UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

"EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY"

PRESENTADO POR:

Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA - PERÚ

2025

Folio N° 065

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCION DE CONCEJO DE FACULTAD N° 198-2025-CF-FAIN-UNAM

Fecha: 17.10.2025

III. El Jurado ha dictaminado la (el) LA TESIS, TITULADO:

EVALUACION DE PARAMETROS GEOTÉCNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METALICA "EL CHASQUI SOY"

Bachiller: ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

Asesor Principal: DR. ARQUÍMEDES LEON VARGAS LUQUE

Co-Asesor : .....

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: QUINCE (15) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 12.30 horas, del 28 de OCTUBRE del año 2025 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente
Msc AGAPITO FLORES JUSTO
(Nombres y Apellidos)

Primer Miembro
DRA. BERTHA SILVANA VERA BARRIOS
(Nombres y Apellidos)

Segundo Miembro
DR. CHRIST. JESUS BARRIGA PARIA
(Nombres y Apellidos)

Bachiller
ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES
(Nombres y Apellidos)

DEDICATORIA

Al todo poderoso, por bendecirme con salud, sabiduría y la oportunidad de alcanzar mis metas.

A mis progenitores, baluartes esenciales de mi existencia, cuyo afecto irrestricto, denuedo y abnegación han constituido mi sostén en cada tramo de esta travesía. Su ejemplo de perseverancia y valores ha guiado no solo mi formación académica, sino también mi crecimiento como persona.

A mi hermana, fuente de alegría y complicidad, por recordarme que la felicidad reside en los pequeños momentos y por ser mi motivación en los días más desafiantes.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, al Altísimo, por infundirme la entereza, el discernimiento y la constancia imprescindibles para consumar esta fase cardinal de mi itinerario académico y profesional.

A mis padres y a mi hermana, por su afecto sin cortapisas, su respaldo inflexible y su fe en mis aptitudes. Su testimonio de laboriosidad y entrega ha sido el aliento que me propulsó hacia la concreción de este hito. Hago extensivo mi reconocimiento a la totalidad de mi parentela, cuyas voces alentadoras y muestras de ternura me sirvieron de amparo en las coyunturas más arduas.

A la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por haberme provisto de los instrumentos epistemológicos, deontológicos y técnicos que cimentaron esta indagación. Mi gratitud particular a los mentores y académicos, cuya entrega y saberes enriquecieron sobremanera mi formación disciplinar.

A mi consejero, Dr. Arquímedes León Vargas Luque, por su orientación erudita, su ecuanimidad y su esmero constante a lo largo del desarrollo de esta pesquisa. Sus observaciones agudas y orientaciones fueron determinantes para la concreción exitosa de este empeño.

A la Empresa de Transportes y Servicios Múltiples Marón E.I.R.L., en la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy”, por las facilidades brindadas durante mis prácticas y por aportar los insumos esenciales para la materialización de este análisis.

Por último, a cuantos, de forma explícita o soterrada, coadyuvaron a mi evolución intelectual y humana. Esta conquista les pertenece también.

Roberto Carlos Melendrez Flores

Índice

Pág.

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. Descripción y formulación del problema 3

1.1.1. Problema general 4

1.1.2. Problemas específicos 4

1.2. Objetivos 4

1.2.1. Objetivo General 4

1.2.2. Objetivos Específicos 4

1.3. Justificación e importancia 5

1.3.1. Justificación Teórica 5

1.3.2. Justificación Práctica 5

1.3.3. Justificación Metodológica 6

1.3.4. Justificación Social 6

1.3.5. Justificación Ambiental 7

1.3.6. Justificación Normativa 7

1.4. Hipótesis 9

1.4.1. Hipótesis General 9

1.4.2. Hipótesis Específicas 9

1.5. Variables 9

1.5.1. Variable independiente 9

1.5.2. Variable dependiente 9

CAPÍTULO II 10
MARCO TEÓRICO 10
2.1. Antecedentes del problema 10
2.2. Bases teóricas 21
2.2.1. Geología 21
2.2.2. Perfil geotécnico 23
2.2.3. Estabilidad de taludes 26
2.3.3. Factor de seguridad 27
2.3.4. Método de deslizamiento Circular 28
2.3.5. Parámetros geotécnicos 28
2.3.6. Métodos de análisis de estabilidad de taludes 29
2.3.7. Factores ambientales y geológicos relevantes 30
2.3. Definición de términos 35
CAPÍTULO III 37
METODOLOGÍA 37
3.1. Tipo y nivel de investigación 37
3.1.1. Tipo de investigación 37
3.1.2. Nivel de investigación 37
3.2. Ámbito temporal y espacial 37
3.2.1. Ámbito temporal 37
3.2.2. Ámbito espacial 38
3.3. Población y muestra 39
3.3.1. Población 39
3.3.2. Muestra 39
3.4. Instrumentos 39

3.5. Procedimientos 41

3.6. Análisis de datos 42

CAPÍTULO IV 44

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 44

4.1. Resultados 44

4.1.1. Identificación de los parámetros geotécnicos que influyen en la estabilidad de los taludes 44

4.1.2. Levantamiento Topográfico 50

4.1.3. Modelado geométrico del talud 53

4.1.4. Parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio 54

4.1.5. Análisis de sensibilidad de parámetros 65

4.2. Determinación del Factor de Seguridad Adecuado para Mejorar la Estabilidad de los Taludes 67

4.2.1. Criterios de diseño de taludes 68

4.2.2. Métodos de análisis de estabilidad 70

4.2.3. Uso de software especializado 78

4.2.4. Incorporación de condiciones sísmicas 78

4.2.5. Resultados del Factor de Seguridad (FS) 79

4.3. Discusión general de los resultados 96

CAPÍTULO V 99

CONCLUSIONES 99

CAPÍTULO VI 100

RECOMENDACIONES 100

REFERENCIAS 102

ANEXOS 107

Índice de Tablas

Pág.

Tabla 1 Perfil Geotécnico de las Calicatas en la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy” 24
Tabla 2 Datos de las calicatas realizadas 24
Tabla 3 Parámetros sísmicos 31
Tabla 4 Factor de Zona Perú (E.030) 34
Tabla 5 Coordenadas de Ubicación UTM PSAD 56, ZONA 19S de la Concesión Minera “El Chasqui Soy” 38
Tabla 6 Ubicación y características generales de las calicatas excavadas 44
Tabla 7 Comparación general de los estratos 48
Tabla 8 Ubicación y características generales de las calicatas excavadas 50
Tabla 9 Coordenadas UTM de las calicatas 51
Tabla 10 Ángulo de fricción interna de cada calicata 55
Tabla 11 Densidad relativa (Dr) y clasificación de compacidad por calicata 59
Tabla 12 Parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio 61
Tabla 13 Resultados de ensayos de laboratorio para caracterización de materiales de fundación 63
Tabla 14 Resultados de ensayos de laboratorio para caracterización de materiales de fundación 64
Tabla 15 Factor de seguridad obtenidos mediante slide 79
Tabla 16 Comparación del Factor de Seguridad (FS) para diferentes métodos de análisis en Caso Estático y Sísmico 81
Tabla 17 Resultados obtenidos para el método de Fellenius con el uso de Slide 6.0 82
Tabla 18 Ángulos óptimos de talud con Fellenius 84
Tabla 19 Resultados obtenidos para el método de Bishop con el uso de Slide 6.0 85
Tabla 20 Ángulos óptimos de talud con Bishop 87
Tabla 21 Resultados obtenidos para el método de Janbu con el uso de Slide 6.0 88
Tabla 22 Ángulos óptimos de talud con Janbu 90
Tabla 23 Resultados obtenidos para el método de Morgenstern con el uso de Slide 6.0 . 91
Tabla 24 Ángulos óptimos de talud con Morgenstern 93

Índice de Figuras

Pág.

Figura 1 Esquema del Perfil Geotécnico de las Calicatas C-01, C-02 y C-03 25
Figura 2 Ubicación de la calicata 1 25
Figura 3 Ubicación de la calicata 2 26
Figura 4 Ubicación de la calicata 2 26
Figura 5 Distribución de Zonas Sísmicas en el Perú según Norma E.030 (2016) 31
Figura 6 Mapa de Espectros Sísmicos del Perú 34
Figura 7 Ubicación de la Concesión Minera "El Chasqui Soy" 38
Figura 8 Modelo 3D del talud 54
Figura 9 Acciones en la i-ésima rebanada según la hipótesis de Fellenius 70
Figura 10 Acciones en la i-ésima rebanada según la hipótesis de Bishop 71
Figura 11 Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Janbu y representación del conjunto 73
Figura 12 Variación del Coeficiente de Corrección f0 con la Profundidad/Longitud (d/L) para Suelos con Cohesión y Ángulo de Fricción Varios 73
Figura 13 Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Morgenstern y Price y representación del conjunto 74
Figura 14 Comparación entre los métodos de análisis 76
Figura 15 Representación de una sección de cálculo de un talud 77
Figura 16 Representación de una sección de cálculo de un talud 78
Figura 17 Método de Morgenstern- Talud natural- Condición pseudoestático- Círculo de fallas 81
Figura 18 Talud optimo seleccionado por el método Fellenius en condiciones estáticas 82
Figura 19 Talud optimo seleccionado por el método Fellenius en condiciones pseudoestáticos 83
Figura 20 Curva del ángulo óptimo de talud en condición estática para Fellenius 83
Figura 21 Curva del ángulo óptimo de talud en condición pseudoestático para Fellenius 84
Figura 22 Talud optimo seleccionado por el método Bishop en condiciones estáticas

.....85
Figura 23 Talud optimo seleccionado por el método Bishop en condiciones pseudoestáticos.....86
Figura 24 Curva del ángulo óptimo de talud en condición estática para Bishop.....86
Figura 25 Curva del ángulo óptimo de talud en condición pseudoestático para Bishop 87
Figura 26 Talud optimo seleccionado por el método Janbu en condiciones estáticas 88
Figura 27 Talud optimo seleccionado por el método Janbu en condiciones estáticas 89
Figura 28 Curva del ángulo óptimo de talud en condición estática para Janbu.....89
Figura 29 Curva del ángulo óptimo de talud en condición pseudoestático para Janbu 90
Figura 30 Talud optimo seleccionado por el método Morgenstern en condiciones estáticas 91
Figura 31 Talud optimo seleccionado por el método Morgenstern en condiciones estáticas 92
Figura 32 Curva del ángulo óptimo de talud en condición estática para Morgenstern 92
Figura 33 Curva del ángulo óptimo de talud en condición pseudoestático para Morgenstern 93
Figura 34 Se muestra las deformaciones calculadas del terreno natural con Plaxis 2D 94
Figura 35 Factor de seguridad obtenido en Plaxis 2D con referente al terreno natural 94
Figura 36 Se muestra las deformaciones calculadas del terreno con diseño en Plaxis 2D.....95
Figura 37 Factor de seguridad obtenido en Plaxis 2D con referente al terreno con diseño 95

Lista de Abreviaturas y Nomenclaturas

CBR	:	California Bearing Ratio
DPL	:	Dynamic Probing Light
RQD	:	Rock Quality Designation – Designación de Calidad de Roca
RMR	:	Rock Mass Rating – Clasificación del Macizo Rocoso
Q	:	Q-System – Sistema de Clasificación de Macizos Rocosos
SUCS	:	Unified Soil Classification System – Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
AASHTO	:	American Association of State Highway and Transportation Officials
c	:	Cohesión del suelo
φ	:	Ángulo de fricción interno
γ	:	Peso específico natural
kPa	:	Kilopascal
MPa	:	Megapascal
kN/m³	:	Kilonewton por metro cúbico
g/cm³	:	Gramos por centímetro cúbico
TM/m³	:	Tonelada métrica por metro cúbico
GW-GC	:	Grava bien graduada
GW-GM	:	Grava bien graduada con material limoso
GC-GM	:	Grava arcillosa-limosa
%	:	Porcentaje
m	:	Metros

cm	:	Centímetro
m^3	:	Metro cúbico
TM	:	Tonelada métrica
TM/día	:	Tonelada métrica por día
°	:	Grado (unidad angular)
g	:	Aceleración de la gravedad estándar
msnm	:	Metros sobre el nivel del mar
2D	:	Bidimensional (dos dimensiones)
3D	:	Tres dimensiones
E.030	:	Norma Técnica Peruana de Diseño Sismorresistente
E.050	:	Norma Técnica de Edificación – Suelos y Cimentaciones
FS / FOS	:	Factor de Seguridad
UTM	:	Universal Transverse Mercator
GPS	:	Global Positioning System
Z	:	Zona sísmica o coeficiente de zonificación sísmica
C-01	:	Calicata 01
C-02	:	Calicata 02
C-03	:	Calicata 03

RESUMEN

En este estudio se evaluaron los parámetros geotécnicos que influyen en la estabilidad de los taludes en la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy”. Se realizaron tres calicatas (C-01, C-02 y C-03), donde se identificó un único estrato compuesto principalmente por grava bien graduada con arcilla y limo, con baja plasticidad y compacidad media a buena. Los ensayos de laboratorio permitieron obtener valores promedio de cohesión (4.7 kPa), ángulo de fricción interna (30.3°), peso específico natural (19.2 kN/m³). Estos parámetros sirvieron de base para la determinación del Factor de Seguridad (FS) en escenarios estáticos y pseudoestáticos, empleando técnicas de equilibrio límite como las de Bishop, Janbu, Fellenius y Morgenstern & Price, mediante el programa Slide v6.0. En condiciones estáticas, los coeficientes oscilaron entre 1.28 y 1.42, superando el umbral mínimo exigido por las disposiciones normativas nacionales (FS $\geq$ 1.2). No obstante, en condiciones pseudoestáticos simulando una sismicidad de Z = 0.45, los índices descendieron hasta alcanzar un valor de 1.07 en la calicata C-03, evidenciando una estabilidad precaria en dicha zona. Se determinó que el ángulo de fricción interna y la densidad relativa emergen como los factores de mayor gravitación en la estabilidad del talud, particularmente en terrenos granulares con escasa presencia de finos. En consecuencia, se propusieron taludes con inclinaciones inferiores a 45°, refuerzos geotécnicos en segmentos críticos y vigilancia sistemática durante épocas pluviosas o eventos telúricos. Esta investigación ofreció fundamentos técnicos precisos para optimizar la estabilidad de los taludes, asegurando una operación minera más segura, eficaz y sostenida dentro de los marcos regulatorios actuales.

Palabras clave: Estabilidad de taludes, parámetros geotécnicos, factor de seguridad, minería no metálica y análisis de sensibilidad.

ABSTRACT

This study evaluated the geotechnical parameters that influence the stability of the slopes in the "El Chasqui Soy" non-metallic mining unit. Three calicates were made (C-01, C-02 and C-03), where a single layer composed mainly of well-graded gravel with clay and silt was identified, with low plasticity and medium to good compactness. The laboratory tests yielded average values for cohesion (4.7 kPa), internal friction angle (30.3°) and natural specific weight (19.2 kN/m 3). These parameters served as a basis for the determination of the Safety Factor (SF) in static and pseudostatic scenarios, using limit equilibrium techniques such as those of Bishop, Janbu, Fellenius and Morgenstern & Price, through the program Slide v6.0. Under static conditions, the coefficients ranged from 1.28 to 1.42, exceeding the minimum threshold required by national regulatory provisions (FS 1.2). However, under pseudostatic conditions simulating a seismicity of Z = 0.45, the indices decreased to a value of 1.07 in calicata C-03, evidencing a precarious stability in this zone. It was determined that the angle of internal friction and the relative density emerge as the factors of greatest gravitation in slope stability, particularly in granular soils with low presence of fines. Consequently, slopes with inclinations below 45 degrees were proposed, geotechnical reinforcements in critical segments and systematic surveillance during rainy seasons or telluric events. This research provided a precise technical foundation to optimize slope stability, ensuring safer, more efficient and sustained mining operations within current regulatory frameworks.

Key words: Slope stability, geotechnical parameters, safety factor, non-metallic mining and sensitivity analysis.

INTRODUCCIÓN

La estabilidad de taludes constituye un aspecto crítico en cualquier operación minera a cielo abierto, especialmente en unidades dedicadas a la explotación de materiales no metálicos, donde la seguridad, la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental dependen directamente de un diseño geotécnico adecuado. En tal tesitura, la pesquisa aquí expuesta se propone auscultar los atributos geotécnicos que inciden en la solidez de los escarpes pertenecientes a la Unidad Extractiva No Metálica "El Chasqui Soy", emplazada en Moquegua, Perú, demarcación adscrita a la Zona 4, reconocida por su elevada sismicidad. A partir de los estudios de campo, ensayos de laboratorio y análisis numéricos, se busca identificar los factores críticos que afectan la estabilidad del terreno y proponer recomendaciones técnicas para optimizar el diseño de taludes, garantizando una explotación segura, eficiente y conforme a la normativa nacional (D.S. N° 024-2016-EM).

La gestación de esta disertación se articula en siete secciones cardinales que viabilizan un escrutinio holístico del dilema abordado. En el Capítulo I, se enuncia la problemática investigativa, desglosando el entramado contextual del estudio, la exposición del conflicto troncal y sus derivaciones específicas, las metas perseguidas, así como la fundamentación en sus diversas aristas (teórica, pragmática, metodológica, societal, ecológica y normativa), junto con los postulados hipotéticos que orientan la indagación.

El Capítulo II configura el andamiaje teórico, donde se auscultan antecedentes tanto vernáculos como foráneos y se precisan nociones cardinales tales como geología, morfología geotécnica, estabilidad de laderas, coeficiente de seguridad (FS) y esquemas analíticos, con especial énfasis en los vectores geotécnicos que condicionan el comportamiento edáfico.

En el Capítulo III se desgrana el aparato metodológico, detallando la índole y el grado de la pesquisa (cuantitativa, aplicada, taxonómica y relacional), el universo y su porción muestral (tres calicatas paradigmáticas: C-01, C-02 y C-03), los artefactos e instrumentos de acopio informativo, así como el protocolo de procesamiento analítico.

El Capítulo IV expone los hallazgos cosechados, escindidos en dos segmentos

nodales: la caracterización de los parámetros geotécnicos mediante pruebas de laboratorio e in situ, y la estimación del Coeficiente de Seguridad bajo condiciones estáticas y pseudoestáticos, valiéndose del aplicativo especializado Slide v6.0. Esta sección comprende el modelado morfológico del talud, la exploración de sensibilidad paramétrica y la simulación de contextos sísmicos.

El Capítulo V condensa las inferencias extraídas del examen, corroborando la incidencia del ángulo de fricción interna, la cohesión y la densidad relativa en la estabilidad estructural. El Capítulo VI recoge las proposiciones técnicas derivadas, tales como la moderación del ángulo de taludes por debajo de los 45°, el apuntalamiento geotécnico en áreas comprometidas y la instauración de un sistema de auscultación continua.

Finalmente, el Capítulo VII compendia las fuentes bibliográficas consultadas y los apéndices con insumos complementarios, incluidos croquis, fichas de prospección y estudios accesorios.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

La estabilidad de taludes en operaciones mineras representa un desafío global persistente, con implicaciones significativas en términos de seguridad humana, impactos ambientales y viabilidad económica. A nivel internacional, las fallas en taludes han sido responsables de una proporción sustancial de accidentes fatales en la industria minera. Según estudios, las fallas de taludes representan aproximadamente el 30% de todas las fatalidades relacionadas con la minería en un período de diez años, destacando su rol como una de las principales causas de accidentes mortales en operaciones a cielo abierto. Entre 2018 y 2020, se reportaron cinco fallas de taludes en minas a cielo abierto en Australia Occidental, causando daños significativos en activos y disrupciones operativas, atribuidas a factores como excavación, lluvia y debilidades geológicas (Le Roux,R. et al 2025). Un análisis de 129 eventos de fallas detectadas por radares en minas de oro y carbón concluyó que comportamientos como deformaciones progresivas en suelos granulares requieren monitoreo avanzado para predecir colapsos, con recomendaciones para mejorar la estabilidad mediante ajustes en parámetros geotécnicos (Utomo, D. P.,2024)

A nivel nacional, en Perú, la minería es un pilar económico, pero también una fuente de vulnerabilidades geotécnicas, particularmente en regiones sísmicas y con alta precipitación. Aunque no hay estadísticas agregadas específicas para fallas de taludes entre 2020 y 2025, informes generales sobre accidentes mineros indican que eventos geológicos, como deslizamientos, han contribuido a pérdidas humanas y económicas significativas, con un enfoque en minas del sur del país (Discovery Alert. 2025). Por ejemplo, un estudio sobre estabilización de taludes en un proyecto vial en Arequipa concluyó que la inestabilidad causada por lluvias y actividades humanas reduce el factor de seguridad (FS), recomendando sistemas de refuerzo para prevenir accidentes (Castillo et al, 2024). Otro análisis de fallas en represas de relaves en Perú identificó que el 65% de 20 incidentes entre 1960 y 2023 estaban relacionados con actividad sísmica, destacando la necesidad de evaluar parámetros geotécnicos como cohesión y fricción para mitigar riesgos en entornos similares a minas a cielo abierto

(Zhang, Q., 2024). Estas conclusiones subrayan brechas en la aplicación de normativas como el Decreto Supremo N° 024-2016-EM, que exige FS mínimo de 1.2 en condiciones estáticas.

A nivel local, un estudio sobre terrazas incas y ocurrencia de deslizamientos en el valle de Moquegua confirmó que la erosión fluvial y suelos débiles promueven inestabilidad, con recomendaciones para evaluaciones geotécnicas detalladas (Ronda, G.,2024).

El fin de solucionar este dilema de inestabilidad en los taludes de "El Chasqui Soy" mediante la evaluación de parámetros geotécnicos clave, como cohesión, ángulo de fricción interna, peso específico natural y densidad relativa, para establecer un FS adecuado y optimizar el diseño. Se esperan resultados que incluyan un FS superior a 1.2 en condiciones estáticas, recomendaciones para ángulos de talud menores a 45° y reforzamiento geotécnico, contribuyendo a una operación más segura y sostenible.

1.1.1. Problema general

¿Cómo la evaluación de parámetros geotécnicos influye en la estabilidad de los taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy?

1.1.2. Problemas específicos

¿Qué parámetros geotécnicos tienen mayor influencia en la estabilidad de taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy?

¿Cuál es el factor de seguridad adecuado para obtener la estabilidad de taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar los parámetros geotécnicos que influyen en la estabilidad de los taludes y establecer el factor de seguridad adecuado para optimizar el diseño y la explotación sostenible de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.

1.2.2. Objetivos Específicos

Identificar cuáles son los parámetros geotécnicos que tienen mayor influencia en la estabilidad de los taludes y analizar cómo estos afectan el diseño y la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.

Determinar el factor de seguridad adecuado para mejorar la estabilidad de los taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación Teórica

La estabilidad de los taludes fue fundamental en la operación minera. Aseguró la seguridad y la eficiencia de las operaciones. Esta práctica se basó en principios de la mecánica de suelos y rocas. Esto permitió analizar parámetros clave del terreno. Dos parámetros resultaron ser muy importantes: la cohesión y el ángulo de fricción interna. Estos definieron la resistencia y la integridad estructural de los taludes. Una evaluación adecuada redujo el riesgo de deslizamientos. De esta manera se protegió al personal y se mantuvo la operatividad minera.

El objetivo consistió en establecer un factor de seguridad óptimo para la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy”. La investigación utilizó modelos teóricos de equilibrio límite. Estos modelos proporcionaron una base científica. Ayudaron a comprender cómo cada parámetro influyó en la estabilidad.

