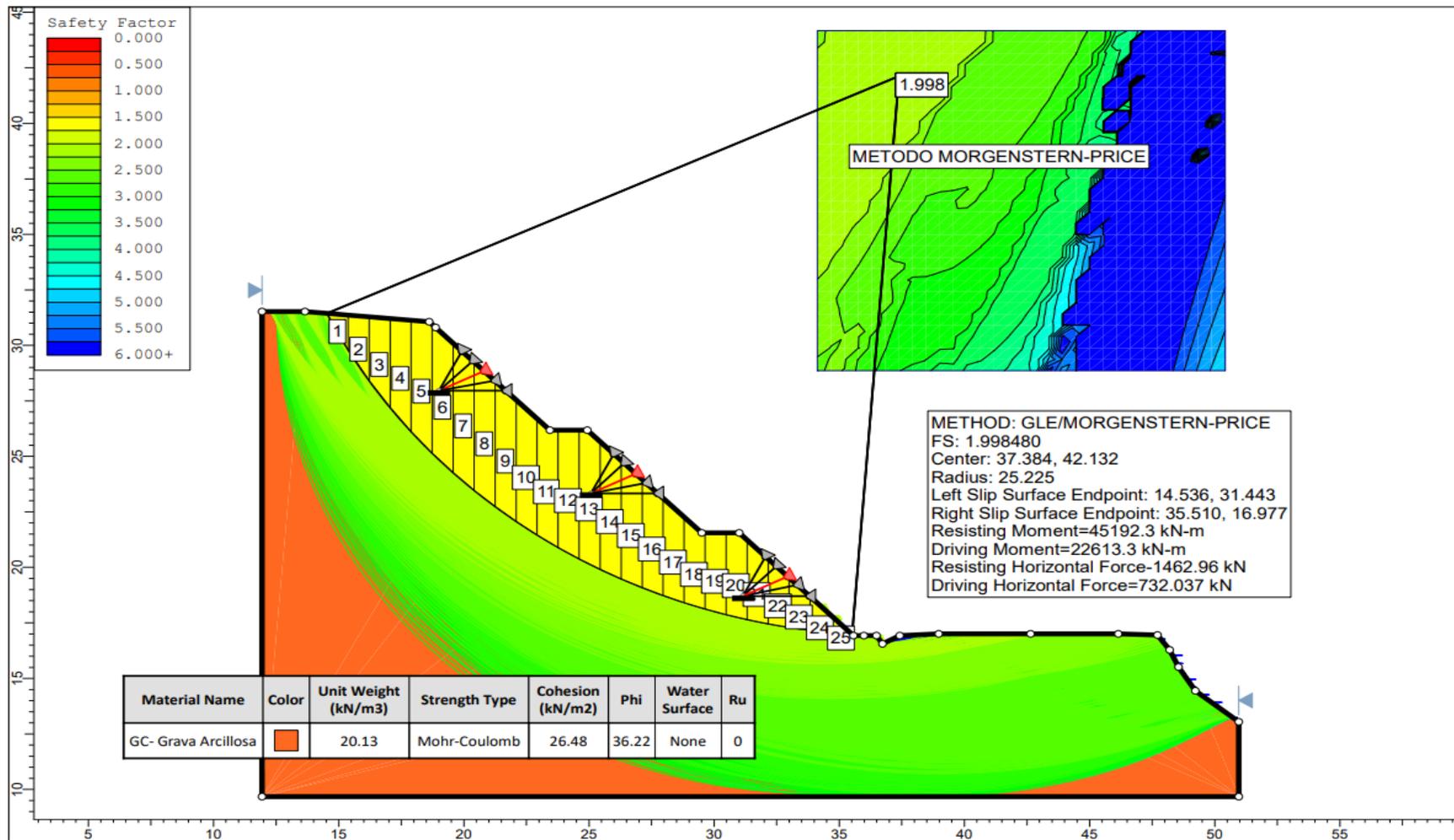
Especificación del Análisis por el Enfoque Janbu Corregido en condición normal con influencia del Sistema Erdox



Especificación del Análisis por el Enfoque Spencer en condición normal con influencia del Sistema Erdox



Especificación del Análisis por el Enfoque Morgenstern-Price en condición normal con influencia del Sistema Erdox



Especificación del Análisis por el Enfoque Lowe-Karafiath en condición normal con influencia del Sistema Erdox