Mediante estos modelos, se pudo relacionar la estabilidad con las propiedades de la roca. Esto facilitó la identificación de puntos críticos y posibles fallas.

La selección de un factor de seguridad adecuado fue una práctica esencial. Permitió diseñar taludes más seguros y económicos para minas a cielo abierto. Esta investigación buscó contribuir al conocimiento teórico. Identificó y cuantificó los parámetros que más influyeron en la estabilidad.

Esta iniciativa no solo respondió a una necesidad práctica. También enriqueció la comprensión académica. Ayudó a entender cómo interactuaron estos factores en la estabilidad de taludes en explotaciones mineras no metálicas.

1.3.2. Justificación Práctica

La Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy” enfrentó una situación crítica. Esto se debió a la inestabilidad de los taludes en sus zonas de trabajo. Este problema afectó la seguridad del personal. También perjudicó la eficiencia de las operaciones mineras.

Evaluar los parámetros geotécnicos fue esencial. Esto redujo el riesgo de deslizamientos y colapsos. Así se evitaron accidentes y costos adicionales para la

unidad. Por ello, se priorizó mejorar esta situación. Se identificaron y analizaron factores clave. Entre ellos estuvieron la cohesión del material y el ángulo de fricción interna.

Con la recopilación de estos datos, la unidad pudo desarrollar taludes más seguros. También estableció con precisión los factores de seguridad.

Además, el reforzamiento de la estabilidad creó un entorno laboral más seguro. Esto incrementó la eficiencia operativa. Y redujo los tiempos de inactividad.

Los resultados de este trabajo trascendieron la unidad específica. Ofrecieron beneficios potenciales para otras operaciones mineras no metálicas. Otras minas que enfrentaron desafíos similares se vieron beneficiadas.

En resumen, el compartir las soluciones y evidencias obtenidas contribuyó a un sector minero más seguro. Y también más financieramente sostenible.

1.3.3. Justificación Metodológica

La investigación usa un enfoque cuantitativo, descriptivo y correlacional. Esto ayuda a ver cómo los parámetros geotécnicos se relacionan con la estabilidad de los taludes. También muestra cómo influyen en estas condiciones.

Se usan varias técnicas para recoger datos. La observación directa da información sobre el estado actual de los taludes. La revisión de informes geotécnicos aporta un contexto histórico sobre los materiales de la zona. Las pruebas de laboratorio miden parámetros clave como la cohesión y el ángulo de fricción interna.

Y el análisis estadístico examina estos datos. Así se descubren correlaciones y se identifican los factores que más afectan la estabilidad. Esta metodología es rigurosa y científica. Proporciona un marco claro para interpretar los resultados.

1.3.4. Justificación Social

La estabilidad de los taludes en la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy” fue un tema importante. Afectó directamente la seguridad de los trabajadores y las comunidades cercanas a la mina. Los deslizamientos pudieron causar pérdidas humanas y daños materiales. Por eso, proteger a las personas y garantizar un entorno seguro fue esencial.

Un enfoque proactivo ayudó mucho. Mejoró la relación entre la empresa y la comunidad local. La empresa mostró su compromiso con la seguridad y la calidad de

vida. Esto ganó la confianza de los clientes y creó una visión más positiva de la minería. Muchas comunidades vieron la minería como un daño al entorno. Por eso, tomar medidas para proteger a la gente fue clave.

Este estudio ofreció información útil para esta unidad minera. También pudo servir de ejemplo para otras en la región. Al final, la minería responsable fue posible. Dependió de que la empresa y las comunidades trabajaran juntas y siguieran normas claras.

1.3.5. Justificación Ambiental

Evaluar la estabilidad de los taludes en la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy" fue muy importante. Ayudó a manejar adecuadamente el ambiente de la zona. Identificar y analizar los parámetros geotécnicos aseguró una operación segura. También protegió la naturaleza alrededor.

La estabilidad de los taludes evitó deslizamientos y derrumbes. Estos pudieron causar erosión y dañar el suelo. Además, afectaron a los ecosistemas locales. Y en una mina, si no se cuidaban los materiales, podía haber contaminación del agua y los ríos. Esto perjudicaba la calidad y los ecosistemas acuáticos.

Tomar medidas para mejorar los taludes promovió una extracción sostenible. Redujo el impacto en la flora, la fauna y los hábitats. Esto mostró un compromiso con la sostenibilidad. Equilibró la explotación con la protección del ambiente.

Esta investigación no solo buscó taludes más estables, sino que también apoyó la sustentabilidad en la minería. Al priorizar la seguridad y el medio ambiente, la extracción resultó más segura y respetó el ambiente y los derechos de las comunidades.

1.3.6. Justificación Normativa

La estabilidad de los taludes en la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy" está relacionada con la regulación y las políticas nacionales que buscan proteger la seguridad, la sostenibilidad y el medio ambiente en la minería. En el Perú, las principales normativas aplicables son:

1. Ley General de Minería (Decreto Supremo N° 014-92-EM): Establece las disposiciones generales para la seguridad y el manejo adecuado de las operaciones mineras, incluyendo aspectos de estabilidad geotécnica.

2. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (Decreto Supremo N° 024-2016-EM con sus modificatorias D.S. N° 023-2017-EM y D.S. N° 034-2023-EM.): Especifica los requisitos para garantizar la estabilidad de taludes en actividades mineras, indicando que deben realizarse evaluaciones geotécnicas periódicas para prevenir riesgos.
3. Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera (Decreto Supremo N° 019-2020-EM): Asegura que las operaciones mineras cumplan con los estándares de sostenibilidad y protección ambiental, incluyendo el manejo seguro de taludes.
4. Norma E.050 – Suelos y Cimentaciones (RNE): Aporta criterios técnicos para evaluar la estabilidad de taludes, especialmente en lo referido a factores de seguridad, propiedades geotécnicas de los materiales y prevención de fallas por cortante. Su aplicación es relevante para validar diseños de taludes permanentes y temporales, asegurando coherencia con estándares nacionales de ingeniería aplicables a infraestructura asociada a la operación minera.

1.3.7. Importancia de la tesis

La presente indagación reviste relevancia por su aporte tangible a la salvaguarda y perdurabilidad de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy, enclave donde la firmeza de los taludes constituye un imperativo para la preservación de la integridad humana, la custodia del entorno ecológico y la continuidad económica del emprendimiento extractivo. Esta pesquisa no se circunscribe meramente al acatamiento de los preceptos legales peruanos como el Decreto Supremo N° 024-2016-EM y sus enmiendas D.S. N° 023-2017-EM y D.S. N° 034-2023-EM, sino que pretende erigirse en brújula técnica para ingenieros y operarios que, cotidianamente, se enfrentan a los embates de un medio geológico intrincado y telúricamente convulso.

El presente estudio representa un avance sustancial hacia una minería no metálica más segura, racionalizada y armoniosa con el entorno en la región de Moquegua, aspirando a dejar una impronta benéfica tanto en la colectividad circundante como en el ámbito sectorial.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

La evaluación adecuada de los parámetros geotécnicos mejorará significativamente la estabilidad de los taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.

1.4.2. Hipótesis Específicas

Identificando los parámetros geotécnicos críticos se logrará la mejora de la estabilidad de taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.

La determinación del factor de seguridad adecuado mejorará la estabilidad de los taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.

1.5. Variables

1.5.1. Variable independiente

Parámetros geotécnicos

Indicadores de variable independiente:

-Cohesión

-Ángulo de fricción interna.

1.5.2. Variable dependiente

Estabilidad de los taludes.

Indicadores de variable dependiente:

- Factor de Seguridad

El Anexo 01 presenta la matriz de consistencia y el Anexo 02 presenta la definición, estructura de las variables a fin de cumplir con los objetivos del estudio.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Internacionales

En su investigación, Alemany (2019) evaluó la estabilidad de los taludes en la corta este del Yacimiento Castellanos, ubicado en Pinar del Río. La pesquisa se abocó al escrutinio de las propiedades ingeniero-geológicas y la dinámica mecánico-estructural del macizo pétreo. Para calibrar la aptitud del material rocoso, se recurrió a cinco esquemas de clasificación geomecánica: Deere (RQD), Bieniawski (RMR), Barton (Q), Romana (SMR), y Hoek y Marinos (GSI), las cuales proporcionarán criterios sobre la clave de calidad. del macizo. Además, se emplearon los métodos más adecuados para las características del yacimiento, utilizando tres softwares (Dips, RocPlane y Swedge) para calcular la estabilidad de los taludes, concluyendo con un análisis detallado de la estabilidad estructural del área.

Sanabria (2019) desarrolló un procedimiento para evaluar el riesgo de caídas de bloques en taludes de roca, aplicado a una mina a cielo abierto cercana al municipio de Une, Cundinamarca. El estudio, de diseño aplicado con enfoques cuantitativos y semicuantitativos, utilizó imágenes digitales obtenidas mediante drones y fotogrametría de corto alcance para construir modelos tridimensionales de la zona. A partir de esta información, se simularon redes de fracturamiento y trayectorias de bloques, lo que permitió construir mapas de amenaza y realizar análisis de estabilidad ante distintos mecanismos de falla. Además, se formularon ecuaciones de magnitud-frecuencia sin necesidad de inventarios previos, logrando estimaciones detalladas del riesgo. Los resultados evidenciaron la eficacia del procedimiento para analizar la estructura geológica y geotécnica de los taludes, proponiendo medidas concretas para mitigar riesgos en operaciones mineras complejas.

Rimmelin (2019) desarrolló un modelo conceptual para analizar el comportamiento de taludes mineros profundos, diferenciando dos tipos de comportamiento geomecánico: el elasto-plástico en las zonas cercanas a la superficie y el elasto-frágil o tensión a mayores profundidades. El modelo fue analizado numéricamente en dos dimensiones, utilizando parámetros como la geometría del rajo,

la profundidad del límite de sulfatos y la razón de esfuerzos. Los hallazgos revelaron que la razón de esfuerzos no ejerce incidencia preponderante sobre el coeficiente de estabilidad de los taludes profundos, y que subsiste una correlación de equilibrio límite entre la morfología del talud y la hondura del umbral sulfático. En la evaluación de un caso real de la mina Spence en la región de Antofagasta, se observó que el factor de seguridad disminuía de 1.50 a 1.22 debido al ablandamiento de tensión bajo el límite de sulfatos. Aunque los resultados son preliminares y académicos, sirven como base para investigaciones futuras que exploren más a fondo los parámetros involucrados y permitan desarrollar soluciones de ingeniería aplicables a la minería de gran profundidad.

En su estudio, Vemba et al. (2020) evalúan la estabilidad de los taludes del yacimiento polimetálico Castellano, ubicado en Cuba, mediante el cálculo del factor de seguridad en tres frentes de taludes (I, II y III). Para este examen se contemplaron dos panoramas contrastantes: uno que incorporaba el coeficiente sísmico regional y otro que prescindía de dicho parámetro. La modelación y el cómputo se realizaron mediante el software Slide v.6.0. Los desenlaces evidenciaron que los tres contextos analizados manifestaban inestabilidad bajo ambas condiciones sísmicas, con coeficientes de seguridad fluctuando entre 0.281 y 0.444, cifras marcadamente inferiores al umbral de estabilidad fijado en 1.3. Este hallazgo subrayó la imperiosa necesidad de implementar medidas de afianzamiento, tales como cunetas de drenaje, a fin de atenuar los peligros asociados, máxime considerando que los taludes en cuestión se hallan inactivos y no están sujetos a labores extractivas en curso.

Gómez & Rodríguez (2021) analizan la estabilidad de los taludes en una cantera de áridos y pétreos en Manabí, Ecuador, evidenciando la falta de estudios geotécnicos que comprometen la seguridad y eficiencia en explotaciones mineras. Utilizando la caracterización SMR, análisis cinematográfico con DIPS y el método de Bishop en Slide2, concluyeron que la mayoría de los taludes eran inestables, con factores de seguridad inferiores a 1.5 y clasificados como "muy malos" o "malos". Ante esto, propusieron un nuevo diseño basado en sus hallazgos para mejorar la estabilidad de los taludes.

Según García (2023) en su trabajo de fin de grado "Diseño de alternativas para corrección de inestabilidad cantera de caliza ornamental Capri", El propósito de la presente indagación fue acometer un estudio geotécnico orientado a remediar la inestabilidad suscitada en el escarpe de la cantera de caliza ornamental Capri, producto de un súbito deslizamiento de bloques a lo largo de una dislocación estructural situada en la cúspide del talud. La metodología adoptó un enfoque de investigación aplicada, con un diseño de corte descriptivo y cualitativo. La población estuvo conformada por los taludes de la cantera que evidenciaban signos de inestabilidad, mientras que la muestra se centró en el examen de la zona comprometida. La técnica utilizada fue la observación directa y el análisis documental mediante la revisión de informes técnicos previos y datos geotécnicos disponibles. La conclusión alcanzada fue que se lograron delinear medidas geotécnicas idóneas para subsanar la inestabilidad del talud, mitigando así los riesgos potenciales durante la explotación de la cantera.

En consonancia, Chacón et al. (2023) en su estudio titulado “Análisis de la estabilidad de taludes en la mina María ubicada en el sector Piuntza, Zamora Chinchipe”, se propusieron llevar a cabo un escrutinio pormenorizado de la estabilidad de los escarpes de dicha mina, con miras a proponer estrategias de remediación fundamentadas en ensayos geotécnicos. El análisis comprendió un levantamiento topográfico meticuloso y pruebas para determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales constituyentes del talud, utilizando clasificaciones como SUCS y AASHTO, además de ensayos triaxiales para suelos y compresivos para macizos rocosos. La estabilidad fue evaluada mediante el software SLIDE, aplicando los métodos de Spencer y GLE/Morgenstern-Price, cuyos resultados revelaron un estado crítico de ruptura e inestabilidad. Como respuesta, se propusieron dos esquemas de remediación bajo el modelo Protodyakonov: uno destinado al cierre definitivo del talud y otro de clausura progresiva, con el propósito de optimizar el factor de seguridad.

Nacionales

Alvarado & Villanueva (2019) analizaron la estabilidad de los taludes en la cantera "Agocucho", Cajamarca, aplicando métodos geomecánicos como RMR, SMR y GSI, y herramientas como Dips y Slide. Aunque el macizo rocoso mostró estabilidad general, se identificó áreas críticas de inestabilidad causadas por desprendimientos y

voladuras. Propusieron como recomendaciones ajustes en las pendientes, construcción de bermas y control de voladuras para mejorar la seguridad y optimizar la estabilidad de los taludes durante la extracción minera.

Mamani & Alonso (2019) evaluaron la estabilidad de los taludes en una cantera de arcilla en Paccha, La Oroya, con el objetivo de optimizar la explotación, reducir el desmonte y prever el comportamiento de los taludes. Analizaron las condiciones geológicas y geotécnicas del macizo y el suelo en las áreas de extracción a cielo abierto, que se utilizaban para la fabricación de artesanías y losetas. Su estudio destacó la importancia de asegurar lo estable de los taludes para asegurar la seguridad de las operaciones y mejorar la eficiencia en la extracción de arcilla.

Ángeles & Cueva (2019) en su estudio titulado "Optimización en la planificación minera a tajo abierto", abordaron la imperiosa necesidad de perfeccionar los esquemas de planificación extractiva en yacimientos a cielo abierto, incorporando herramientas que contemplen la incertidumbre inherente y los riesgos estructurales del ámbito minero. Mediante la caracterización del macizo calcáreo, el análisis de reservas y la evaluación del ciclo operativo unitario (perforación, voladura, carguío y acarreo), se logró refinar el plan de minado en la cantera La Unión, situada en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca. Los resultados arrojaron que el macizo rocoso ostenta una calidad media (RMR = 57) y una densidad en banco de 2.51 TM/m³. Se estimaron 855 972.00 TM de reservas minerales, con una producción diaria de 65 m³ de roca fragmentada y 30 TM/día en los hornos de calcinación. Este estudio constituye una plataforma técnica para la optimización del planeamiento minero, con vistas a maximizar réditos económicos y robustecer la competitividad del sistema extractivo a tajo abierto.

Montoya (2020) examinó la incidencia de la valoración geomecánica en la estabilidad de los escarpes de la cantera Aylambo, subrayando el papel cardinal de los parámetros geotécnicos. Determinó un GSI de 32 y un RMR de 46, clasificando el macizo como de calidad "Regular". El análisis cinemático evidenció un 28.57% de probabilidad de vuelco, y los factores de seguridad fueron de 1.010 en condiciones estáticas y 0.650 bajo condiciones pseudoestáticas, este último elevado a 1.513 tras modificaciones geométricas del talud. El índice SMR fue de 43.25, ubicando los taludes en un estado de estabilidad parcial. Como medidas de sostenimiento, se

recomendaron zanjas de drenaje, anclajes, proyección de hormigón y muros de contención, además de un diseño con tres bancos, ángulo de 60°, altura de 17 metros y bermas de 20 metros de amplitud para afianzar la estabilidad estructural.

Álvarez (2020) en su tesis "Evaluación geomecánica del macizo rocoso aplicando el SMR para el diseño del banco en U.E.A. Encanto Blanco LYOF, Chongos Alto", se propuso delinear el diseño de bancos mediante la valoración geomecánica del macizo, utilizando el método SMR (Slope Mass Rating). Su enfoque metodológico fue de corte cuantitativo, carácter básico y naturaleza descriptiva. La población estuvo conformada por los escarpes de la Unidad Económica Administrativa Encanto Blanco, centrando la muestra en los bancos operativos. El análisis se ejecutó a través del método geomecánico, empleando como herramienta el software Slide 6.0 para el cálculo del factor de seguridad y la estimación de la estabilidad. Se concluyó que la caracterización minuciosa del macizo posibilitó un diseño más robusto y eficiente, contribuyendo al reforzamiento de la seguridad operativa en contextos de minería artesanal y de pequeña escala.

Luna & Becerra (2020) en su disertación "Estudio geomecánico minero para el diseño de explotación de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V, Bambamarca 2020", se propusieron realizar una evaluación geológica y geomecánica con el fin de estructurar un diseño de explotación viable para dicha concesión. La metodología contempló la observación directa como técnica principal de acopio de datos, utilizando formatos técnicos especializados para consignar características litológicas y geotécnicas. El estudio abarcó el cálculo volumétrico y la estimación de reservas de roca caliza, además de definir los parámetros de voladura y delinear el esquema técnico de explotación. Los resultados indicaron que el yacimiento se compone primordialmente de las formaciones Cajamarca y Huambos, clasificando sus macizos rocosos como de calidad regular (Clase III) conforme a las escalas RMR y GSI. El diseño incluyó una geometría operativa con ángulo entre rampas de 39°, inclinación de bancos de 60°, altura de banco de 7 m, bermas de seguridad de 4 m, rampas de 5 m de ancho y una pendiente entre 10% y 12%. Se proyectó una vida útil de 15 años para la cantera. Se concluyó que la evaluación geomecánica posibilitó concebir una explotación técnica y operacionalmente segura.

Farro & Gonzales (2020) en su estudio “Sistema de drenaje para controlar la estabilidad del sector Caolín en la cantera Las Tres Tomas, Ferreñafe”, se enfocaron en el diseño de un sistema de drenaje destinado a mitigar la inestabilidad provocada por el estancamiento pluvial en dicho sector. La investigación se estructuró bajo un enfoque cuantitativo y un diseño explicativo, empleando métodos analíticos, sistémicos y estadísticos para procesar información obtenida mediante observación sistemática y recolección de datos topográficos e hidrometeorológicos. Se hizo uso de herramientas como Google Earth, AutoCAD Civil 3D y ArcMap. Los resultados avalaron la eficacia del diseño de zanjas de coronación para canalizar las precipitaciones máximas, reduciendo la infiltración y evitando la alteración de los parámetros geomecánicos de los materiales removidos en condiciones precarias. La conclusión fue que dicho sistema de drenaje representa una solución eficaz para preservar la estabilidad del talud en el sector Caolín.

Chilón & López (2021) estructuraron un modelo de explotación sustentado en el estudio geomecánico de los materiales pétreos presentes en la cantera San Cirilo, situada en la región de Cajamarca. El análisis del macizo rocoso se llevó a cabo mediante inspección directa y la aplicación de los sistemas de clasificación RMR y GSI. Para el procesamiento y visualización de datos, se valieron de herramientas como ArcGIS, Dips y Slide, las cuales permitieron perfilar la configuración estructural del macizo, realizar un levantamiento topográfico detallado, calcular el factor de seguridad e identificar discontinuidades geológicas. En función de dichos insumos, diseñaron bancos de explotación técnicamente optimizados, considerando los parámetros geotécnicos, la morfometría del terreno y un ángulo operativo que asegurara tanto la estabilidad del talud como la eficiencia en la remoción de material.

Fernández (2021) en su tesis titulada “Factibilidad de un plan de minado en la cantera Chinchin del centro poblado Otuzco, distrito de Baños del Inca”, propuso evaluar la viabilidad de un esquema de extracción a tajo abierto en dicha cantera, conformada por rocas sedimentarias pertenecientes a la formación Cajamarca. El macizo fue clasificado como de calidad regular. El método propuesto contempló bancos de 5 metros de altura y un ángulo de inclinación de 70°. Los resultados fueron alentadores, revelando que el 90% del material calizo posee las propiedades necesarias

para satisfacer la demanda en sectores mineros, agropecuarios, constructivos y sanitarios. La metodología fue de corte descriptivo y explicativo, bajo un diseño no experimental y transversal. La muestra se circunscribió al yacimiento no metálico de caliza en la cantera Chinchin.

Díaz & Zelada (2021) en su estudio "Estabilidad física para la explotación de agregados en la Empresa Minera no Metálica El Milagro - Cajamarca", se enfocaron en plantear soluciones técnicas frente a la inestabilidad física detectada en los frentes de explotación. Su metodología, de carácter descriptivo, permitió identificar el método más adecuado para garantizar la estabilidad de los bancos extractivos. Mediante técnicas de recolección de datos y análisis documental, lograron delimitar las zonas críticas e idear estrategias para mitigar el riesgo estructural. Se identificó que las litologías presentes —areniscas, cuarcitas y calizas arenosas estratificadas— conforman un sistema con niveles intercalados de distintos espesores, lo cual favorece la aplicación del método de extracción a cielo abierto. La investigación concluyó que la implementación de medidas estabilizadoras resulta clave para reducir pérdidas económicas y perfeccionar el aprovechamiento de los agregados.

Conforme a lo expuesto por Gaona & Rodríguez (2021) en su disertación intitulada "Análisis geotécnico y modelamiento numérico para el diseño del talud final de la cantera Susy III en Cañete", cuyo propósito fue examinar y configurar el talud definitivo de una cantera mediante herramientas geotécnicas y simulación computacional, se aplicó una metodología que comprendió prospecciones geológicas y geomecánicas in situ, cartografía estructural del macizo y la recolección de testigos representativos para ensayos de laboratorio. Para la caracterización del macizo rocoso se empleó la clasificación Rock Mass Rating (RMR). Asimismo, se ejecutó el trazado geométrico del tajo abierto, contemplando aspectos como la litología, el ratio de extracción y las dimensiones del equipo operativo. Los hallazgos posibilitaron definir las etapas de explotación, las condiciones del talud final y la factibilidad del proyecto, cuya aprobación ambiental contempla una longevidad operativa de 15 años y una producción máxima de 130 TM/día. La investigación concluyó que la confluencia de análisis geotécnicos y geomecánicos resulta crucial para perfeccionar el diseño de taludes en explotaciones canteriles, favoreciendo tanto la estabilidad estructural como

la eficiencia operativa.

Según Hernández & Sánchez (2021) en su tesis intitulada “Optimización de procesos para la explotación de agregados de la cantera Huayobamba, en la provincia de San Marcos, Cajamarca”, el cometido consistió en perfeccionar los procedimientos aplicados en la extracción de agregados. La pesquisa se orientó al uso del método de perfiles para estimar las reservas en la zona delimitada de la formación Farrat. La muestra correspondió a los sectores seleccionados para la extracción, arrojando un volumen aproximado de 11.040 m^3 de material explotable. La extracción se efectuó por banqueo, utilizando maquinaria pesada como excavadoras, cargadores frontales y camiones de volteo. El abordaje metodológico fue cuantitativo, de índole descriptiva. En cuanto a los efectos colaterales, se identificaron beneficios como la generación de empleo, y perjuicios como la alteración del paisaje y la emisión de polvos y gases. La conclusión principal sostiene que, mediante la racionalización de procesos y la adopción de técnicas idóneas, es posible acrecentar la eficiencia y atenuar los efectos adversos en la explotación del yacimiento.

Gormas & López (2022) en su disertación titulada “Propuesta de un plan de minado para aumentar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca”, se propusieron delinear un esquema de explotación que optimice la productividad en una cantera no metálica, para lo cual examinaron la geología regional y local, evaluaron los riesgos sísmicos e hidrogeológicos, efectuaron la clasificación geomecánica y seleccionaron el método de extracción más idóneo. La metodología se sustentó en un enfoque descriptivo y aplicado, con labores de prospección directa. La cantera en Cajamarca constituyó el universo de estudio, y la muestra se definió con base en las condiciones litológicas y geomecánicas del enclave. La técnica utilizada fue el análisis estructural del macizo y la estimación de reservas, mediante el sistema RMR y la evaluación de métodos extractivos. Se concluyó que, con el plan propuesto, se proyecta una capacidad anual de 13.500 toneladas, empleando un sistema de banqueo ascendente a cielo abierto, sustentado en un diseño geomecánico que favorece la estabilidad de los taludes.

Orihuela (2023) en su tesis “Influencia de la saturación de suelos finos en la estabilidad de taludes, cantera Inay, Saños Chaupi 2021”, se planteó analizar cómo

incide el grado de saturación en la estabilidad de taludes en una cantera de arcillas. Su metodología incluyó exploraciones de campo y ensayos laboratoriales, trabajando con muestras recolectadas en tres puntos críticos con tendencia a movimientos graduales. Las pruebas permitieron evaluar la variabilidad del contenido hídrico, la densidad, la cohesión y el ángulo de fricción interna bajo distintos niveles de saturación. La investigación, de corte cuantitativo y naturaleza experimental, contempló un análisis comparativo entre condiciones estáticas y pseudoestáticas. Se concluyó que el coeficiente de estabilidad fluctúa con el grado de saturación, alcanzando su punto óptimo cuando el suelo presenta contenido de humedad ideal y densidad máxima, decreciendo drásticamente al aproximarse a la saturación plena (100%).

Según Espinoza (2023) en su indagación titulada “Evaluación de los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del tajo superficial Raúl Rojas en la Unidad Minera Cerro de Pasco Compañía Minera Volcan S.A.A.”, se acometió un escrutinio sobre la estabilidad de laderas en faenas extractivas a cielo abierto, focalizándose en la unidad minera de Cerro de Pasco. El propósito primordial consistió en precisar los atributos geométricos idóneos que aseguren la firmeza del tajo somero en la zona examinada. El estudio se orientó hacia taludes compuestos por materiales disgregables, primordialmente arenosos. A través de una prospección geotécnica exhaustiva, se efectuaron ensayos de laboratorio que permitieron perfilar las características del subsuelo y derivar los parámetros de resistencia pertinentes. Las evidencias obtenidas corroboraron la validez del método propuesto y posibilitaron la delimitación de las condiciones geométricas más propicias para la estabilidad del talud.

De acuerdo con Pérez & Severino (2023) en su disertación titulada “Adecuado control de operación minera para la disminución de costos en Cantera El Arenal”, el cometido fue examinar el rendimiento de la maquinaria involucrada en labores como desbroce, carguío y zarandeo, con miras a acortar los lapsos operativos y potenciar la eficacia general. La estrategia metodológica adoptó un enfoque cuantitativo, con diseño de tipo descriptivo y corte transversal, centrándose en el análisis temporal y económico del desempeño de equipos como cargadores frontales, excavadoras y volquetes. Los hallazgos indicaron que la optimización de las vías de tránsito y la instauración de áreas de acopio más funcionales permitieron aminorar los costos

operativos y elevar la rentabilidad. La pesquisa concluyó que el manejo riguroso de equipos y procesos incide directamente en la eficiencia operativa de la cantera, favoreciendo la disminución de gastos y el incremento del rendimiento.

Por su parte, Limaco (2023) en su estudio titulado “Evaluación geomecánica para el diseño del sostenimiento de labores subterráneas en la mina Azulcocha”, abordó la problemática de los siniestros derivados de desprendimientos pétreos, responsables de un elevado número de decesos en faenas subterráneas a lo largo de casi una década. El análisis resalta la gravitación de los lineamientos geomecánicos en la concepción, ejecución, explotación y clausura de emprendimientos mineros, proponiendo praxis ingenieriles más eficaces para la mitigación de tales contingencias. La obra se organiza en cuatro apartados: el inicial expone el método investigativo, el planteamiento del dilema, la relevancia del tema y los objetivos perseguidos; el segundo compendia el andamiaje teórico y las nociones fundamentales; el tercero describe los materiales y técnicas empleadas, junto con la ubicación geográfica y el tratamiento de datos; y el cuarto interpreta los resultados obtenidos y los confronta con las hipótesis establecidas. Las conclusiones y recomendaciones remarcan la imperiosa necesidad de instaurar estrategias robustas para reforzar la seguridad en labores subterráneas.

En su investigación, Huauya (2023) aplicó la geomecánica en el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina Jakama Concepción, perteneciente a la Compañía Minera Virgen de Pauranga SA Utilizó una metodología aplicada con un diseño descriptivo, enfocándose en el macizo rocoso. de las labores mineras. El estudio evaluó dos niveles geomecánicos: el Nivel 2, con una profundidad de 490 metros, y el Nivel 4, con 420 metros, lo que contribuyó a la zonificación geomecánica del área. Se observará que la resistencia promedio de la roca era de 40 a 60 MPa, indicando buena calidad, aunque con variaciones debido a roturas o discontinuidades. Las rocas tratadas mostraron baja resistividad y mala calidad por mineralización alterada. Para el sostenimiento, se recomiendan pernos de 5 pies, pero no se pudo usar debido a restricciones contractuales y la falta de equipos adecuados. La barrera metálica se identificó como un soporte problemático, ya que carecía de vigas, por lo que se optó por el uso de madera en lugar de materiales metálicos.

Regional

Ccalloquispe & Sivana (2020) emprendieron una pesquisa bajo el título "Evaluación geológica y geotécnica de la estabilidad de talud suroeste de la fase 6B2 del fondo de la mina Cuajone-Moquegua-2020", orientada a examinar la fragilidad estructural de las laderas en dicha explotación. El estudio, de corte experimental, se abocó a la caracterización geomecánica y al escrutinio estratigráfico del talud, identificando discontinuidades estructurales y ejecutando controles por estrato en los distintos niveles de cada banco. La labor de campo incluyó levantamientos geológicos, análisis del macizo pétreo mediante secciones de observación y testigos de perforación, además del acopio de muestras sometidas a ensayos laboratoriales. En la evaluación de estabilidad, se recurrió a tres esquemas de equilibrio límite: Bishop simplificado, Jambu y Fellenius. Asimismo, se empleó el criterio Hoek-Brown para definir las propiedades geomecánicas, valiéndose de índices como RQD, RMR y GSI, determinados según la disposición de las estructuras. Los hallazgos evidenciaron que, en condiciones estáticas, el factor de seguridad del talud de la fase 6B2 satisfizo los umbrales técnicos de estabilidad requeridos.

Zavala (2021) abordó la estabilidad de las laderas de un terraplén emplazado en la quebrada Cimarrona, Toquepala, soporte de una vía férrea destinada al acarreo de materiales hacia Ilo. A raíz de disfunciones en el sistema de drenaje, fue preciso proyectar un túnel subterráneo. El análisis contempló una caracterización geomecánica del terreno mediante perforaciones y calicatas, complementada por un levantamiento topográfico para definir la geometría de los taludes. A través del software Slide y metodologías de equilibrio límite, se diagnosticó inestabilidad, particularmente en escenarios sísmicos. Como respuesta, se propuso una reconfiguración geométrica acompañada del refuerzo con pernos anclados e inyectados, logrando así incrementar el factor de seguridad conforme a las disposiciones normativas y asegurar la viabilidad estructural del túnel proyectado.

Neira & Rivera (2021) en su indagación intitulada "Modelamiento geomecánico 3D para la estabilización de taludes de la cantera Los Ángeles de la unidad minera Transervel, Moquegua 2021", se propusieron explorar la estabilidad de taludes mediante simulación geomecánica tridimensional. El estudio articuló un corpus

teórico centrado en nociones de mecánica de rocas, mapeo estructural y factores de seguridad. Para la evaluación, se empleó un software idóneo, con atención a la litología local, situada entre los 1000 y 2200 msnm. La metodología, de índole descriptiva y no experimental, consideró como variable independiente el modelamiento 3D y como dependiente la estabilidad de las pendientes. El análisis geomecánico, con base en el RMR, clasificó la roca como de calidad media (clase III). Posteriormente, se aplicó el método de Bishop y se contempló el uso de pernos Split Set para sostenimiento, arrojando un factor de seguridad de 1.389. Este resultado, validado mediante modelamiento 3D bajo condiciones estáticas, confirmó la estabilidad del conjunto talúdico evaluado.

En su trabajo "Análisis de la estabilidad del talud del botadero de la concesión minera Camila III", Romero (2022) indagó la firmeza estructural del botadero de desmontes emplazado en la quebrada San Antonio, Moquegua, derivado de la extracción de material no metálico. Con un enfoque observacional-descriptivo, la investigación incluyó exploraciones de campo y ensayos laboratoriales orientados a determinar las propiedades físicas y mecánicas del material. Aplicando los métodos de Fellenius, Bishop y Spencer, además del software Slide 6.0, se estimó que el factor de seguridad superaba el umbral de 1.2, lo cual indicó una condición estable conforme a los estándares regulatorios. La pesquisa concluyó que el talud en cuestión presentaba estabilidad y permitió formular directrices técnicas para el cierre de operaciones y eventuales procesos de estabilización futuros.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Geología

La geología nos proporciona información clave para comprender la evolución geológica de la región. La cual describe una secuencia estratigráfica que refleja ambientes de sedimentación marina profunda, procesos volcánicos activos y episodios de alteración hidrotermal, lo cual permite interpretar los cambios geodinámicos que ocurrieron en esta zona del sur peruano.

Se halla la presencia de minerales como la epidota, el cuarzo y la pirita framboidal que es indicativa de procesos hidrotermales posteriores a la sedimentación, lo cual no solo tiene importancia científica, sino también un valor práctico en la

exploración de recursos minerales. Además, la identificación de ammonites en ciertos niveles permite datar las rocas con precisión, situándolas en el Jurásico Medio, y facilitando así la correlación estratigráfica con otras formaciones a nivel regional.

Se destaca la interacción entre procesos sedimentarios y volcánicos, así como la transición entre facies continentales y marinas. Estas características aportan evidencia valiosa sobre variaciones en el nivel del mar y en el contexto tectónico de la cuenca, lo que sugiere un ambiente de trasarco extensional asociado a un arco volcánico vinculado a la subducción de placas.

Con las referencias, coordenadas específicas y la mención de contactos estratigráficos con otras unidades geológicas se brinda una base concreta para el trabajo de campo, la elaboración de mapas geológicos y estudios más detallados. En conjunto, se integra información litológica, paleontológica, estructural y tectónica, esencial para la comprensión integral de la evolución geológica de la región.

2.2.1.1. Geología regional

En la región y zonas circundantes tiene preponderancia la presencia de la Formación Moquegua (Sotillo).

Adam (1908), describió como formación Moquegua a la serie de capas continentales, compuestas por arcillas, areniscas, conglomerados, areniscas tufaceas y tufos de color rojizo a blanco amarillento que afloran típicamente en el valle Moquegua y se extiende por centenas de kilómetros, tanto al sur como al norte de dicho valle, entre la cadena costera y el pie de la cordillera occidental.

La formación Moquegua subyace, con fuerte discordancia a las rocas volcánicas del Grupo Toquepala. Sobre la formación Moquegua se reconocen remanentes de erosión de un banco de tufo blanco, correspondiente a la formación Huaylillas, que se presenta como un “sombrero” en las cimas de las colinas.

En esta formación no se han encontrado evidencias paleontológicas para determinar su edad; a falta de estas pruebas su ubicación geocronológica está basada solo en sus posiciones estratigráfica, de sobre yacer a la formación Toquepala asignados al Cretáceo superior Terciario inferior, por otra parte, infra yace a los tufos Huaylillas considerados del Terciario Superior.

2.2.1.2. Geología local

Consiste en una secuencia de areniscas arcósicas a tufaceas, de color gris a marrón claro, alternado con areniscas arcillosas y arcillas grises a rojizas.

- **Formaciones volcánicas**: La región presenta un predominio de rocas ígneas, especialmente andesitas y basaltos asociados a la actividad volcánica de la Faja Volcánica Central Andina.
- **Rocas sedimentarias**: En las zonas más bajas, como en la cuenca del río Moquegua, se encuentran formaciones sedimentarias de edades más recientes en donde predominan las areniscas y calizas, que se depositaron en ambientes marinos y fluviales. Estas rocas suelen contener fósiles marinos.
- **Metamorfismo**: En algunas zonas de la Cordillera Occidental, se encuentran formaciones metamórficas, como los esquistos y gneises, que han sido afectadas por las altas presiones y temperaturas de las colisiones tectónicas.
- **Estructuras tectónicas**: La actividad tectónica ha formado numerosas fallas y pliegues en la región. Esto se debe a la compresión que ocurre debido a la subducción de la placa de Nazca bajo la placa sudamericana generando una intensa deformación en las rocas.

2.2.2. Perfil geotécnico

El estudio geotécnico realizado en la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy” incluyó la ejecución de tres calicatas (C-01, C-02 y C-03) para caracterizar las propiedades del suelo en el área de explotación. Según la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se determinaron las siguientes características:

- **Calicata C-01**: Grava bien graduada con limo, arcilla y arena (GW-GM), con baja plasticidad y compacidad media a buena.
- **Calicata C-02**: Grava bien graduada con arena (GW-GM), con alta permeabilidad y compacidad favorable.
- **Calicata C-03**: Grava limoso-arcillosa con arena (GC-GM), con mayor contenido de finos y sensibilidad a cambios de humedad.

El nivel freático se observó a mayor profundidad, solo durante la temporada de lluvias, existiendo baja presión de poros en condiciones normales, y requiriendo

monitoreo en períodos de alta pluviosidad, especialmente en la calicata C-03, la Tabla 1 muestra el perfil geotécnico de cada calicata.

Tabla 1
Perfil Geotécnico de las Calicatas en la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy"

Calicata	Clasificación SUCS	Composición Principal	Observaciones
C-01	GW-GC	Grava bien graduada con limo, arcilla y arena	Baja plasticidad, compacidad media a buena
C-02	GW-GM	Grava bien graduada con arena	Alta permeabilidad, compacidad favorable
C-03	GC-GM	Grava limoso-arcillosa con arena	Mayor contenido de finos, sensible a cambios de humedad

Nota. Elaboración propia basada en los resultados de las calicatas y ensayos de laboratorio

Para visualizar la distribución de los materiales y las variaciones en su composición, se elaboró un esquema transversal que refleja las clasificaciones SUCS (GW-GC, GW-GM y GC-GM) identificadas en cada punto de exploración. La Figura 1 ilustra estas relaciones, incluyendo la inclinación del talud y las cotas correspondientes.

En la Tabla 2 se presenta la ubicación, profundidad y cota de cada calicata.

Tabla 2
Datos de las calicatas realizadas

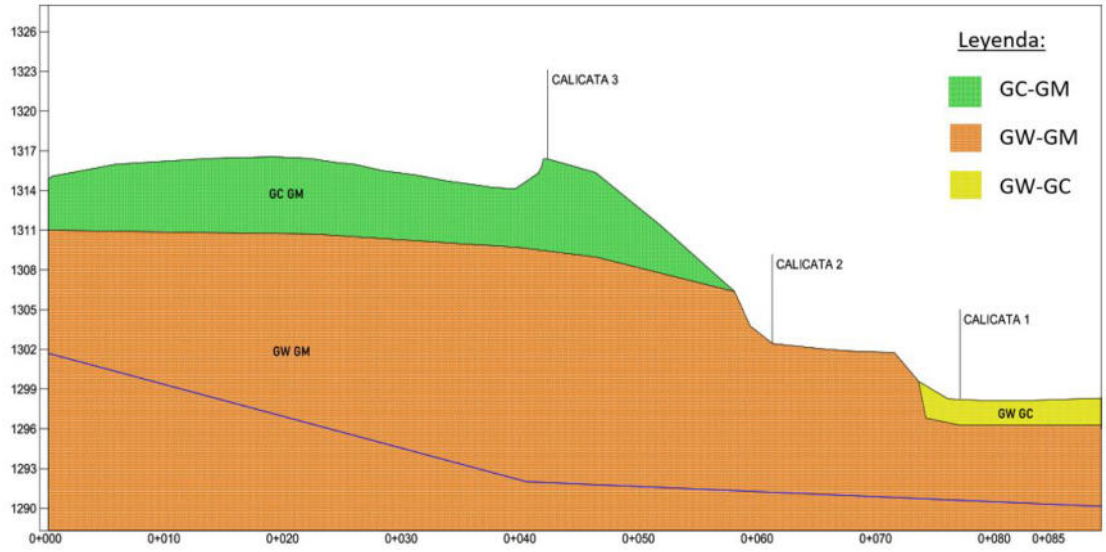
N° Exploración	Ubicación	Profundidad (m)	Cota (msnm)
C-01	Base de Talud	-2.00	1298
C-02	Zona intermedia de Talud	-1.80	1302
C-03	Cresta de Talud	-2.20	1316

Nota. Elaboración propia basada en los registros de campo y laboratorio

Las calicatas se distribuyeron estratégicamente en tres puntos ubicados desde la base hasta la cresta del talud, con el objetivo de obtener una caracterización representativa del perfil geotécnico del terreno. Esta disposición permitió identificar los cambios en la composición del suelo, humedad, densidad y resistencia en función de la altura del talud, garantizando una adecuada evaluación de sus propiedades. La ubicación y disposición de las calicatas se muestra en las Figuras 2, 3 y 4.

Figura 1

Esquema del Perfil Geotécnico de las Calicatas C-01, C-02 y C-03

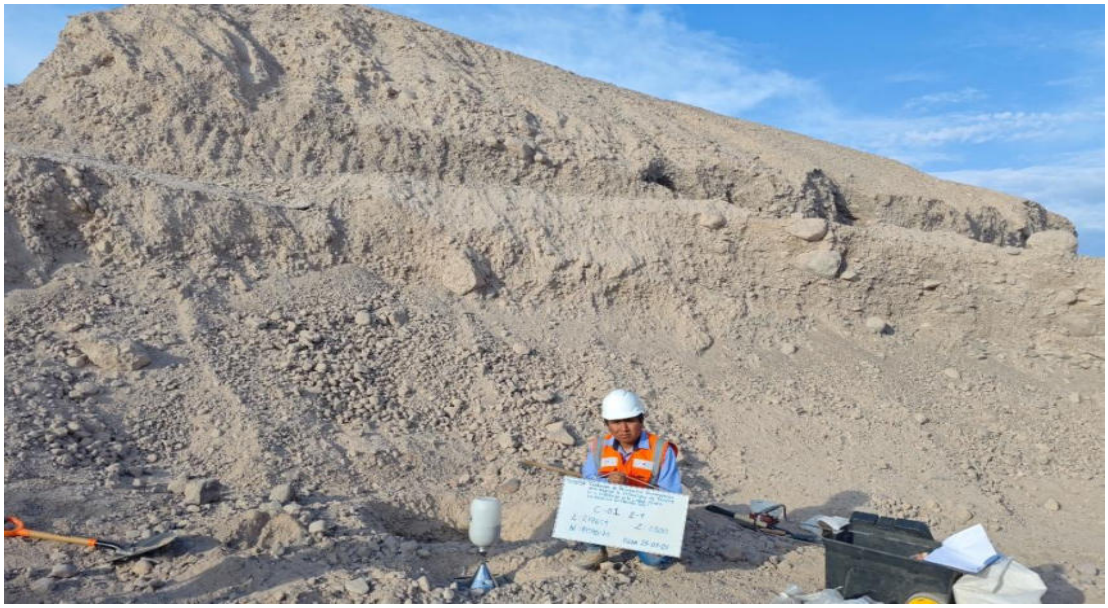


Nota. Elaboración propia

La calicata 1 se ubicó estratégicamente en la base del talud ubicado en la cuota 1298 con una profundidad de 2 metros como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

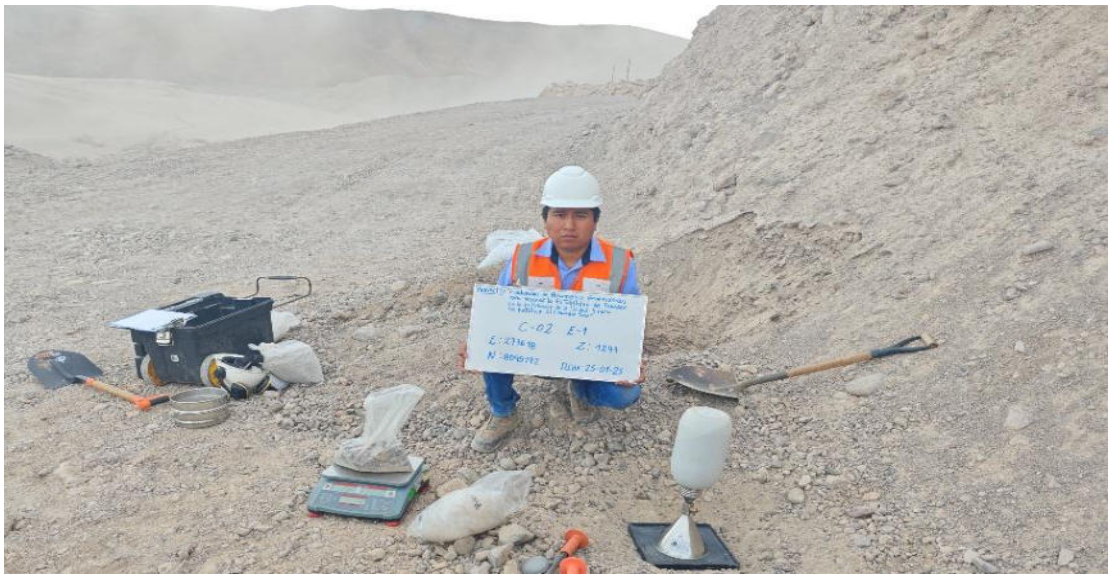
Ubicación de la calicata 1



Nota. Elaboración propia

La calicata 2 se ubicó estratégicamente en la zona intermedia de talud ubicado en la cuota 1302 con una profundidad de 1.8 metros como se muestra en la Figura 3.

Figura 3
Ubicación de la calicata 2



Nota. Elaboración propia

La calicata 3 se ubicó estratégicamente en la cresta de talud ubicado en la cuota 1316 con una profundidad de 2.2 metros como se muestra en la Figura 4.

Figura 4
Ubicación de la calicata 2



Nota. Elaboración propia

2.2.3. Estabilidad de taludes

La estabilidad de los taludes es un aspecto crucial dentro de la ingeniería minera, dado que estas estructuras inclinadas se generan durante el proceso de

extracción de materiales. Varios factores geomecánicos inciden en la estabilidad de los taludes, entre los cuales se encuentran las características del macizo rocoso, la forma y pendiente de los taludes, la carga que se ejerce sobre ellos y las condiciones de drenaje (Hoek & Bray, 1981). La influencia de estos elementos es determinante para garantizar la seguridad en las operaciones mineras, puesto que los deslizamientos de tierra pueden ocasionar accidentes, daños materiales significativos y afectar la eficiencia del proceso de extracción.

En el contexto de la minería no metálica, como es el caso de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy, la realización de un análisis geotécnico detallado de los taludes resulta vital. La extracción de materiales tales como rocas, arcillas y otros minerales no metálicos demanda una evaluación minuciosa de las condiciones del terreno. Esto es fundamental para mitigar los riesgos asociados a la inestabilidad de los taludes.

2.3.3. Factor de seguridad

El factor de seguridad es uno de los indicadores fundamentales para determinar la estabilidad de un talud, toda vez que se obtiene como resultado de comparar la resistencia del talud con las fuerzas que tienden a provocarle gradualidad; por lo tanto, un factor de seguridad mayor a 1.5 se puede acatar como seguro, mientras que los menores a este valor se traducen en una condición de inestabilidad (Hoek & Bray, 1981).

Uno de los objetivos específicos que se persigue va a ser la determinación del factor de seguridad que auxilia a mejorar la estabilidad de los taludes de la unidad minera; este análisis va a permitir identificar los taludes con un mayor riesgo de gradual e incluir las soluciones de estabilización.

El Factor de Seguridad de un talud se define como la relación entre las fuerzas estabilizadoras y las fuerzas desestabilizadoras actuantes. Matemáticamente, se expresa como en la ecuación (1):

$$\mathrm{FS} = \frac{\text{Fuerza estable}}{\text{Fuerza desestabilizadora}} \qquad (1)$$

Donde:

- Fuerza estable: Está determinada por la resistencia del material debido a la fricción (dependiente del ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo.
- Fuerza desestabilizadora: Proviene principalmente del peso propio del talud y de cargas externas adicionales, como las fuerzas sísmicas o las presiones hidrostáticas.

2.3.4. Método de deslizamiento Circular

Para evaluar la estabilidad de un talud bajo condiciones de deslizamiento circular, se utiliza la ecuación (2) de Coulomb, que relaciona la fuerza de fricción, la cohesión y el ángulo de fricción interno:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan(\phi) \quad (2)$$

Dónde:

- τ es la resistencia al corte en el plano de deslizamiento (tensión de corte),
- c es la cohesión del material,
- σ es la tensión normal en el plano de deslizamiento,
- ϕ es el ángulo de fricción interna del material.

La resistencia total a la desestabilización se calcula sumando los esfuerzos de corte a lo largo de la superficie de deslizamiento. (Hoek & Bray, 1981).

2.3.5. Parámetros geotécnicos

- **Cohesión (c):** Es la fuerza que mantiene unidas las partículas del material, y es especialmente importante en suelos arcillosos. Su valor depende de la naturaleza del material y de factores como el contenido de agua y el tipo de material.
- **Tensión normal (σ):** La tensión normal sobre el plano de deslizamiento está relacionada con el peso del talud y con la inclinación de este.

  Se calcula como en la ecuación (3):

$$\sigma = \gamma * H * \theta \quad (3)$$

  Dónde:

  - γ el peso unitario del material,
  - H es la altura del talud,
  - θ el ángulo de inclinación del talud.

- **Índice de Plasticidad (IP):** Este índice mide la plasticidad de los suelos finos, y se obtiene a partir de las pruebas de límite líquido y límite plástico. Su valor es importante porque indica la susceptibilidad del suelo a la deformación plástica bajo la acción de fuerzas externas.

  El comportamiento plástico de los materiales se caracteriza por deformaciones que son parcialmente irreversibles y no dependen del tiempo, y que comienzan a ocurrir sólo cuando se alcanza un determinado nivel de tensión. (Alarcón & Doblaré 1979).
- **Permeabilidad (k):** Es una propiedad física que describe la capacidad de un material para permitir el flujo de fluidos. Este concepto es esencial para comprender el comportamiento del suelo y la roca, especialmente en proyectos que involucran la construcción de cimentaciones, túneles y presas. En el contexto de la ley de Darcy, la permeabilidad se define como una constante que relaciona la velocidad a la que el agua fluye a través de un material con la diferencia de presión y la viscosidad del fluido (Sanchez, 2017).

2.3.6. Métodos de análisis de estabilidad de taludes

El análisis de estabilidad de taludes es un proceso fundamental en la ingeniería geotécnica, especialmente en proyectos relacionados con minería, construcción y obras civiles. Este análisis se realiza para evaluar la capacidad de un talud de mantenerse estable bajo diferentes condiciones de carga y entorno. A continuación, se describen los principales métodos analíticos utilizados que emplean principios matemáticos y mecánicos para calcular el factor de seguridad del talud.:

- **Método de equilibrio límite (LEM)**: Es un enfoque utilizado para analizar la estabilidad de taludes, asumiendo el equilibrio estático entre las fuerzas que tienden a causar deslizamientos y las que lo resisten.
- **Método de las rebanadas:** Técnica dentro del LEM que divide el suelo del talud en "rebanadas" verticales para calcular independientemente las fuerzas y momentos en cada sección.
- **Método de Janbu y Bishop**: Técnicas específicas dentro del LEM que permiten evaluar casos complejos mediante suposiciones simplificadas de equilibrio.

- **Métodos Numéricos:** Estos métodos utilizan softwares especializados para modelar el comportamiento del talud mediante ecuaciones diferenciales. Son especialmente útiles para analizar escenarios complejos y no lineales. Algunos ejemplos son:
  - **Método de Elementos Finitos (FEM)**: Permite evaluar deformaciones y esfuerzos dentro del talud bajo distintas condiciones.
  - **Método de Diferencias Finitas (FDM)**: Se utiliza para modelar el comportamiento dinámico y transitorio de los materiales del talud.
- **Métodos Observacionales:** Estos métodos se basan en la medición y monitoreo continuo de los taludes durante su operación. Utilizan herramientas como inclinómetros, extensómetros y estaciones totales para detectar desplazamientos o deformaciones.
- **Métodos de Elementos Finitos:** Las aplicaciones que emplean el Método de Elementos Finitos (MEF) calculan las tensiones y deformaciones dentro de una masa de terreno mediante su discretización en elementos de diversas formas, siendo los más comunes los triangulares y rectangulares. El principio esencial del método consiste en subdividir la geometría del problema en pequeños elementos, para los cuales se puede considerar que la solución es conocida. (Soriano, 1985)

La elección del método depende de muchos factores como la complejidad del terreno, las propiedades del material, las condiciones ambientales y los recursos disponibles. El integrar varios métodos puede proporcionar resultados más precisos y confiables, garantizando la seguridad y la viabilidad del proyecto.

2.3.7. Factores ambientales y geológicos relevantes

2.3.7.1. Zonificación Sísmica

Según la norma E.030 Diseño Sismo Resistente (2016), el área de estudio se encuentra ubicada en la Zona 4, tal como se muestra en la Figura 5 catalogada como de alta sismicidad. Esta zona registra una aceleración sísmica máxima de 0.45 g, lo cual implica que debe considerarse un coeficiente sísmico significativo durante el análisis de estabilidad de taludes, también se puede observar cómo están distribuidas las zonas sísmicas en el territorio peruano.

Figura 5
Distribución de Zonas Sísmicas en el Perú según Norma E.030 (2016)



Nota. Extraído de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (s.f.). *Norma técnica E.030: Diseño sismorresistente*

Este factor es particularmente importante en minería a cielo abierto, ya que las vibraciones asociadas a eventos sísmicos pueden incrementar la presión de poros, disminuir la cohesión efectiva y modificar temporalmente el ángulo de fricción interna del suelo o roca. Por lo tanto, su inclusión en el cálculo del Factor de Seguridad bajo condiciones pseudoestáticos es indispensable.

Además de la zonificación general, se recomienda adoptar los siguientes parámetros específicos para el sitio mostrados en la Tabla 3, basados en las condiciones locales del terreno.

Tabla 3
Parámetros sísmicos

Parámetro	Valor
Zona sísmica (Z)	4
Tipo de perfil del suelo	*S* 2
Factor de amplificación del suelo (S)	1.05
Período TP (suelo)	0.40
Período TL (roca)	2.50

Nota. Elaboración propia

Estos parámetros permiten estimar cómo los materiales geológicos presentes en

el área responderán a las vibraciones generadas durante un sismo. A continuación, se describen brevemente cada uno de estos parámetros:

- **Zona sísmica (Z):** La clasificación en la Zona 4 indica que el área tiene un riesgo significativo de eventos sísmicos, con una aceleración máxima esperada de 0.45 g.
- **Tipo de perfil del suelo (*S* 2):** Este tipo de perfil refleja características geotécnicas específicas del material constitutivo del talud, como la densidad, la cohesión y el ángulo de fricción interna. El perfil *S*2 sugiere que el suelo tiene propiedades intermedias entre los suelos blandos y los firmes, lo cual puede influir en la propagación de ondas sísmicas.
- **Factor de amplificación del suelo (S):** Con un valor de 1.05, este factor indica que las vibraciones sísmicas pueden experimentar cierta amplificación al propagarse a través del suelo, aunque no de manera excesiva. Esto es importante para evaluar el impacto real de un sismo en la estructura del talud.
- **Período TP (suelo):** El período natural del suelo (*TP*=0.40s) es un indicador de cómo el material tiende a oscilar bajo cargas dinámicas. Un valor bajo como este sugiere que el suelo puede resonar fácilmente con frecuencias sísmicas altas, lo cual podría aumentar el riesgo de deslizamientos si no se toman medidas adecuadas.
- **Período TL (roca):** El período natural de la roca (*TL*=2.50s) es mucho mayor que el del suelo, lo cual indica que las rocas subyacentes tienen una respuesta más rígida a las vibraciones sísmicas. Sin embargo, esto no descarta completamente el riesgo de fracturas o movimientos en las capas superiores del talud.

Otras Condiciones Ambientales Relevantes

Además del riesgo sísmico, otros factores ambientales que deben tenerse en cuenta son:

Precipitaciones: El área está expuesta a temporadas de lluvia que pueden aumentar el contenido de humedad del suelo, reduciendo su resistencia al corte.

Topografía local: La morfología del terreno presenta pendientes pronunciadas en algunas zonas, lo cual incrementa el riesgo de deslizamientos superficiales.

Drenaje natural: Se observó la presencia de cursos de agua cercanos al pie del talud, lo que puede generar infiltración y saturación local del suelo, afectando su estabilidad.

La consideración conjunta de estos factores permite realizar un análisis integral del comportamiento del talud bajo diferentes escenarios, mejorando la precisión de los modelos utilizados para evaluar su estabilidad.

2.3.7.2. Aceleración máxima de diseño (PGA)

Para determinar la aceleración máxima de diseño (PGA) a utilizar en el análisis pseudoestático, se siguieron las recomendaciones establecidas por la norma E.030 y la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Según Valiente et al. (2015), el factor Z asignado a la Zona 4 es 0.45, correspondiente a la aceleración máxima horizontal esperado para un período de retorno de T = 500 años.

Además, se considera el tipo de suelo presente en el área, clasificado como Suelo Tipo S2 según la norma ASCE/SEI 7-18 (ICBO). Para este tipo de suelo, el factor de amplificación del suelo (S) es igual a 1.00, lo cual indica que no hay una amplificación significativa de las ondas sísmicas en el terreno.

Para realizar el análisis pseudoestático, se aplica las recomendaciones propuestas por la AASHTO y la FHWA (Administración Federal de Carreteras), que sugieren tomar la mitad del valor de PGA como aceleración máxima de diseño. Dado que el PGA inicial determinado para la zona es de 0.45 g, la aceleración máxima de diseño (A) se calcula como en la ecuación (4):

$$A = 0.5 * 0.45 = 0.225 \text{ g} \quad (4)$$

Esta aceleración se incorpora como una fuerza horizontal equivalente en los modelos de estabilidad

Como se muestra en la Tabla 4, el factor Z asignado a la Zona 4 es de 0.45, correspondiente a una aceleración máxima horizontal de 0.45 g para un período de retorno de T = 500 años.

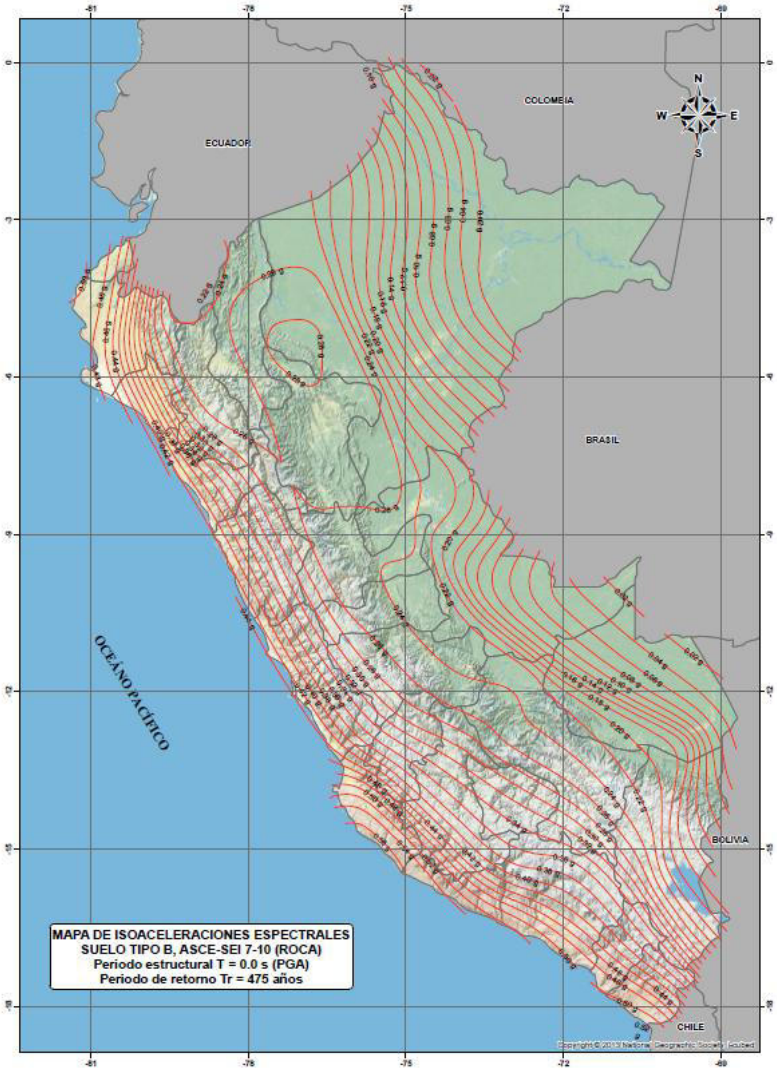
Tabla 4
Factor de Zona Perú (E.030)

Zona	Factor de Zona (PGA)
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota. Elaborado por Valiente et al., (2015)

La Figura 6, muestra el mapa de espectros sísmicos del Perú. Las áreas sombreadas indican zonas con diferentes niveles de peligro sísmico, mientras que las líneas de contorno reflejan variaciones topográficas.

Figura 6
Mapa de Espectros Sísmicos del Perú



Nota. Extraído de "Determinación del peligro sísmico en el territorio nacional y elaboración de aplicativo web", de Roncal (2023)

2.3. Definición de términos

Para una mejor comprensión del presente trabajo, se presentan las definiciones de los términos más relevantes relacionados con la evaluación de parámetros geotécnicos y la estabilidad de taludes:

1. **Estabilidad de Taludes**: Capacidad de un talud, natural o artificial, para resistir deslizamientos o fallas bajo condiciones específicas de carga y entorno. La estabilidad depende de factores como las propiedades del material, la geometría del talud, las condiciones hidrogeológicas y las fuerzas externas. (Hoek & Brown, 1997).
2. **Factor de Seguridad (FS)**: La estabilidad de los taludes se cuantifica a través del factor de seguridad, el cual está dado por la relación existente entre las fuerzas resistentes y las actuantes. (Chávez & Longa 2019).

   El factor de seguridad contra el colapso de un talud se define como el cociente entre la resistencia al corte disponible del suelo en una superficie crítica de gradual y la resistencia al corte necesario para mantener el equilibrio. (Bishop, 1955)
3. **Talud**: Superficie inclinada formada por procesos naturales o por actividades humanas, como excavaciones, cortes o rellenos, que puede presentar riesgos de inestabilidad dependiendo de sus características y del entorno. (Bieniawski, 1976)
4. **Ángulo de Fricción Interna**: Es el ángulo que representa la capacidad de un material para resistir el deslizamiento interno entre sus partículas cuando se aplica una carga. (Bieniawski, 1976; Hoek & Bray, 1981).
5. **Modelación Numérica**: Se refiere a la técnica computacional utilizada para simular el comportamiento de materiales y estructuras bajo condiciones específicas, permitiendo analizar la estabilidad de taludes y otros fenómenos geotécnicos. (Briceño et.al., 2021)
6. **Superficie de Ruptura**: Es el plano en un talud donde ocurre el deslizamiento debido a una falla en la resistencia del material. (Briceño et.al., 2021)

7. **Permeabilidad del Suelo**: Es la capacidad de un suelo o roca para permitir el paso de agua a través de sus poros. Es un factor clave en la estabilidad de los taludes, ya que el agua puede debilitar los materiales. (Briceño et.al., 2021)
8. **Tensión de Poros**: Es la presión ejercida por el agua dentro de los poros de un suelo o roca. Este parámetro afecta significativamente la resistencia al corte de los materiales. (Briceño et.al., 2021)

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Tipo de Investigación fue aplicada, por que busca resolver problemas específicos relacionados con la estabilidad de los taludes y la explotación de la unidad minera no metálica "El Chasqui Soy". Su enfoque fue práctico, ya que se orientó a optimizar los procesos y garantizar la seguridad estructural del talud.

También tuvo una parte Descriptiva, porque identificó y describió los parámetros geotécnicos relevantes que influyen en la estabilidad de los taludes, y Explicativa, porque analizó cómo estos parámetros afectan la estabilidad y cómo el factor de seguridad influye en el diseño y explotación minera.

3.1.2. Nivel de investigación

El Nivel de la Investigación es Correlacional, ya que se buscó establecer la relación entre los parámetros geotécnicos y la estabilidad de los taludes. También implicó determinar cómo las variaciones en el factor de seguridad impactan la estabilidad del talud.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

La presente investigación se desarrolló durante un periodo seis meses, comprendiendo desde el mes de noviembre del año 2024 hasta abril del año 2025. Durante este tiempo se llevaron a cabo las siguientes etapas fundamentales:

Revisión bibliográfica y recopilación de información. Se revisaron estudios previos, informes geotécnicos, mapas geológicos y datos históricos relacionados con los parámetros geotécnicos y la estabilidad de taludes en la unidad minera no metálica El Chasqui Soy.

Se realizaron visitas técnicas al área de estudio para recolectar muestras de roca y suelo, medir parámetros geotécnicos in situ, y registrar observaciones sobre las condiciones actuales de los taludes.

Las muestras obtenidas fueron analizadas en laboratorio para determinar propiedades físicas y mecánicas tales como cohesión, ángulo de fricción interna, entre

otros. Los datos obtenidos fueron procesados mediante herramientas estadísticas y software especializado en estabilidad de taludes.

Se consolidaron los resultados obtenidos, se discutieron los hallazgos y se presentaron conclusiones y recomendaciones orientadas a mejorar la estabilidad de los taludes en la unidad minera.

3.2.2. Ámbito espacial

La Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy”, tiene una extensión de 100 hectáreas y se ubica en la Carta Nacional CLEMESI 35-T, en el sector de Pampa Guaneros y Pampa Congas, distrito Moquegua, Provincia Mariscal Nieto, Región Moquegua; a una distancia de 16 kilómetros en línea recta al suroeste de la ciudad de Moquegua, en la Tabla 5 se muestran las coordenadas donde se encuentra ubicada la concesión minera.

Tabla 5

Coordenadas de Ubicación UTM PSAD 56, ZONA 19S de la Concesión Minera “El Chasqui Soy”

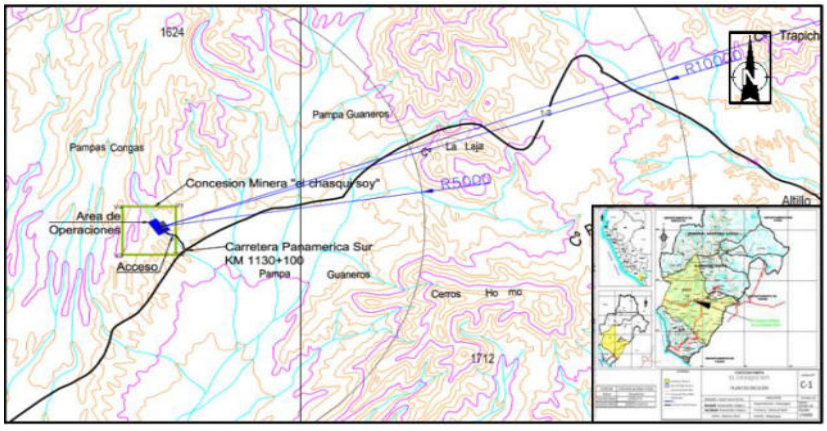
VÉRTICE	NORTE	ESTE
1	8096000	278000
2	8095000	278000
3	8095000	277000
4	8096000	277000

Nota. Extraído de Concesión Minera “El Chasqui Soy”

En la Figura 7 se detalla la ubicación de la concesión minera en estudio.

Figura 7

Ubicación de la Concesión Minera “El Chasqui Soy”



Nota. En la figura se detalla la ubicación del proyecto minero

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población objeto de estudio estuvo compuesta por todas las zonas de taludes existentes en la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy, donde se han reportado problemas de estabilidad durante las actividades de extracción. Esta población incluyó diversos sectores del yacimiento que presentan características geológicas y geotécnicas variadas.

3.3.2. Muestra

La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, donde se eligió un talud representativo cuya estabilidad fue de interés para el estudio. Este talud fue analizado en base a la información disponible y se seleccionó en función de su relevancia para los objetivos de la investigación.

Para determinar el tamaño de la muestra, se siguió el enfoque propuesto por Das (2010) y Terzaghi & Peck (1967), quienes señalaron que el número de muestras de suelo para estudios de estabilidad de taludes no depende únicamente de cálculos estadísticos, sino que depende también de la experiencia del investigador, la complejidad geológica y los requerimientos específicos del proyecto. Debido a esto se optó por un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando tres calicatas representativas (C-01, C-02 y C-03), ubicadas en sectores con mayor riesgo de inestabilidad y relevancia geotécnica.

3.4. Instrumentos

Los datos obtenidos fueron analizados mediante las siguientes técnicas:

- **Análisis estadístico descriptivo**: Se calcularon medidas de tendencia central, como la media y la mediana. Así mismo la dispersión como la desviación estándar de los parámetros geotécnicos medidos, con el fin de caracterizar las condiciones generales de los taludes y sus propiedades geotécnicas.
- **Correlación entre variables**: Se utilizó un análisis correlacional como el coeficiente de correlación de Pearson, para identificar las relaciones entre los diferentes parámetros geotécnicos y su impacto en la estabilidad de los taludes. Esta técnica permitió determinar qué parámetros tienen mayor influencia sobre el comportamiento de los taludes.

- **Cálculo del Factor de Seguridad (FS)**: Se determinó el FS de los taludes utilizando el método de equilibrio límite y otros modelos geotécnicos aplicables. Los resultados del FS se compararon con los estándares de seguridad establecidos para identificar áreas críticas que necesiten intervención.

Los datos fueron recolectados a través de los siguientes métodos e instrumentos:

- **Análisis de datos geotécnicos previos**: Se revisaron informes geotécnicos, estudios previos y registros de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy para obtener información básica sobre la geología y los parámetros geotécnicos de los taludes.
- **Trabajo de campo**: Se realizaron mediciones directas de los parámetros geotécnicos, como la cohesión, el ángulo de fricción y la densidad del material en las áreas seleccionadas de la unidad minera. Estas mediciones se obtuvieron mediante pruebas de laboratorio y pruebas in situ, como el ensayo de corte directo y pruebas de penetración.
- **Observación y monitoreo de la estabilidad de los taludes**: Se implementaron observaciones periódicas para monitorear las condiciones actuales de los taludes, identificando cualquier signo de inestabilidad o riesgo potencial de deslizamientos.

Validación y confiabilidad de los instrumentos

Para garantizar la calidad y precisión de los resultados obtenidos en esta investigación, se emplearon formatos geotécnicos elaborados y validados por sus autores e investigadores del rubro que ya fueron publicados y se emplean actualmente, sin embargo, la pertenencia o no de un instrumento fue validado mediante la opinión de un experto o profesional de experiencia, asegurando que sean apropiadas para medir los parámetros geotécnicos en el contexto de la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy”. Además, se verifico que los instrumentos sean calibrados correctamente y estén en óptimas condiciones para obtener datos precisos y consistentes. En cuanto a la confiabilidad, se aplicó el principio de repetibilidad en las mediciones, realizando varias pruebas bajo las mismas condiciones para comprobar que los resultados obtenidos sean consistentes y estables a lo largo del tiempo. Este proceso permitió asegurar que los datos recolectados reflejan fielmente las condiciones geotécnicas del terreno y, por lo tanto, que los análisis realizados sobre la estabilidad de los taludes

sean sólidos y válidos.

Métodos y técnicas para la presentación y análisis de datos

Para analizar los datos recolectados de manera clara y precisa, se utilizó diversos métodos y técnicas que permitieron interpretar la información de forma efectiva y comprensible. En primer lugar, se aplicó el análisis estadístico descriptivo, que nos ayudó a organizar los datos y proporcionar una visión general sobre las características de los parámetros geotécnicos, como la cohesión, el ángulo de fricción y el peso específico de los materiales. Esto incluyo el cálculo de medidas de tendencia central y medidas de dispersión, que nos permitió entender la variabilidad y las tendencias de los datos recolectados.

Además, se llevó a cabo un análisis correlacional para identificar y evaluar las relaciones entre los diferentes parámetros geotécnicos y su impacto en la estabilidad de los taludes. Esto permitió determinar qué factores tienen mayor influencia en la seguridad de los taludes y cómo interactúan entre sí. Para visualizar mejor estos resultados, se presentó gráficos y tablas que harán más accesible la comprensión de las relaciones encontradas.

Por último, se calculó el Factor de Seguridad (FS) de los taludes utilizando el método de equilibrio límite, lo que nos permitió medir y evaluar la estabilidad de los taludes en función de los parámetros geotécnicos. Los resultados del análisis se presentaron de manera detallada, con explicaciones claras y visualizaciones que facilitan la interpretación y la toma de decisiones para mejorar la estabilidad en la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy”.

3.5. Procedimientos

Para el desarrollo del presente estudio, se implementó un procedimiento estructurado que permitió alcanzar los objetivos planteados de manera sistemática y rigurosa. Inicialmente, se realizó una revisión bibliográfica detallada sobre estabilidad de taludes, parámetros geotécnicos y métodos de análisis utilizados comúnmente en minería no metálica.

Posteriormente, se seleccionaron tres calicatas representativas (C-01, C-02 y C-03), ubicadas en sectores críticos de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy, considerando su relevancia geotécnica y la presencia de inestabilidades previas.

Durante el trabajo de campo, se describieron los estratos identificados, se recolectaron muestras alteradas e inalteradas y se realizaron ensayos in situ para obtener información preliminar sobre la compacidad y resistencia del material.

Las muestras obtenidas fueron transportadas a laboratorio, donde se ejecutaron pruebas estándar como análisis granulométrico, límites de consistencia, densidad relativa, y algunos otros ensayos de laboratorio. Estos ensayos permitieron obtener los principales parámetros geotécnicos: cohesión (c), ángulo de fricción interna (φ) y peso específico natural (γ).

Además, se llevó a cabo un levantamiento topográfico del área de estudio mediante el uso de equipo GPS RTK y estación total, lo cual posibilitó el modelado geométrico del talud. Este modelo fue importado al software Slide v6.0, herramienta utilizada para calcular el Factor de Seguridad (FS) bajo condiciones estáticas y pseudoestáticos, aplicando métodos reconocidos internacionalmente como Bishop, Janbu, Fellenius y Morgenstern & Price.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron integrados y evaluados en relación con los criterios normativos vigentes, con el objetivo de proponer recomendaciones técnicas que mejoren la estabilidad del talud y la operación minera sostenible.

3.6. Análisis de datos

Una vez recopilada toda la información del campo y del laboratorio, se procedió al análisis integral de los datos con el fin de interpretar su incidencia en la estabilidad del talud. Se utilizaron técnicas estadísticas descriptivas para organizar, resumir y presentar los valores promedio de los parámetros geotécnicos obtenidos, tales como cohesión, ángulo de fricción interna, peso específico y densidad relativa.

Los datos obtenidos se compararon con rangos típicos reportados en investigaciones similares desarrolladas en unidades mineras no metálicas, lo cual permitió validar los valores experimentales y evaluar su pertinencia dentro del contexto local.

El cálculo del Factor de seguridad se realizó mediante el software especializado Slide v6.0, utilizando diferentes métodos de equilibrio límite. Los resultados se analizaron considerando tanto las condiciones estáticas como pseudoestáticos, estas últimas simulando escenarios sísmicos acordes con la Zona 4 y el coeficiente sísmico

Z = 0.45 establecido por la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2016).

Se llevaron a cabo análisis de sensibilidad para identificar los parámetros más influyentes en la estabilidad del talud, destacando especialmente el ángulo de fricción interna (φ) y la densidad relativa (Dr). Asimismo, se evaluó la influencia de la altura del talud y el tipo de material en los factores de seguridad calculados.

Este enfoque permitió obtener conclusiones sólidas basadas en evidencia empírica y técnica, orientadas a mejorar el diseño geotécnico y garantizar una explotación minera segura y responsable.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Este capítulo expone los hallazgos logrados durante el estudio, vinculados directamente con los objetivos concretos propuestos. Se comprenden estudios de laboratorio, medidas geotécnicas, valoración del factor de seguridad y debates técnicos enfocados en incrementar la estabilidad de los taludes en la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy".

4.1.1. Identificación de los parámetros geotécnicos que influyen en la estabilidad de los taludes

4.1.1.1. Descripción del subsuelo y estratigrafía

a. Presentación de las calicatas realizadas (C-01, C-02, C-03)

Para conseguir una descripción geotécnica exacta del subsuelo en la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy", se llevaron a cabo tres calicatas llamadas C-01, C-02 y C-03, situadas estratégicamente en distintas áreas representativas del área de análisis. Estas calicatas no solo facilitaron la observación directa de los estratos del terreno, sino también la recolección de muestras sin alteraciones y la identificación de las condiciones físicas y mecánicas del material constituyente.

-Ubicación y coordenadas

Las calicatas fueron excavadas dentro de los límites de la concesión minera "El Chasqui Soy", que tiene una extensión total de 100 hectáreas y se localiza en el distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua – Perú, en la Tabla 6 se muestran las coordenadas UTM del Sistema WGS 84, Zona 19S y cotas altimétricas.

Tabla 6
Ubicación y características generales de las calicatas excavadas

Calicata	Norte (m)	Este (m)	Cota (msnm)	Profundidad máxima (m)
C-01	8095176	277615	1298	-2
C-02	8095191	277619	1302	-1.8
C-03	8095210	277623	1316	-2.2

Nota. Elaboración propia. Los datos presentados fueron obtenidos durante el trabajo de campo realizado en febrero del 2025. Las coordenadas UTM están referidas al sistema WGS84 19S

La ubicación de cada calicata fue seleccionada considerando la morfología del terreno y la distribución espacial de los taludes potencialmente críticos para el análisis de estabilidad:

- Calicata C-01: Ubicada en la base del talud, zona susceptible a falla por deslizamiento profundo.
- Calicata C-02: Situada en la zona intermedia del talud, útil para evaluar condiciones de transición entre capas superficiales y profundas.
- Calicata C-03: Localizada en la cresta del talud, donde se observan mayores esfuerzos cortantes debido a la pendiente.

-Características de las calicatas

Calicata C-01

- Profundidad excavada: 2.00 metros
- Ubicación: Base del talud
- Se identificó un único estrato (E1), conformado por grava bien graduada con arcilla, limo y arena, color beige claro, húmedo, de baja plasticidad y compacidad medianamente densa.
- Se observó presencia de bolonería aislada (hasta tamaño máximo de 25 pulgadas), lo cual indica transporte y depósito fluvial previo. No se encontró napa freática hasta la profundidad explorada.
- Se extrajeron tres muestras alteradas (MU25-001, MU25-002, MU25-003) y una muestra inalterada en bloque para ensayos de laboratorio, ver Anexo 07.

Calicata C-02

- Profundidad excavada: 1.80 metros
- Ubicación: Zona intermedia del talud
- Al igual que en la calicata anterior, se identificó un único estrato (E1), compuesto por grava bien graduada con limo y arena, color beige claro, húmedo, de baja plasticidad y compacidad medianamente densa.
- La textura del suelo mostró mayor proporción de partículas finas, lo cual puede influir en su comportamiento bajo carga y en su susceptibilidad a erosión superficial.
- Se recolectaron tres muestras alteradas (MU25-004, MU25-005, MU25-006) y

una muestra inalterada para análisis físico-mecánico.

Calicata C-03

- Profundidad excavada: 2.20 metros
- Ubicación: Cresta del talud
- Estrato E1 compuesto por grava arcilloso-limosa con arena, color beige claro, húmedo, de baja plasticidad y compacidad medianamente densa.
- Este punto corresponde a la zona más elevada explorada, donde se espera mayor influencia de factores climáticos como lluvias intensas o cambios térmicos. La ausencia de napa freática refuerza la estabilidad actual del talud en esta zona.
- Se obtuvieron tres muestras alteradas (MU25-007, MU25-008, MU25-009) y una muestra inalterada para análisis de resistencia al corte.

-Métodos de muestreo

Durante la ejecución de las calicatas, se aplicaron técnicas estándar de toma de muestras según normas internacionales de mecánica de suelos:

- Muestras alteradas (Mab): Recolección en bolsas plásticas herméticas para determinar granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad y clasificación SUCS.
- Muestras inalteradas (Mib): Extracción en bloques de dimensiones adecuadas y envoltorio en parafina para preservar su estructura original, destinadas a ensayos de resistencia al corte, módulo elástico y expansión.

-Registro gráfico y visualización

Para cada calicata se elaboró un registro estratigráfico detallado, incluyendo:

- Perfil litológico
- Descripción visual del suelo
- Nivel de penetración dinámica ligera (DPL)
- Fotografías de los perfiles expuestos
- Coordenadas UTM y cotas altimétricas

Estos registros se encuentran disponibles en el Anexo 06 de este informe y sirvieron como base para interpretar la homogeneidad del perfil geotécnico en el área de estudio.

b. Caracterización de los estratos identificados

Durante el trabajo de campo realizado en la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy", se ejecutaron tres calicatas denominadas C-01, C-02 y C-03, ubicadas estratégicamente para representar distintas zonas del área de estudio. En cada una de estas excavaciones se identificó un único estrato (E1), que fue caracterizado visualmente y mediante ensayos de laboratorio. A continuación, se describe detalladamente cada uno:

Calicata C-01 – Estrato E1

- Profundidad: 0.00 m a -2.00 m
- El estrato está compuesto por grava bien graduada con arcilla, limo y arena, de color beige claro, húmedo, de baja plasticidad y compacidad medianamente densa. Se observó presencia de bolonería aislada con tamaños máximos de hasta 25 pulgadas, lo cual indica transporte previo por acción fluvial.
- Clasificación SUCS: GW-GC (Gravas bien graduadas con arcilla).
- Clasificación AASTHO: A-1-a (Material granular de buena calidad).

Este estrato presenta buenas características geotécnicas, con baja susceptibilidad a la expansión y buena capacidad portante. Sin embargo, su contenido de arcilla sugiere cierta sensibilidad al agua, lo cual debe considerarse en condiciones de saturación.

Calicata C-02 – Estrato E1

- Profundidad: 0.00 m a -1.80 m
- Este estrato también corresponde a una grava bien graduada con limo y arena, de color beige claro, húmedo, de baja plasticidad y compacidad medianamente densa. Comparado con la calicata anterior, este material presenta mayor proporción de partículas finas (limo), lo cual puede influir en su comportamiento bajo carga y en su susceptibilidad a erosión superficial.
- Clasificación SUCS: GW-GM (Gravas bien graduadas con limo).
- Clasificación AASTHO: A-1-a (Material granular de buena calidad).

Aunque no se encontró napa freática hasta la profundidad explorada, es importante monitorear este sector durante la temporada de lluvias, ya que el aumento de humedad podría afectar la cohesión del material.

Calicata C-03 – Estrato E1

- Profundidad: 0.00 m a -2.20 m
- El estrato está conformado por grava arcilloso-limosa con arena, de color beige claro, húmedo, de baja plasticidad y compacidad medianamente densa. Este punto corresponde a la zona más elevada del talud estudiado, donde se espera mayor influencia de factores climáticos como lluvias intensas o cambios térmicos.
- Clasificación SUCS: GC-GM (Gravas arcillosas-limosas).
- Clasificación AASTHO: A-1-a (Material granular de buena calidad).

Al igual que en las calicatas anteriores, no se detectó presencia de napa freática, lo cual refuerza la estabilidad actual del talud en esta zona. Sin embargo, el contenido de arcilla y limo sugiere que se deben implementar medidas preventivas para evitar la infiltración prolongada del agua, en la Tabla 7 se presenta una comparación entre cada calicata.

Tabla 7
Comparación general de los estratos

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Descripción del material	Clasificación SUCS	Clasificación AASTHO
C-01	E1	0.00 – 2.00	Grava bien graduada con arcilla, limo y arena	GW-GC	A-1-a
C-02	E1	0.00 – 1.80	Grava bien graduada con limo y arena	GW-GM	A-1-a
C-03	E1	0.00 – 2.20	Grava arcilloso-limosa con arena	GC-GM	A-1-a

Nota. Elaboración propia. Los datos presentados fueron obtenidos durante el trabajo de campo

A pesar de las pequeñas variaciones en la composición del material entre las calicatas, todos los estratos pertenecen a la categoría de gravas bien graduadas, lo cual implica una buena drenabilidad, alta permeabilidad y baja expansividad, características favorables para la estabilidad de los taludes.

Sin embargo, aunque los materiales son predominantemente granulares y de

buena calidad, su contenido variable de arcilla y limo exige una evaluación cuidadosa en relación con factores externos como:

- Las precipitaciones intensas pueden incrementar la humedad del suelo, reduciendo temporalmente su resistencia al corte.
- Los cambios de temperatura pueden inducir dilataciones y contracciones que afectan la estructura interna del suelo.
- Dado que la región se encuentra en la Zona 4 sísmica del Perú, cualquier disminución en la cohesión debido a las vibraciones sísmicas puede aumentar el riesgo de fallas locales.

Por lo tanto, aunque el perfil geológico actual no muestra grandes complejidades, se recomienda seguir un monitoreo constante de estos estratos, especialmente en épocas de lluvia o tras eventos sísmicos.

c. Tipos de suelo encontrados: clasificación SUCS

Para la identificación y clasificación de los tipos de suelo en el área de estudio se empleó el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual permite categorizar los materiales según sus características granulométricas, límites de consistencia y plasticidad.

Calicata C-01 – Estrato E1

Los valores del índice de plasticidad (IP) oscilan entre 4% y 5%, lo que confirma su bajo contenido de finos activos.

De acuerdo con la clasificación SUCS, este suelo se identifica como GW-GC, lo que significa:

- GW : Grava bien graduada, con buena distribución de tamaños de partículas.
- GC : Con arcilla, indicando presencia de finos cohesivos.

Este tipo de suelo presenta buenas características de drenaje, alta permeabilidad y moderada resistencia al corte, lo cual es favorable desde el punto de vista de la estabilidad de taludes.

Calicata C-02 – Estrato E1

Según el sistema SUCS, este suelo se clasifica como GW-GM, donde:

- GW : Grava bien graduada.
- GM : Con limo, indicativo de presencia de partículas finas no plásticas o de

baja plasticidad.

Este tipo de suelo mantiene una buena capacidad portante, pero puede ser más susceptible a erosión superficial debido al aumento del contenido de finos no cohesivos. Su comportamiento bajo carga puede verse afectado si se incrementa significativamente su humedad.

Calicata C-03 – Estrato E1

La clasificación SUCS obtenida fue GC-GM, lo cual indica:

- GC : Grava con arcilla, con presencia de finos cohesivos.
- GM : Con limo, sugiriendo mezcla con partículas finas no plásticas.

Este tipo de suelo combina las características de ambos grupos (arcilla y limo), lo cual implica una cierta susceptibilidad a cambios volumétricos en condiciones de saturación prolongada. Sin embargo, su densidad natural relativamente alta contribuye a mantener una adecuada resistencia al corte, en la Tabla 8, se presenta las características generales de cada calicata.

Tabla 8

Ubicación y características generales de las calicatas excavadas

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Descripción del suelo	Clasificación SUCS
C-01	E1	0.00 – 2.00	Grava bien graduada con arcilla, limo y arena	GW-GC
C-02	E1	0.00 – 1.80	Grava bien graduada con limo y arena	GW-GM
C-03	E1	0.00 – 2.20	Grava arcilloso-limosa con arena	GC-GM

Nota. Elaboración propia. Los datos presentados fueron obtenidos durante el trabajo de campo

El aumento del contenido de arcilla y limo en algunas zonas (especialmente en la calicata C-03) requiere atención especial, ya que estos componentes pueden modificar el comportamiento del suelo bajo condiciones extremas, como lluvias intensas o vibraciones sísmicas.

4.1.2. Levantamiento Topográfico

Como parte del análisis geotécnico integral de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy, se realizó un levantamiento topográfico detallado del área de estudio.

Este proceso permitió obtener datos precisos sobre la configuración geométrica del terreno, incluyendo alturas, pendientes y características morfológicas relevantes para la evaluación de la estabilidad de los taludes.

4.1.2.1. Objetivo del levantamiento topográfico

El objetivo principal del levantamiento topográfico fue:

- Definir la geometría del terreno: Determinar las pendientes, alturas y formas de los taludes existentes las cuales se visualizan en el Anexo 03.
- Ubicación precisa de las calicatas: Identificar las coordenadas exactas donde se realizaron las excavaciones (C-01, C-02 y C-03), ver Anexo 04.
- Generar mapas de contorno: Crear planos topográficos que faciliten la interpretación visual del terreno y su relación con los parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio.

4.1.2.2. Métodos utilizados

Para llevar a cabo el levantamiento topográfico, se utilizaron las siguientes técnicas:

1. Estación Total: Se utilizó una estación total Trimble S7 para medir distancias y ángulos entre puntos, complementando los datos obtenidos con el GPS.
2. Software de procesamiento: Los datos recopilados fueron procesados utilizando software especializado como AutoCAD y Civil 3D, lo cual permitió generar planos topográficos y mapas de contorno.

4.1.2.3. Resultados del levantamiento topográfico

-Plano topográfico general

El Plano Topográfico General muestra la ubicación de la Unidad Minera El Chasqui Soy en relación con referencias geográficas cercanas, así como la distribución de los principales elementos físicos del terreno (taludes, accesos, áreas de explotación), en la Tabla 9. se muestran las coordenadas UTM de cada calicata.

Tabla 9

Coordenadas UTM de las calicatas

Elemento	Coordenadas UTM, ZONA 19 S
Calicata C-01	Norte: 8095176, Este: 277615
Calicata C-02	Norte: 8095191, Este: 277619
Calicata C-03	Norte: 8095210, Este: 277623

Nota. Elaboración propia

Los mapas de contorno generados permitieron identificar las pendientes y alturas relativas del terreno. Las curvas de nivel indican que las pendientes promedio en el área de estudio varían entre 15° y 30°, con zonas críticas alcanzando hasta 35° en algunos taludes. Estas pendientes son fundamentales para el cálculo del Factor de Seguridad (FS) mediante métodos de equilibrio límite.

-Perfil estratigráfico

El perfil estratigráfico generado a partir del levantamiento topográfico mostró la distribución vertical de los estratos identificados en las calicatas.

Las coordenadas de las calicatas coinciden con las áreas de mayor pendiente y exposición al deslizamiento, lo cual justifica su ubicación estratégica para la recolección de muestras representativas del subsuelo. Las imágenes satelitales y los planos topográficos confirman que las calicatas están distribuidas de manera homogénea en el área de estudio, garantizando una caracterización geotécnica completa del terreno.

4.1.2.4. Interpretación

El levantamiento topográfico reveló que el área de estudio presenta variaciones significativas en la morfología del terreno, con pendientes pronunciadas en algunas zonas que podrían comprometer la estabilidad de los taludes. Estas pendientes, combinadas con los parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio han sido fundamentales para determinar el Factor de Seguridad bajo diferentes escenarios.

Además, el plano topográfico permite identificar áreas de riesgo potencial, tales como:

- Taludes con pendientes superiores a 30° que son las Zonas más propensas a deslizamientos.
- Áreas próximas a cursos de agua donde la infiltración puede afectar la estabilidad del suelo.
- Alturas de talud mayores a 10 metros que requieren un diseño específico para garantizar la seguridad.

4.1.2.5. Visualización gráfica

Para facilitar la comprensión espacial del área de estudio y la distribución de los estratos identificados en las calicatas se realizaron representaciones gráficas

basadas en el levantamiento topográfico y el modelado del terreno. Estas incluyen:

- Plano topográfico general del área de estudio
- Mapa de curvas de nivel
- Perfil estratigráfico de las calicatas en Anexo 06
- Modelo tridimensional del talud

Las figuras mencionadas se encuentran disponibles en el Anexo 03, Anexo 04 y Anexo 05 del presente documento.

4.1.3. Modelado geométrico del talud

Se desarrolló un modelo 3D del talud utilizando el software CIVIL 3D Este modelo facilita una representación gráfica y exacta de la estructura geométrica del suelo, incluyendo inclinaciones, altitudes relativas y zonas críticas de inestabilidad.

- Descripción del modelo 3D

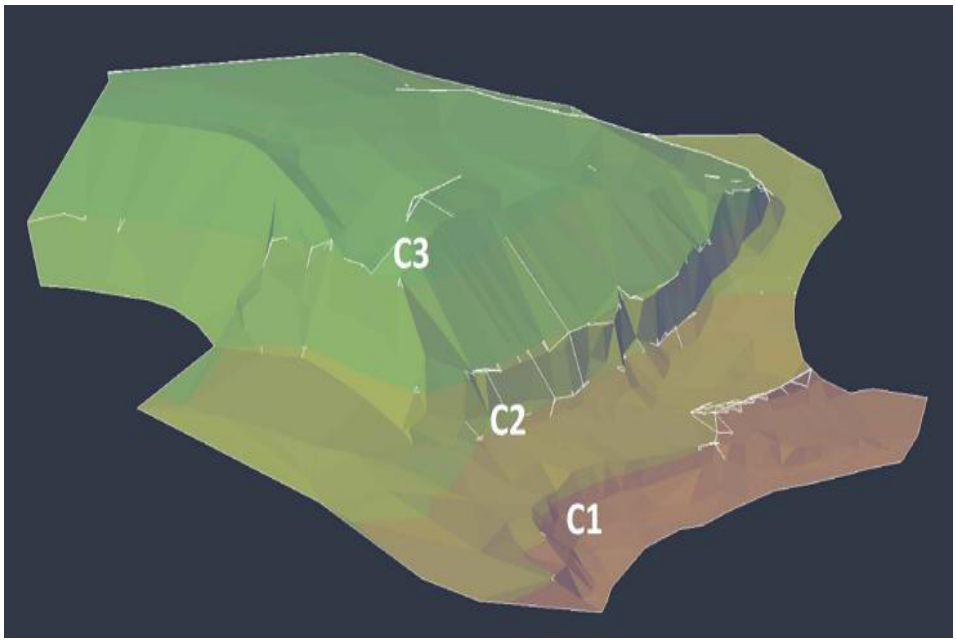
El modelo 3D del talud fue generado a partir de los datos de campo recolectados durante el levantamiento topográfico y validado con las coordenadas UTM de las calicatas C-01, C-02 y C-03. Las principales características del modelo son:

- Área total modelada: 100 hectáreas.
- Altitud máxima: 1316 m.s.n.m. (Cresta del talud).
- Altitud mínima: 1298 m.s.n.m. (Base del talud).
- Pendientes promedio: Entre 15° y 30°, con zonas críticas alcanzando hasta 35°.

En la Figura 8 se presenta el Modelo 3D del Talud donde se pueden observar claramente las diferentes áreas de interés:

- Color verde: Zonas de menor pendiente y mayor estabilidad.
- Color amarillo: Zonas de pendientes moderadas, donde se requiere monitoreo constante.
- Color rojo: Zonas críticas con pendientes superiores a 30°, donde se identificaron mayores riesgos de inestabilidad.

Figura 8
Modelo 3D del talud



Nota. Elaboración propia

4.1.4. Parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio

Durante esta investigación, se realizaron ensayos en el laboratorio con el objetivo de obtener los parámetros geotécnicos fundamentales que influyen directamente en la estabilidad de los taludes en la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy. Estos ensayos se encuentran en el Anexo 07 las cuales fueron ejecutados bajo normas técnicas estándar, utilizando muestras inalteradas recolectadas en campo durante el trabajo de excavación de las calicatas C-01, C-02 y C-03. Los resultados obtenidos son representativos del único estrato identificado (E1) en toda el área de estudio.

a. Ángulo de fricción interna (φ)

Este valor representa la capacidad de las partículas del suelo para resistir el deslizamiento relativo entre sí bajo condiciones de carga, fundamental para calcular el Factor de Seguridad (FS).

EL ángulo de fricción interna fue determinado mediante ensayos de corte directo realizados en tres muestras inalteradas provenientes de cada una de las calicatas C-01, C-02 y C-03. Los valores obtenidos se resumen en la Tabla 10:

Tabla 10
Ángulo de fricción interna de cada calicata

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	φ (grados)
C-01	E1	-0.00 a -2.00	29.4
C-02	E1	-0.00 a -1.80	30.7
C-03	E1	-0.00 a -2.20	30.9

Nota. Elaboración propia

De acuerdo con estos resultados, el ángulo de fricción interna promedio es de 30.3°, lo cual indica una resistencia moderada al deslizamiento. Este valor refleja un comportamiento típico de suelos granulares con presencia de finos (arcilla y limo), como los encontrados en el área de estudio.

El comportamiento observado puede explicarse por la composición predominante de gravas bien graduadas con proporciones variables de arena, limo y arcilla, lo cual genera una estructura con cierta rugosidad interior muy particular que contribuye al valor de la fricción interna. Sin embargo, la presencia de finos reduce ligeramente el valor del ángulo de fricción en comparación con materiales completamente granulares y limpios.

b. Cohesión máxima (c)

La cohesión es una propiedad que refleja la capacidad del suelo para resistir fuerzas de corte cuando no hay presión externa actuando sobre él. En otras palabras, representa la fuerza de unión entre las partículas del material, lo cual es especialmente importante en suelos con cierto contenido de arcilla o limo.

La cohesión máxima representa la fuerza adicional de unión entre las partículas del suelo, independiente de la presión normal aplicada. Los valores obtenidos fueron:

- Calicata C1 : 4.53 kPa
- Calicata C2 : 4.72 kPa
- Calicata C3 : 4.68 kPa

Estos valores son relativamente bajos, lo cual es consistente con la composición granular predominante de grava bien graduada con arcilla y limo. Sin embargo, contribuyen positivamente a la resistencia global del material, especialmente bajo condiciones de baja tensión normal.

c. Módulo de elasticidad (E)

El módulo de elasticidad, también conocido como módulo de Young, es un

parámetro que describe cómo un material se deforma bajo carga y cuánto recupera su forma original al cesar dicha carga. En términos prácticos, este valor nos da una idea de la rigidez del suelo o roca sometida a esfuerzos.

Para determinar este parámetro, se llevaron a cabo ensayos de CBR premoldeado con muestras representativas del estrato E1 en las tres calicatas mencionadas. Los valores registrados fueron de 45 MPa en la calicata C-01, 50 MPa en la C-02 y 52 MPa en la C-03. Estos resultados sugieren que el material tiene una rigidez moderada, lo cual es favorable desde el punto de vista de la estabilidad estructural del talud.

Un módulo de elasticidad más alto implica menor deformación bajo cargas aplicadas, lo cual es clave para predecir el comportamiento del macizo rocoso ante vibraciones, movimientos sísmicos o incluso el paso constante de maquinaria pesada.

d. Expansión (%)

La expansión se refiere a la capacidad de ciertos suelos para aumentar su volumen cuando absorben agua. Este fenómeno suele ser más notable en materiales con alto contenido de arcilla, ya que sus partículas tienden a hincharse al contacto con el agua.

En este caso, se realizaron ensayos de expansión libre confinada, obteniendo valores promedio de 1.2% en la calicata C-01, 1.4% en la C-02 y 1.7% en la C-03. Estos valores se consideran bajos a moderados, lo que indica que el estrato E1 no presenta una susceptibilidad alta a la expansión.

Sin embargo, aunque estos porcentajes no sean críticos, es recomendable estar atentos durante temporadas de lluvia intensa, ya que un aumento en la humedad podría generar pequeños desplazamientos en el terreno, particularmente en zonas donde el drenaje no sea óptimo.

e. Densidad natural y peso específico

La densidad natural y el peso específico son dos propiedades fundamentales que ayudan a entender el comportamiento mecánico del suelo bajo carga. La densidad natural se refiere a la masa de suelo por unidad de volumen en condiciones naturales, mientras que el peso específico incluye el efecto de la gravedad sobre esa masa.

Durante los análisis de laboratorio, se obtuvieron los siguientes valores

promedio:

- Densidad natural:
    - Calicata C-01: 1.94 g/cm³
    - Calicata C-02: 2.00 g/cm³
    - Calicata C-03: 2.01 g/cm³
- Peso específico:
    - Calicata C-01: 19.1 kN/m³
    - Calicata C-02: 19.3 kN/m³
    - Calicata C-03: 19.5 kN/m³

Estos valores reflejan una compacidad relativamente buena del material, lo cual contribuye positivamente a la estabilidad del talud. Además, estos datos son esenciales para calcular las tensiones internas del suelo y definir adecuadamente el factor de seguridad en los análisis de equilibrio límite.

f. Densidad relativa

La Densidad Relativa es una propiedad índice de los suelos y se emplea normalmente en gravas y arenas, es decir, en suelos que contienen casi exclusivamente partículas mayores que 0.074 mm (Malla # 200).

La densidad relativa es una manera de indicar el grado de compactación de un suelo y se puede emplear tanto para suelos granulares naturales como para rellenos compactados de estos suelos. Para estos últimos se especifican las densidades de los rellenos a las que ellos deben ser compactados en términos de densidad relativa.

Conceptualmente, la densidad relativa indica el estado de compacidad de cualquier tipo de suelo. Sin embargo, y de acuerdo a cómo se determina el valor de la densidad relativa, surgen dificultades para suelos granulares con bolones. Para los suelos finos, la densidad relativa no tiene interés ya que los procedimientos de vibración utilizados para obtener la densidad máxima – referente de la densidad relativa – no son efectivos en estos suelos, para los cuales el ensayo de compactación será el utilizado en la especificación de los rellenos.

El término de compacidad relativa es comúnmente usado para indicar la compacidad o la flojedad insitu del suelo granular, se define como en la ecuación (5):

$$DR = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

- emax : relación de vacíos del suelo en la condición más suelta.
- e : relación de vacíos in situ del suelo.
- emin : relación de vacíos del suelo en la condición más densa.

Este criterio ha sido definido por Terzaghi como una ecuación fraccionaria de la relación de vacíos de los suelos en un estado más suelto (e_{max}), en estado natural e y en su estado de máxima densidad posible (e_{min}).

Sin embargo, a menudo es más conveniente utilizar el peso unitario del suelo pues el cálculo de la relación de vacíos requiere el uso de la gravedad específica del suelo, la cual puede no ser conocida. Utilizando los pesos unitarios la densidad relativa puede ser calculada nuevamente como en la ecuación (6):

$$Dr = \frac{\gamma_{dmáx}}{\gamma_d}\left(\frac{\gamma_d - \gamma_{dmín}}{\gamma_{dmáx} - \gamma_{dmín}}\right) \quad (6)$$

Donde:

- dɣmin : peso unitario seco en la condición más suelta en una relación de vacíos emax.
- dɣmax : peso unitario seco en la condición más densa en una relación de vacíos emin.
- ɣd : peso específico seco ínsitu en una relación de vacíos e.

En la Tabla 11 se muestra la densidad relativa (Dr) indica el grado de compactación del suelo granular. Los valores obtenidos (entre 53.6% y 70.9%) clasifican los depósitos como de compacidad media a densa. Aunque C-03 presenta mayor densidad, su alto contenido de finos cohesivos (GC-GM) reduce su estabilidad bajo condiciones de saturación, lo que se refleja en un factor de seguridad más bajo en análisis sísmicos. Esto confirma que, en suelos con finos, la densidad no es el único factor determinante de la estabilidad.

Tabla 11
Densidad relativa (Dr) y clasificación de compacidad por calicata

Calicata	Densidad relativa (Dr)	Clasificación	Observaciones
C-01	53.6%	Medio	GW-GC: grava bien graduada con arcilla
C-02	60.5%	Medio	GW-GM: grava con limusina
C-03	70.9%	Denso	GC-GM: grava arcilloso-limosa

Nota. Elaboración propia, basada en ensayos de laboratorio.

g. CBR (California Bearing Ratio)

El índice de soporte de California, o CBR, es una medida utilizada para evaluar la capacidad portante de los suelos, especialmente en proyectos viales o de infraestructura minera. Cuanto mayor sea el valor del CBR, mejor será la capacidad del suelo para soportar cargas repetidas sin deformarse excesivamente.

Los ensayos realizados arrojaron los siguientes valores promedio:

- Calicata C-01: 18%
- Calicata C-02: 20%
- Calicata C-03: 22%

Estos resultados indican que el estrato E1 tiene una capacidad portante media, lo cual es suficiente para construir caminos internos y plataformas dentro de la unidad minera. No obstante, para operaciones más exigentes, se recomienda mejorar localmente el suelo mediante compactación adicional o técnicas de estabilización.

h. Capacidad portante

Se ha utilizado la fórmula de Terzaghi-Peck (1967), considerando factores de forma propuesto por Vesic, según el cual la capacidad última de carga se expresa en la siguiente ecuación (7):

$$\mathrm{Qult} = \mathrm{C\ Nc\ Sc} + \mathrm{q\ Nq\ Sq} + 0.5\ \gamma\ \mathrm{B\ N\gamma\ S\gamma} \quad (7)$$

Siendo la capacidad admisible de carga como en la ecuación (8):

$$Q_a = \frac{Q_{ult}}{FS} \tag{8}$$

Dónde:

Qa = Capacidad admisible del suelo (Kg/cm²)

Qult = Capacidad Última de carga (Kg/cm²)

C = Cohesión (Tn/m²)

Nc, Nq, Ny = Factores de Capacidad de Carga

Sc, Sq, Sy = Factores de Forma

q = Sobrecarga (γ *Df)

Df = Profundidad de Desplante (m)

γ = Peso específico del suelo (Tn/m³)

B = Ancho de la Cimentación (m)

FS = Factor de Seguridad (3)

Los asentamientos de una cimentación rectangular de dimensiones B x L puesta en la superficie de un semiespacio elástico se pueden calcular con base a la ecuación (9) basada en la teoría de la elasticidad (Timoshenko e Goodier, 1951):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_s}\left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2\right) I_F \tag{9}$$

Donde:

q_0 = Intensidad de la presión de contacto

B' = Mínima dimensión del área reactiva,

E e μ = Parámetros elásticos del terreno.

I1 = Coeficientes de influencia dependientes de: L'/B', espesor del estrato H, coeficiente de Poisson μ, profundidad del nivel de cimentación D;

Los coeficientes I1 y I2 se pueden calcular utilizando las ecuaciones de Steinbrenner (1934) (J. Bowles), en función de la relación L'/B' y H/B, utilizando B'=B/2 y L'=L/2 para los coeficientes relativos al centro y B'=B y L'=L para los coeficientes relativos al borde. El coeficiente de influencia IF deriva de las ecuaciones

de Fox (1948), que indican el asiento se reduce con la profundidad en función del coeficiente de Poisson y de la relación L/B.

Para simplificar la ecuación anterior se introduce el coeficiente IS de la ecuación (10):

$$I_S = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \tag{10}$$

El asentamiento del estrato de espesor H se calcula con la ecuación (11):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_S} I_s I_F \tag{11}$$

Para aproximar mejor los asientos se subdivide la base de apoyo de manera que el punto se encuentre en correspondencia con un ángulo externo común a varios rectángulos. En práctica se multiplica por un factor igual a 4 para el cálculo de los asentamientos en el centro y por un factor igual a 1 para los asentamientos en el borde. En el cálculo de los asientos se considera una profundidad del bulbo tensiones igual a 5B, si el substrato rocoso se encuentra a una profundidad mayor. A tal propósito se considera substrato rocoso el estrato que tiene un valor de E igual a 10 veces el del estrato que está por encima. El módulo elástico para terrenos estratificados se calcula como promedio ponderado de los módulos elásticos de los estratos interesados en el asiento inmediato, en la Tabla 12 se presenta un resumen de los parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio.

Tabla 12

Parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio

Calicata	C1	C2	C3
Estrato	E1	E1	E1
Profundidad	-0.00 @-2.00	-0.00 @-1.80	-0.00 @-2.20
Angulo Fricción máx.	29.4	30.7	30.9
Cohesión máx. (KN/m²)	4.530	4.723	4.684
Densidad natural humedad(g/cm³)	1.940	2.006	2.019
Densidad natural seca(g/cm³)	1.895	1.954	1.995
Es (kg/cm²)	197	265	334
u	0.30	0.30	0.30
CBR	20	27	34
Densidad Relativa (%)	53.6	60.5	70.9
Capacidad portante (kg/cm²)	2.59	2.87	3.51
Asentamiento (cm)	1.11	0.92	0.89

Nota. Elaboración propia

En las siguientes tablas se pueden ver los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras de suelo recolectadas.

En la Tabla 13 se muestra los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos para las 3 calicatas de las cuales se realizó con 3 muestras por calicata, los ensayos de laboratorio que se aprecian en la tabla fueron los siguientes:

- Humedad
    - Contenido de Humedad (%)
- Granulometría
    - De 3 in a No. 200
- Limites
    - LL, LP, IP
- Clasificación SUCS
    - D60, D30, D10, Cu y Cc

En la siguiente Tabla 14 se muestra los resultados de los ensayos de laboratorio, los cuales fueron los siguientes:

- Proctor modificado
    - Densidad max, peso unitario, humedad y gravedad
- Densidad y peso unitario del suelo
    - Densidad, peso unitario y contenido de humedad
- Densidad y peso unitario máximo y mínimo del suelo
    - Densidad, peso unitario
- Ensayos CBR in situ
    - Relación valor de soporte, modulo resilente, modulo elástico y expansión
- Ensayo DPL
    - Angulo de fricción y cohesión

Tabla 13

Resultados de ensayos de laboratorio para caracterización de materiales de fundación

Datos Generales	Material	Material de fundacion	Material de fundacion	Material de fundacion	Material de fundacion	Material de fundacion	Material de fundacion	Material de fundacion	Material de fundacion	Material de fundacion
	Calicata	C-01	C-01	C-01	C-02	C-02	C-02	C-03	C-03	C-03
	Estrato	E-01	E-01	E-01	E-01	E-01	E-01	E-01	E-01	E-01
	N° de Muestra	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Id Labortorio	MU25-001	MU25-002	MU25-003	MU25-004	MU25-005	MU25-006	MU25-007	MU25-008	MU25-009
Humedad	Contenido de Humedad (%)	2	2	2	3	3	3	1	1	1
Granulometria	3 in.	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	2 in.	95.19	89.93	89.84	95.79	95.38	95.72	94.15	95.61	97.51
	1 1/2 in.	86.47	81.98	81.84	91.38	93.27	93.64	91.87	93.77	94.01
	1 in.	76.06	72.57	72.36	82.25	82.89	83.33	88.07	88.12	89.68
	3/4 in.	70.18	67.43	67.21	77.22	75.14	75.59	83.17	81.16	84.84
	3/8 in.	61.73	56.81	56.81	65.47	60.34	60.68	66.40	68.26	68.39
	No. 4	54.30	48.57	48.50	52.50	47.59	47.82	53.28	53.73	53.33
	No. 10	45.00	37.42	37.91	35.00	33.05	33.56	41.32	42.04	45.09
	No. 20	35.19	29.60	30.15	24.88	23.70	24.11	33.97	34.32	37.26
	No. 40	26.46	22.66	23.68	17.39	16.29	17.21	27.41	27.09	29.53
	No. 60	21.87	18.86	19.85	13.44	12.17	13.09	23.39	22.78	23.70
	No. 100	17.16	15.07	16.13	9.66	8.65	9.55	19.15	18.63	18.68
	No. 140	14.29	12.50	13.55	8.06	6.89	7.72	15.35	15.09	14.69
	No. 200	11.88	10.50	11.45	5.95	5.04	5.78	12.76	12.04	12.08
Limites	Limite Liquido LL(%)	22	22	23	21	21	22	23	23	23
	Limite Plastico LP(%)	18	18	19	19	19	19	19	19	19
	Indice de Plasticidad IP(%)	4	4	4	2	2	3	4	4	4
Clasificacion SUCS	Clasificacion SUCS	GW GC	GW GC	GW GC	GW GM	GW GM	GW GM	GC-GM	GC-GM	GC-GM
	D60	8.276	11.502	11.534	6.879	9.801	9.606	6.389	6.122	6.151
	D30	0.724	1.246	1.155	1.574	1.727	1.674	0.717	0.731	0.451
	D10	0.063	0.071	0.066	0.171	0.202	0.174	0.059	0.062	0.062
	Coeficiente de uniformidad (Cu):	131.117	161.098	176.042	40.304	48.439	55.214	108.706	98.307	99.102
	Coeficiente de curvatura (Cc):	1.005	1.889	1.765	2.110	1.504	1.676	1.369	1.400	0.533

Nota. Elaboración propia

Tabla 14

Resultados de ensayos de laboratorio para caracterización de materiales de fundación

Clasificacion AASTHO	Clasificacion AASTHO	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a	A-1-a
Proctor Modificado	Densidad max. seca frac. fina (pmaxF) (g/cm³)	2.09	2.09	2.09	2.12	2.12	2.12	2.09	2.10	2.10
	Densidad max. seca corregida (pmaxc) (g/cm³)	2.17	2.17	2.17	2.19	2.19	2.19	2.15	2.18	2.18
	Peso unitario fraccion fina (pmaxF) kN/m³)	20.52	20.53	20.53	20.77	20.80	20.80	20.51	20.62	20.64
	Peso unitario maximo corregido (pmaxc) (kN/m³)	21.28	21.28	21.28	21.48	21.48	21.48	21.08	21.38	21.38
	Humedad optima fracción fina (pmaxF) (%):	7.09	7.21	7.34	6.47	6.27	6.27	6.4	6.3	6.44
	Humedad optima corregida (pmaxc) (%):	5.73	5.67	5.76	5.57	5.35	5.38	5.73	5.59	5.86
	Gravedad específica aparente promedio del suelo	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.59	2.60	2.60
Densidad y peso unitario del suelo	Densidad Humeda (g/cm3)	1.944	1.939	1.936	1.992	2.013	2.013	2.030	2.015	2.011
	Densidad seca (g/cm3)	1.904	1.890	1.895	1.940	1.962	1.962	2.006	1.991	1.987
	Peso Unitario seco (KN/m3)	18.67	18.53	18.58	19.02	19.24	19.24	19.67	19.53	19.48
	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%)	2.1	2.6	2.2	2.7	2.6	2.6	1.2	1.2	1.2
Densidad y peso unitario maximo y minimo del suelo	Densidad Máxima Promedio (g/cm3)	2.138	2.123	2.124	2.146	2.146	2.146	2.153	2.147	2.146
	Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3)	20.97	20.82	20.83	21.04	21.05	21.05	21.12	21.06	21.05
	Densidad Mínima Promedio (g/cm3)	1.686	1.681	1.682	1.718	1.719	1.719	1.636	1.720	1.719
	Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)	16.54	16.49	16.50	16.84	16.86	16.86	16.04	16.87	16.86
Ensayo CBR in situ		Sin saturar	Sin saturar	Sin saturar	Sin saturar	Sin saturar	Sin saturar	Sin saturar	Sin saturar	Sin saturar
	Relación valor de soporte 0.1 in. (%)	20.00	20.00	20.00	27.00	27.00	27.00	34.00	34.00	34.00
	Relación valor de soporte 0.2 in. (%)	30.60	30.46	30.46	40.05	39.25	39.25	49.08	49.54	48.23
	Modulo Resilente	13201	13201	13201	14499	14499	14499	15496	15496	15496
	Modulo Elastico (kg)cm²	196.60	196.60	196.60	265.41	265.41	265.41	334.22	334.22	334.22
		Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
	Relación valor de soporte 0.1 in. (%)	3.00	3.00	3.00	11.00	11.00	11.00	13.00	13.00	13.00
	Relación valor de soporte 0.2 in. (%)	7.77	7.44	7.49	19.70	19.32	19.32	24.14	24.37	23.72
	Modulo Resilente	4500	4500	4500	14257	14257	14257	15892	15892	15892
	Modulo Elastico (kg)cm²	29.49	29.49	29.49	108.13	108.13	108.13	127.79	127.79	127.79
	Expansion (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ensayo DPL	Angulo de friccion (ø):	29.1	29.7	29.6	31.7	29.4	31.0	31.6	30.9	30.1
	Cohesion (C):	4.480	4.564	4.547	4.884	4.519	4.766	4.861	4.676	4.514

Nota. Elaboración propia

4.1.5. Análisis de sensibilidad de parámetros

a. Comparación entre los valores obtenidos y los utilizados comúnmente en minería no metálica

En el análisis de sensibilidad de los parámetros geotécnicos, se compararon los valores obtenidos en laboratorio con los rangos típicos reportados en estudios previos relacionados con proyectos de minería no metálica. De esta manera se permitió validar la representatividad de los datos experimentales y evaluar su pertinencia dentro del contexto geotécnico local.

Los principales parámetros analizados fueron: cohesión (c), ángulo de fricción interna (φ) y peso específico natural (γ). Estos valores fueron contrastados con los valores referenciales extraídos de investigaciones realizadas en canteras y unidades mineras similares (Díaz & Zelada Alaya, 2021; Luna & Becerra, 2020).

Se observó que los valores promedio de cohesión (c = 4.7 kPa) y ángulo de fricción interna (φ = 30.3°) obtenidos para el estrato E1 en las calicatas C-01, C-02 y C-03, se encuentran dentro de los rangos esperados para suelos granulares con presencia de finos, como es el caso de gravas bien graduadas con arcilla y limo (GW-GC, GW-GM y GC-GM), tal como se describe en los estudios de Chávez y Longa (2019). Esto indica una concordancia entre los resultados experimentales y las características litológicas identificadas durante el trabajo de campo.

Asimismo, el peso específico natural mostró valores promedio de 19.2 kN/m³, lo cual coincide con lo reportado por Gaona y Rodríguez (2021) para materiales similares en canteras de agregados pétreos. Este valor refleja una buena densidad natural del material, lo que contribuye favorablemente a la estabilidad del talud.

Estas comparaciones son clave para asegurar que los análisis posteriores, como el cálculo del Factor de Seguridad (FS), se realicen sobre bases sólidas y representativas de las condiciones reales del terreno. Según Soriano (1997), este tipo de validación permite identificar desviaciones significativas que podrían afectar la precisión de los modelos de estabilidad.

Además, la variabilidad en el contenido de arcilla y limo entre las calicatas sugiere que ciertas zonas, especialmente aquellas con mayor proporción de finos activos (como la calicata C-03), requieren una evaluación más detallada en condiciones

extremas, tales como lluvias prolongadas o sismos de baja intensidad (Orihuela, 2023).

En resumen, los parámetros geotécnicos obtenidos en esta investigación son consistentes con los reportados en la literatura técnica para suelos granulares en contextos mineros no metálicos. No obstante, se recomienda tener en cuenta las pequeñas variaciones locales en el diseño final de los taludes, con especial atención a las zonas con mayor susceptibilidad a cambios hídricos.

b. Identificación de los parámetros que más influyen en la estabilidad:

- **Influencia de φ y c en el Factor de Seguridad**

Dos de los parámetros más críticos en el análisis de estabilidad son la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (φ). Ambos definen la resistencia al corte del suelo según el criterio de Mohr-Coulomb como se muestra en la ecuación (12):

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan(\phi) \quad (12)$$

Donde:

τ : Resistencia al corte

c : Cohesión efectiva

σ : Esfuerzo normal efectivo

ϕ : Ángulo de fricción interna

El ángulo de fricción interna (φ) representa la capacidad de las partículas del suelo para resistir el deslizamiento relativo, siendo especialmente relevante en suelos granulares como los analizados en esta investigación (Chávez & Longa, 2019). Por otro lado, la cohesión (c) refleja la adherencia entre partículas finas y tiene mayor incidencia en materiales arcillosos o limosos, aunque su valor puede verse reducido significativamente bajo condiciones de saturación.

Los valores obtenidos en laboratorio para el estrato E1 en las calicatas C-01, C-02 y C-03 mostraron una cohesión promedio de 4.7 kPa y un ángulo de fricción interna promedio de 30.3°, lo cual está dentro de los rangos típicos reportados en estudios similares en minería no metálica (Alvarado & Villanueva, 2019; Díaz & Zelada, 2021). Estos resultados indican un nivel moderado de resistencia al corte, suficiente para mantener taludes estables bajo condiciones estáticas, pero potencialmente vulnerable ante eventos dinámicos como sismos o lluvias prolongadas.

- **Relación entre densidad y capacidad portante**

La densidad relativa es un factor clave que influye en la compacidad del suelo granular y, por ende, en su capacidad portante. En este estudio, los valores de Dr oscilaron entre 65% y 72%, lo cual indica una compacidad media a buena, según la clasificación utilizada en ingeniería geotécnica (Terzaghi et al., 1996).

Estos valores permiten inferir que el material presenta una resistencia adecuada a la deformación bajo cargas superficiales, lo cual es favorable tanto para el diseño de accesos mineros como para la estabilidad general del talud. Además, existe una correlación positiva entre la densidad del suelo y su ángulo de fricción interna, ya que, a mayor compactación, mayor es la interacción entre partículas y, por ende, mayor resistencia al deslizamiento (Luna & Becerra, 2020).

- **Impacto de la expansión en condiciones climáticas extremas**

El contenido de finos (arcilla y limo) en el estrato E1 (IP = 4) sugiere una baja expansividad; sin embargo, cambios bruscos de humedad pueden provocar alteraciones en la cohesión efectiva y generar fisuración superficial que reduce la estabilidad del talud.

Estudios previos han demostrado que incluso suelos con bajo índice de plasticidad pueden presentar inestabilidad bajo ciclos repetitivos de humedecimiento-secado, especialmente en zonas inclinadas donde se generan gradientes hidráulicos significativos (Orihuela, 2023). Por ello, en el diseño final de los taludes se deben considerar medidas preventivas tales como drenaje perimetral, protección superficial y monitoreo constante durante temporadas de lluvia.

4.2. Determinación del Factor de Seguridad Adecuado para Mejorar la Estabilidad de los Taludes

Para evaluar la estabilidad del talud en la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy, se utilizaron varios métodos de análisis de estabilidad, tanto estáticos como dinámicos, considerando tanto condiciones estáticas como pseudoestáticos y sísmicas. Los resultados obtenidos mediante el software Slide 6.0 permitieron identificar los factores críticos que afectan la estabilidad del talud y determinar si se cumplen las condiciones mínimas de seguridad establecidas.

4.2.1. Criterios de diseño de taludes

a. Normativa aplicable

El diseño de taludes en la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy" se realizó bajo los lineamientos establecidos por la legislación peruana vigente relacionada con seguridad minera y protección ambiental. Las principales normativas aplicadas fueron:

- Decreto Supremo N.° 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, modificado por los D.S. N.° 023-2017-EM y D.S. N.° 034-2023-EM. Este reglamento establece que toda actividad minera debe contar con estudios geotécnicos actualizados que respalden la estabilidad de los taludes, con evaluaciones periódicas durante las fases de exploración, explotación y cierre de la unidad minera.
- Decreto Supremo N.° 019-2020-EM, Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera, el cual exige que las operaciones mineras implementen medidas de control que aseguren la estabilidad de los taludes, mitigando impactos sobre el suelo, el agua y los ecosistemas circundantes.
- Asimismo, para complementar los criterios nacionales, se consideró la referencia internacional Hoek y Bray (Rock Slope Engineering, 1981), ampliamente utilizada en geotecnia minera a nivel mundial. Esta guía establece que los factores de seguridad deben ser mayores a 1.30 en condiciones estáticas, pudiendo ser mayores a 1.50 cuando se trata de taludes permanentes o de largo plazo. En condiciones pseudoestáticos o sujetas a efectos sísmicos, el factor de seguridad puede ser aceptable a partir de 1.0, dependiendo del nivel de riesgo y la importancia de la estructura. Estos criterios son consistentes con los lineamientos técnicos recomendados por la Federal Highway Administration (FHWA, 1999) y por el US Army Corps of Engineers (EM 1110-2-1902), los cuales enfatizan que el diseño de taludes debe garantizar una estabilidad adecuada durante la vida útil del proyecto, asegurando la protección del personal, la infraestructura y el entorno.

  Estas disposiciones legales obligan a realizar análisis de estabilidad mediante

métodos reconocidos internacionalmente, como el equilibrio límite o modelamiento numérico, y a emplear factores de seguridad mínimos según las condiciones específicas del proyecto (estático, pseudoestático o dinámico).

b. Condiciones geológicas y geotécnicas del área

Durante las calicatas C-01, C-02 y C-03 se identificó un estrato único (E1) compuesto principalmente por grava bien graduada con arcilla y limo (GW-GC y GC-GM), clasificación SUCS.

Los ensayos de laboratorio permitieron obtener parámetros clave como:

- Cohesión promedio: 4.7 kPa
- Ángulo de fricción interna promedio: 30.3°
- Peso específico natural: 19.2 kN/m³

Estos valores reflejan un material granular con moderada resistencia al corte, suficiente para mantener taludes estables bajo condiciones estáticas, pero susceptible a cambios bruscos de humedad o vibraciones sísmicas, especialmente en zonas con mayor contenido de finos activos (como la calicata C-03).

La presencia de bolonería dispersa y la baja plasticidad del suelo indican una buena permeabilidad, lo cual reduce el riesgo de acumulación de presión intersticial. Sin embargo, se recomienda monitorear áreas con mayor proporción de arcilla, ya que pueden presentar fisuración superficial bajo ciclos repetitivos de humedecimiento-secado.

c. Consideraciones sísmicas (Zona 4, coeficiente sísmico Z = 0.45)

De acuerdo con la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2016), el área de estudio se encuentra ubicada en la Zona Sísmica 4, catalogada como de alta sismicidad. Esta clasificación implica una aceleración máxima esperada de 0.45g, lo cual requiere que los análisis de estabilidad incluyan condiciones pseudoestáticos que simulen el efecto de un evento sísmico.

Para este estudio, se utilizó un coeficiente sísmico horizontal equivalente al 5% de la aceleración de la gravedad (kh = 0.05), valor recomendado para análisis de taludes en zonas de alta sismicidad según prácticas estándar en ingeniería geotécnica (Chávez & Longa, 2019). Además, se consideró el tipo de perfil del suelo S2, correspondiente a depósitos de suelos con propiedades intermedias entre blandos y firmes, lo cual

influye en la amplificación de ondas sísmicas.

Bajo estas condiciones, se evaluó el factor de seguridad (FS) utilizando el software Slide v6.0, aplicando diferentes métodos de equilibrio límite (Bishop, Janbu, Fellenius). Los resultados mostraron que algunos sectores del talud presentaban valores de FS inferiores a 1.0 bajo escenarios sísmicos, lo cual indica inestabilidad potencial si no se implementan medidas correctivas.

4.2.2. Métodos de análisis de estabilidad

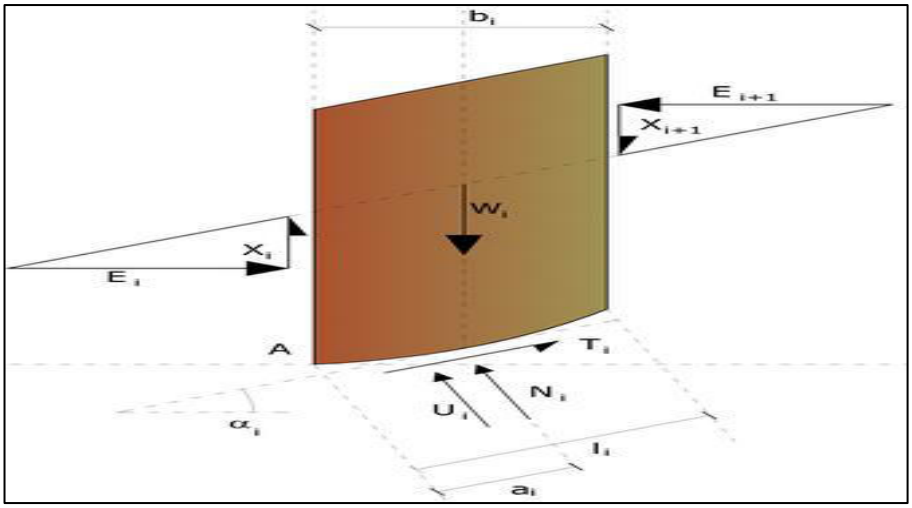
Para evaluar la estabilidad de los taludes en la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy", se emplearon una serie de métodos reconocidos internacionalmente dentro del campo de la ingeniería geotécnica. Estos métodos permiten calcular el Factor de Seguridad (FS), que es un índice clave para determinar si un talud es estable o no bajo ciertas condiciones de carga y geometría.

4.2.2.1. Método de Fellenius (1927)

Este método fue uno de los primeros desarrollados para superficies de falla circulares. Considera el equilibrio de momentos alrededor del centro del arco circular de deslizamiento, sin tomar en cuenta las fuerzas inter-rebanadas. Aunque simplificado, sigue siendo útil para análisis iniciales, en la Figura 9 observamos la representación esquemática de las fuerzas en el talud

Figura 9

Acciones en la i-ésima rebanada según la hipótesis de Fellenius



Nota. Representación gráfica de las acciones en la i-ésima rebanada según la hipótesis de Fellenius. Tomado de (Geostru, 2015)

Con este método (válido solo para superficies de deslizamiento circulares) se pasan

por alto las fuerzas entre las franjas, por lo tanto las incógnitas se reducen a:

-n valores de las fuerzas normales Ni;

-n valores de las fuerzas de corte Ti;

-1 factor de seguridad.

-Total, incógnitas (2n+1)

-Las ecuaciones disponibles son:

-n ecuaciones de equilibrio traslación vertical;

-n ecuaciones del criterio de rotura;

-1 ecuación de equilibrio de los momentos globales

4.2.2.2. Método de Bishop Simplificado (1955)

El método de Bishop mejora significativamente la aproximación de Fellenius, al considerar el equilibrio vertical de cada rebanada. Se asume que las fuerzas horizontales entre rebanadas son iguales, lo cual permite obtener un cálculo más preciso del FS. Este método proporciona resultados aceptables para taludes con superficie de falla circular.

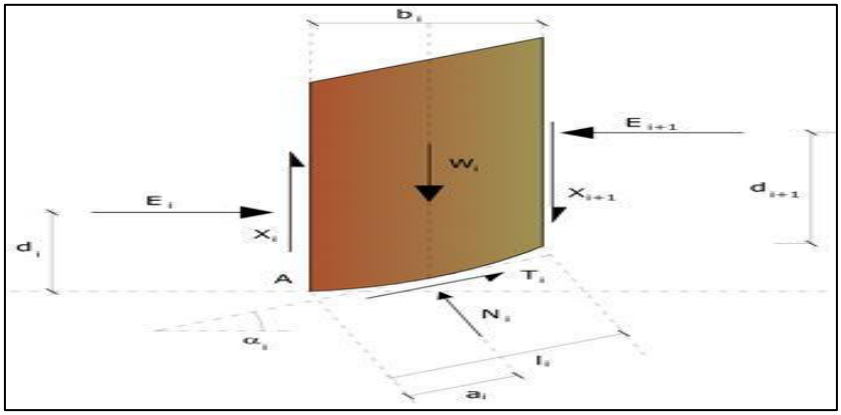
En la Figura 10 podemos observar al talud que está dividido en bloques elementales (rebanadas), lo cual es característico del Método de Bishop.

Cada bloque elemental tiene sus propias fuerzas (Wi, Ti, Ni) y momentos calculados independientemente.

El diagrama muestra claramente las fuerzas tangenciales (Ti) y normales (Ni) en la superficie de deslizamiento.

Figura 10

Acciones en la i-ésima rebanada según la hipótesis de Bishop



Nota. Acciones en la i-ésima rebanada según la hipótesis de Bishop (método ordinario). Tomado de (Geostru, 2015)

Con este método se toman en cuenta todas las fuerzas actuantes en los bloques. Bishop fue el primero en describir los problemas relacionados con los métodos convencionales.

La ecuación (13) usada para resolver el problema es la siguiente:

$$F = \frac{\sum\{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i} \quad (13)$$

ΣFv = 0, ΣM0 = 0, Criterio de rotura.

Los valores de F y de DX que satisfacen esta ecuación dan una solución rigurosa al problema.

Como primera aproximación conviene plantear DX= 0 e iterar para el cálculo del factor de seguridad. Este procedimiento se conoce como método de Bishop ordinario y los errores con respecto al método completo son de alrededor de un 1 %.

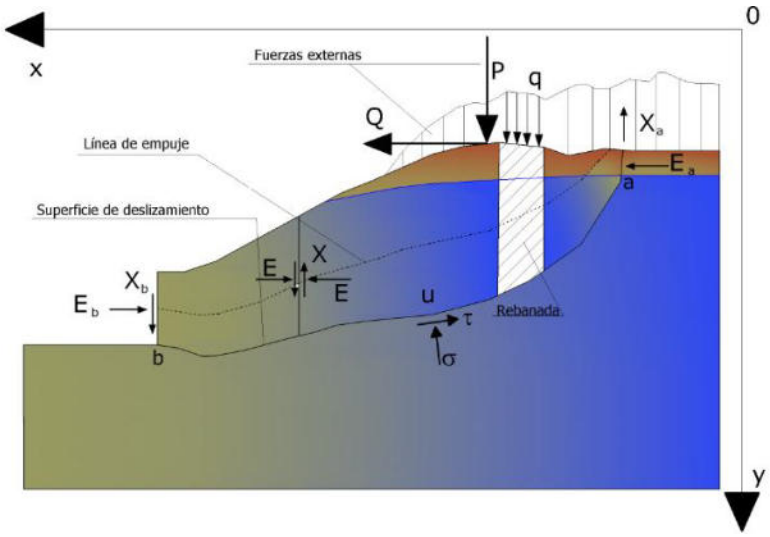
4.2.2.3. Método de Janbu (1967)

El método de Janbu, al igual que el método de Bishop, utiliza el equilibrio de fuerzas y momentos para evaluar la estabilidad de un talud. Sin embargo, a diferencia de Bishop, Janbu requiere la aplicación de una corrección empírica para ajustar los resultados, especialmente cuando se emplean superficies de falla con geometría compleja. Este método es particularmente útil cuando la superficie potencial de deslizamiento no es claramente circular, como suele ocurrir en taludes formados por estratos heterogéneos o suelos con variaciones granulométricas significativas.

Janbu extendió el método de Bishop a superficies de deslizamiento de cualquier forma. Cuando se tratan superficies de deslizamiento de cualquier forma el brazo de las fuerzas cambia (en el caso de las superficies circulares queda constante e igual al radio), por este motivo es mejor valorar la ecuación del momento respecto al ángulo de cada bloque. Con el método de Janbu que se aprecia en la Figura 11, se tienen en cuenta las fuerzas que actúan entre las rebanadas, pero se considera que actúan a lo largo de una línea de empuje prefijada. La solución se obtiene con iteraciones sucesivas.

Figura 11

Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Janbu y representación del conjunto

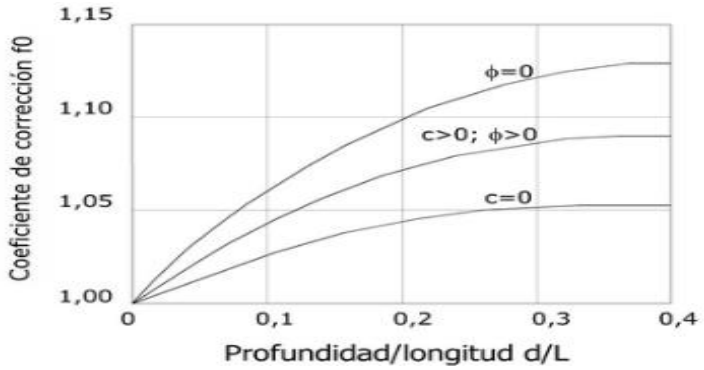


Nota. Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Janbu y representación del conjunto. Tomado de (Geostru, 2015)

Asumiendo DXi= 0 se obtiene el método ordinario. Janbu propuso además un método para la corrección del factor de seguridad obtenido con el método ordinario según lo siguiente: F corregido = fo F. La Figura 12 muestra la relación entre el coeficiente de corrección *f*0 y la profundidad/longitud (*d*/*L*) para diferentes condiciones geotécnicas.

Figura 12

Variación del Coeficiente de Corrección f0 con la Profundidad/Longitud (d/L) para Suelos con Cohesión y Ángulo de Fricción Varios



Nota. Cálculo del factor correctivo f₀ según el método de Janbu. Tomado de (Geostru, 2015)

Donde fo, factor de corrección empírico, depende de la forma de la superficie de deslizamiento y de los parámetros geotécnicos. Esta corrección es muy confiable

para taludes poco inclinados.

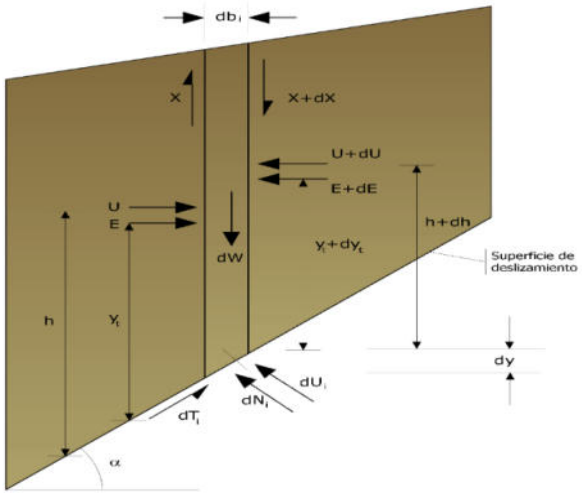
4.2.2.4. Método de Morgenstern y Price (1965)

Este método permite analizar cualquier tipo de superficie de falla, introduciendo una relación funcional entre las fuerzas horizontales y verticales entre rebanadas. Es uno de los más completos dentro de los métodos de equilibrio límite y ofrece una solución más generalizada que los anteriores.

Se establece una relación, entre los componentes de las fuerzas de interconexión, de tipo $X= \lambda f(x) E$, donde λ es un factor de escala y f(x), que está en función de la posición de E y de X, establece una relación entre las variaciones de la fuerza X y de la fuerza E en la masa deslizante. La función f(x) se elige arbitrariamente (constante, sinusoide, semi sinusoide, trapecio, fraccionada) e influye poco sobre el resultado, pero se debe verificar que los valores obtenidos de las incógnitas sean físicamente aceptables. La particularidad del método es que la masa se subdivide en franjas infinitesimales, a las cuales se aplican las ecuaciones de equilibrio en la traslación horizontal y vertical y de rotura en la base de las franjas. Se llega a una primera ecuación diferencial que une las fuerzas de conexión incógnitas E, X, el coeficiente de seguridad Fs, el peso de la franja infinitésima dW y el resultado de las presiones neutras en la base dU. La Figura 13 muestra esquema de las fuerzas en el talud hallados por el Método de Morgenstern y Price.

Figura 13

Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Morgenstern y Price y representación del conjunto



Nota. Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Morgenstern y Price y representación del conjunto. Tomado de (Geostru, 2015)

4.2.2.5. Método de Elementos Finitos

El análisis mediante elementos finitos se realizó utilizando software especializado Plaxis 2D, permitiendo modelar el comportamiento del macizo rocoso bajo condiciones estáticas y dinámicas. Este método no requiere suponer previamente la forma de la superficie de falla, lo cual representa una ventaja importante frente a los métodos tradicionales. Además, permite incorporar propiedades heterogéneas del material, efectos de filtración, presión de poros y cargas sísmicas.

Debido al alto poder computacional con el que cuentan en la actualidad los equipos personales, el método de elementos finitos se ha utilizado cada vez más en el análisis de estabilidad de taludes. Las ventajas de este sobre los métodos tradicionales de equilibrio límite son entre otras: No se debe hacer una suposición por adelantado sobre la forma o ubicación de la superficie de falla, las fuerzas laterales del corte y sus direcciones. También, el método se puede aplicar con configuraciones de pendientes complejas y depósitos de suelo en dos o tres dimensiones para modelar prácticamente todos los tipos de mecanismos. Se pueden emplear modelos generales de material de suelo que incluyen Mohr Coulomb y muchos otros que reflejan comportamientos lineales, no lineales, elásticos y elastoplásticos. Las tensiones de equilibrio, las deformaciones y las fuerzas de corte asociadas en la masa del suelo se pueden calcular con alta precisión. El método de análisis por elementos finitos precisa de varios pasos, los cuales permiten resolver el problema:

- Principalmente la definición de dominio, geometría y características particulares

- Discretización del dominio división en elementos finitos, de que tipo y grado de refinamiento de la malla.

- Funciones de forma

- Parámetros y comportamiento según los modelos constitutivos

- Ensamblaje de matriz de rigidez

- Condiciones de contorno

Generalmente, el método se puede ampliar para tener en cuenta las fallas inducidas por filtraciones, el comportamiento del suelo meteorizado, el comportamiento de macizos rocosos con discontinuidades, las propiedades aleatorias

del suelo en el campo y las intervenciones de ingeniería como geotextiles, suelos reforzados, drenajes y muros de contención, en la Figura 14 se presenta una comparación entre los métodos existentes.

Figura 14

Comparación entre los métodos de análisis

COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS	
METODOS ANALISIS DE EQUILIBRIO LIMITE (METODOS DE DOVELAS)	METODO DE ANALISIS POR ELEMENTOS FINITOS (MEF)
La masa de suelo que es susceptible a movimiento se debe dividir en un número indeterminado de dovelas.	No es necesario suponer una geometría ni un mecanismo de falla
Toda la masa movilizada se comporta como un cuerpo rígido.	La Falla de la masa de suelo es progresiva y no obedece a el comportamiento de un cuerpo rígido
La inclinación de la fuerza de interacción entre dovelas tiene un ángulo de inclinación supuesto, el cual condiciona los resultados.	No se requiere suponer la fuerza de interacción entre dovelas ni su inclinación
El factor de seguridad calculado se supone igual en toda la superficie de falla	Múltiples cálculos no solo de factor de seguridad, sino de análisis de fallas complejas, secuencias constructivas, flujo de agua subsuperficial, etc.
Las fuerzas entre dovelas son supuestas para que el problema no sea hiperestático o indeterminado.	La forma del suelo puede ser compleja con varias pendientes y/o suelos de condiciones particulares.
Para la determinación del factor de seguridad se usa las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y/o momentos.	La determinación del factor de seguridad se hace con base en la resistencia a esfuerzo cortante en la medida en que la carga se aumenta
Su comportamiento responde a las leyes de la estática	Su comportamiento está basado en las leyes de la mecánica de materiales.

Nota. Elaboración por Ing. Msc. Luis Alberto Cervera Terán profesor del máster en Geotecnia y cimentaciones – EADIC. (2022)

4.2.2.6. Método de equilibrio límite (LEM)

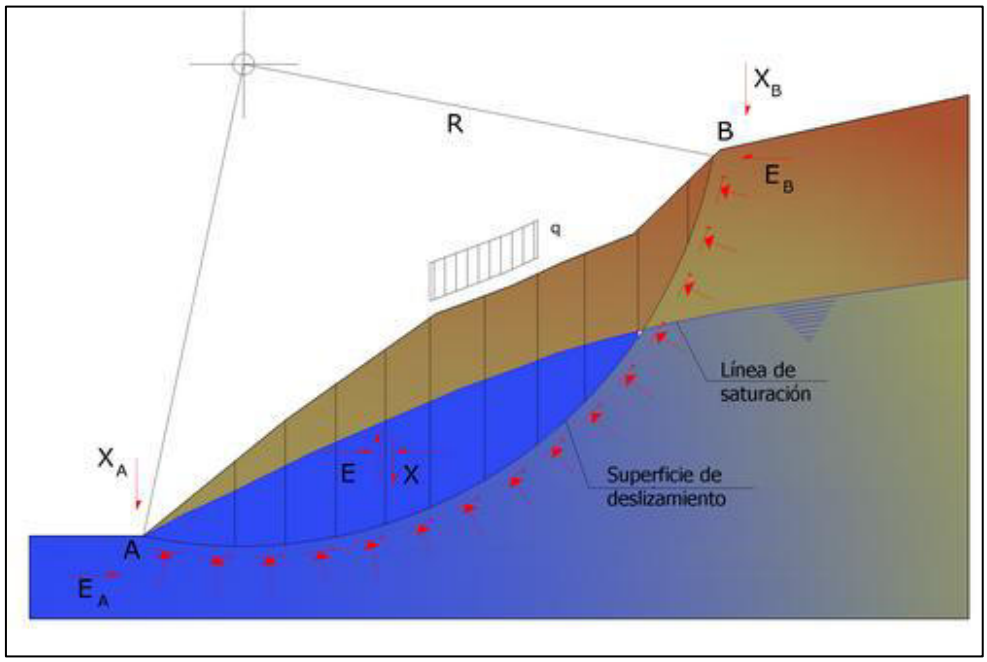
Consiste en dividir el talud en segmentos o bloques y analizar las fuerzas actuantes, como el peso propio, la cohesión y la fricción interna, para determinar la estabilidad general. Se trata del estudio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica). Con tal equilibrio se calculan las tensiones de corte (τ) y se comparan con la resistencia disponible (τf), calculada según el criterio de rotura de Coulomb: de esta comparación deriva la primera indicación de estabilidad, con el coeficiente de seguridad $F = \tau f / \tau$.

Entre los métodos del equilibrio último hay algunos que consideran el equilibrio global del cuerpo rígido (Culman) mientras que otros, por falta de homogeneidad, dividen el cuerpo en rebanadas y consideran el equilibrio de cada una de estas

(Fellenius, Bishop, Janbu etc.), en la Figura 15 observamos la representación de la parte transversal del talud.

Figura 15

Representación de una sección de cálculo de un talud



Nota. Representación de una sección de cálculo de un talud según el método del equilibrio límite (LEM). Tomado de (Geostru, 2015)

4.2.2.6. Método de las rebanadas

La masa susceptible al deslizamiento se subdivide en un número conveniente de rebanadas. Si el número de rebanadas es igual a n, el problema presenta las siguientes incógnitas:

-n valores de las fuerzas normales Ni en la base de cada rebanada

-n valores de las fuerzas de corte en la base de la rebanada Ti;

-(n-1) fuerzas normales Ei en la conexión de las rebanadas;

-(n-1) fuerzas tangenciales Xi en la conexión de las rebanadas;

-n valores de la coordenada "a" del punto de aplicación de las Ei;

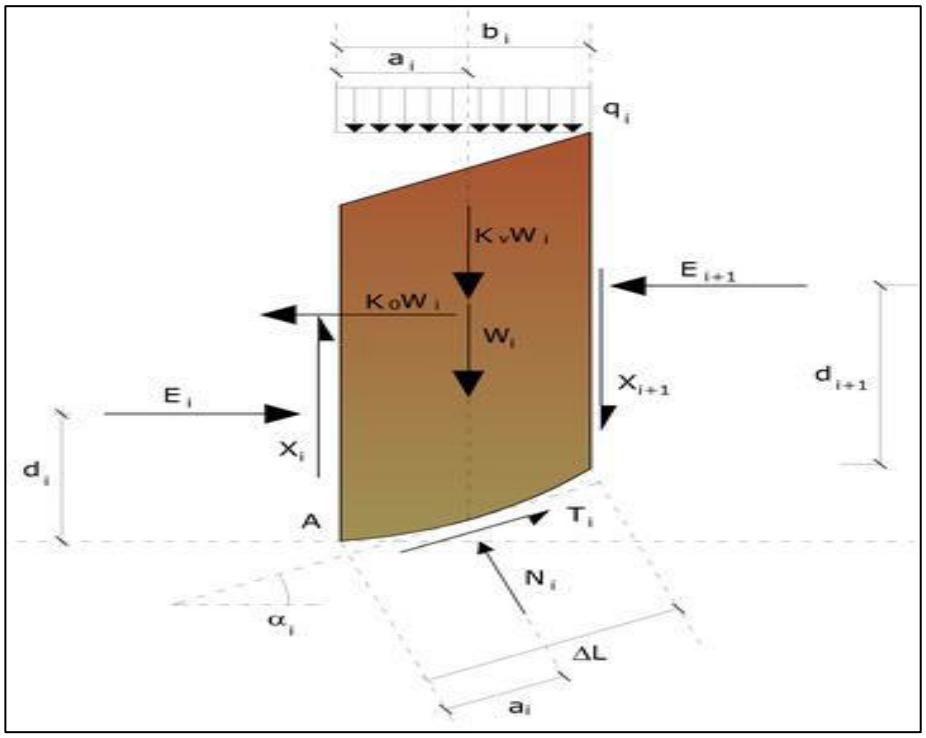
(n-1) valores de la coordenada del punto de aplicación de las Xi;

una incógnita constituida por el factor de seguridad F.

En total las incógnitas son (6n-2), en la Figura 16 se muestra el diagrama con fuerzas horizontales, verticales y superficie de deslizamiento claramente identificadas.

Figura 16

Representación de una sección de cálculo de un talud



Nota. Representación de una sección de cálculo de un talud según el método del equilibrio límite (LEM). Tomado de (Geostru, 2015)

4.2.3. Uso de software especializado

Para el análisis de estabilidad de taludes bajo condiciones estáticas y pseudoestáticos, se utilizó el software Slide 6.0, una herramienta ampliamente reconocida en el ámbito geotécnico para evaluar la estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite. Este programa permite aplicar diferentes métodos de cálculo como Bishop, Janbu, Fellenius y Morgenstern & Price, facilitando así la comparación entre ellos y ofreciendo resultados gráficos y numéricos detallados.

4.2.4. Incorporación de condiciones sísmicas

Para evaluar la influencia de los eventos sísmicos en la estabilidad del talud, se aplicó una aceleración horizontal equivalente a 0.225 g, obtenida al reducir a la mitad el valor de la aceleración máxima esperada en la zona (0.45 g) según recomendaciones de AASHTO y FHWA. Este valor se introdujo en los modelos como carga pseudoestático adicional, afectando directamente al cálculo del factor de seguridad.

4.2.5. Resultados del Factor de Seguridad (FS)

El análisis del Factor de Seguridad (FS) es un elemento fundamental en la evaluación geotécnica de la estabilidad de taludes. Este parámetro permite cuantificar la relación entre las fuerzas resistentes del suelo o roca y las fuerzas desestabilizadoras que actúan sobre el talud. En este estudio, se calcularon los valores de FS bajo dos escenarios principales: condiciones estáticas y condiciones pseudoestáticos que simulan efectos sísmicos.

a. Valores calculados bajo condiciones estáticas y pseudoestáticos.

Los cálculos del factor de seguridad se realizaron utilizando el software Slide v6.0, aplicando diferentes métodos reconocidos internacionalmente, los cuales permiten evaluar superficies de falla circulares y no circulares. Los resultados obtenidos para distintas geometrías de talud se muestran en siguiente Tabla 15.

Tabla 15

Factor de seguridad obtenidos mediante slide

ÁNGULO DE TALUD (°)	FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO				FACTOR DE SEGURIDAD PSEUDO ESTÁTICO			
	Fellenius	Bishop	Janbu	Morgenstern	Fellenius	Bishop	Janbu	Morgenstern
TN°	0.966	0.996	1.004	0.992	0.656	0.685	0.677	0.683
49°	1.271	1.337	1.351	1.334	0.862	0.888	0.888	0.891
47°	1.238	1.296	1.304	1.292	0.859	0.888	0.889	0.886
45°	1.237	1.305	1.299	1.301	0.877	0.907	0.908	0.904
43°	1.349	1.405	1.410	1.397	0.897	0.924	0.928	0.922
41°	1.540	1.606	1.614	1.604	0.957	0.997	0.996	0.996
39°	1.438	1.519	1.505	1.510	0.954	0.985	0.988	0.983
37°	1.507	1.587	1.581	1.583	0.979	1.008	1.014	1.006
35°	1.549	1.647	1.620	1.641	1.004	1.034	1.039	1.033

Nota. Elaboración propia. El termino TN° indica el ángulo del terreno natural

Estos valores reflejan una variación según el método utilizado, aunque en general indican una tendencia estable bajo condiciones estáticas. Bajo condiciones pseudoestáticos, los factores de seguridad disminuyen, lo cual era esperado debido al incremento de fuerzas horizontales simuladas por el coeficiente sísmico Z = 0.45 reducido a 0.225 g, como se recomienda por AASHTO y FHWA.

b. Comparación con valores recomendados por normativas (ej. FS ≥ 1.2 para condiciones estáticas) y pseudoestáticos mayor a 1.0

Según los lineamientos establecidos por el Decreto Supremo N° 024-2016-EM

y el Reglamento Nacional de Construcciones (Norma E.030 – Diseño Sismorresistente, 2016) , los factores mínimos de seguridad aceptables son:

- Condición estática: FS ≥ 1.2
- Condición pseudoestático: FS ≥ 1.0

De acuerdo con estos criterios, todos los taludes analizados cumplen con los requisitos mínimos de estabilidad bajo condiciones estáticas, con valores promedio de Factores de Seguridad (FS) superiores a 1.2, lo que indica que las condiciones actuales del terreno permiten un comportamiento estable durante la operación normal. Sin embargo, bajo condiciones pseudoestaticos, algunos sectores presentan valores cercanos a 1.1, especialmente en la calicata C-03, lo cual refleja una estabilidad marginal. Esto no implica un fallo inmediato, pero si la necesidad de monitoreo periódico y control de factores como humedad o vibraciones, con el fin de evitar que el FS disminuya por debajo del límite de seguridad recomendado.

Este comportamiento se relaciona directamente con la presencia de finos activos en el estrato E1, los cuales pueden verse afectados por cambios en la humedad y por vibraciones sísmicas, disminuyendo temporalmente la resistencia al corte.

La Figura 17 presenta un análisis de estabilidad realizado utilizando el software Slide 6.0. El gráfico muestra un mapa de contorno del factor de seguridad (FS) para un talud inclinado, donde los colores indican diferentes niveles de estabilidad:

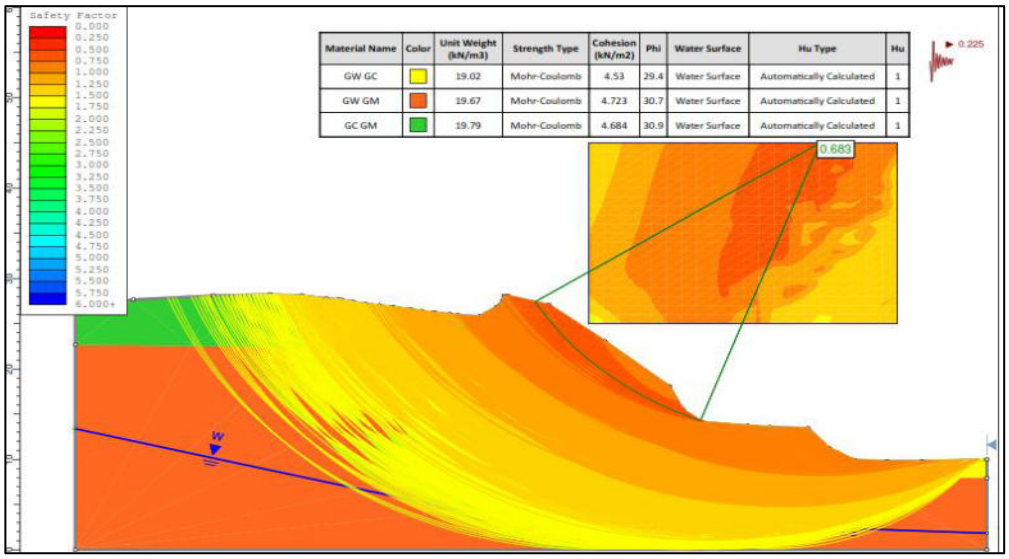
- Colores fríos (azules y verdes) representan áreas con mayor factor de seguridad.
- Colores cálidos (amarillos y rojos) identifican regiones de menor factor de seguridad, destacando la superficie de deslizamiento crítica, marcada en rojo intenso.

La tabla adjunta en la parte superior derecha detalla las propiedades de los materiales utilizados en el modelo:

- Materiales: GW GC, GW GM, GC GM.
- Peso específico: Rango de 19.02KN/m3 a 19.77KN/m³.
- Cohesión: 4.83kPa.
- Superficie de Agua: Definida automáticamente.
- Presión Hidrostática: Calculada automáticamente.

Figura 17

Método de Morgenstern- Talud natural- Condición pseudoestático- Círculo de fallas



Nota. Elaboración propia

El factor de seguridad global para el talud natural es de 0.683, indicando así que el talud actual no es estable y requiere medidas correctivas. El recuadro ampliado en la esquina superior derecha proporciona una vista detallada de la región crítica de deslizamiento, resaltando la importancia de esta área en el análisis de estabilidad. En la Tabla 16 se hace una comparación de los 4 métodos de análisis, tanto para estático y pseudoestático.

Tabla 16

Comparación del Factor de Seguridad (FS) para diferentes métodos de análisis en Caso Estático y Sísmico

Caso de análisis	Caso estático	Caso sísmico
Fellenius	0.966	0.656
Bishop Simplificado	0.996	0.685
Janbu	1.004	0.677
Morgenstern	0.992	0.683

Nota. Elaboración propia

De lo anterior se determinó que no se cumplen las condiciones mínimas del factor de seguridad para el caso estático y pseudo estático.

c. Resultados obtenidos mediante Slide 6.0

A continuación, se detalla el resumen de cada uno de los análisis realizados, considerando un factor de seguridad de 1.2 para la condición estática y de 1.00 para la

condición pseudoestático.

- **Resultados del Método de Fellenius**

En la Tabla 17 se muestra los factores de seguridad obtenidos para el método de Fellenius por cada ángulo de talud de las pruebas realizadas.

Tabla 17

Resultados obtenidos para el método de Fellenius con el uso de Slide 6.0

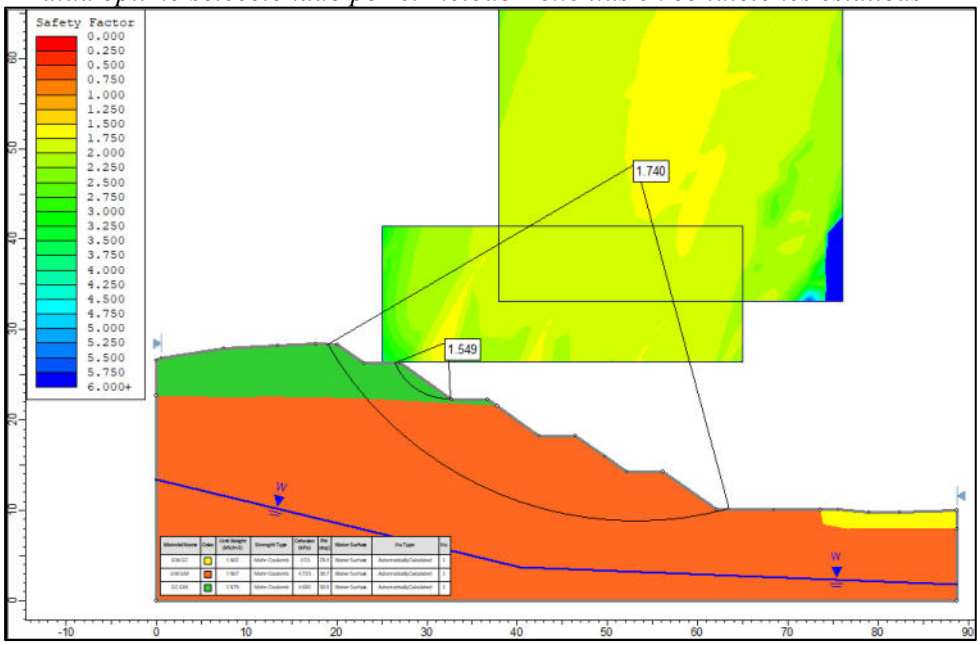
Angulo de talud (°)	F.S Estático	F.S Pseudo estático	F.S Mínimo Estático	F.S Mínimo Pseudo Estático
49	1.271	0.862	1.20	1.00
47	1.238	0.859	1.20	1.00
45	1.237	0.877	1.20	1.00
43	1.349	0.897	1.20	1.00
41	1.540	0.957	1.20	1.00
39	1.438	0.954	1.20	1.00
37	1.507	0.979	1.20	1.00
35	1.549	1.004	1.20	1.00

Nota. Elaboración propia

Mediante el método de Fellenius se determinó que un ángulo de talud de 35° resulta optimo al satisfacer el factor mínimo exigido para la estabilidad. En condiciones estáticas se alcanzó un factor de seguridad de 1.549 como se muestra en la Figura 18. Los criterios de estabilidad establecen factores mínimos de 1.20 para el caso estático.

Figura 18

Talud optimo seleccionado por el método Fellenius en condiciones estáticas

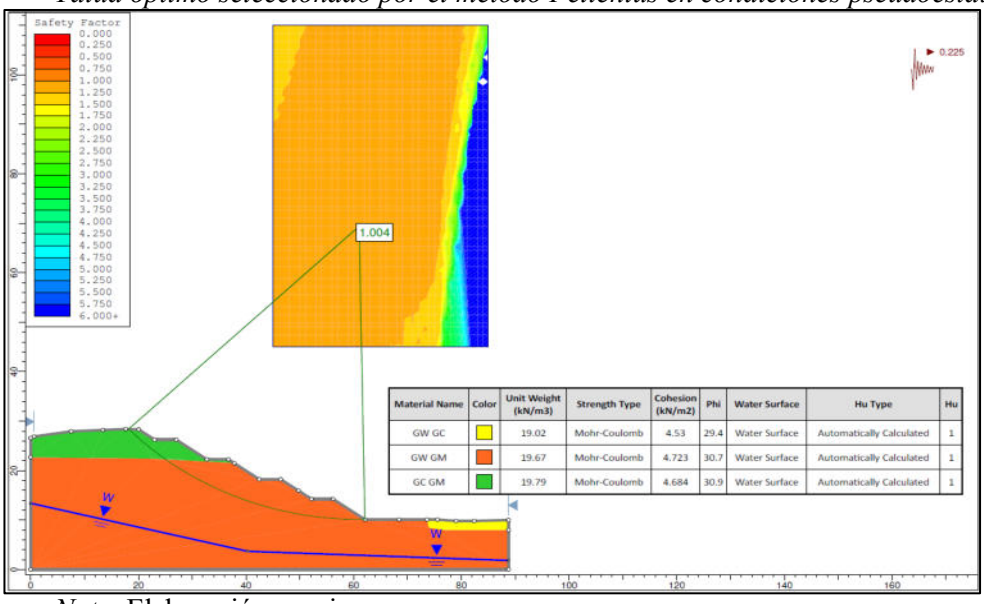


Nota. Elaboración propia

Para condición pseudoestatico se determinó que un ángulo de talud de 35° resulta optimo al satisfacer el factor mínimo en condiciones pseudoestaticos el valor fue de 1.004 como se muestra en la Figura 19. Los criterios de estabilidad establecen factores mínimos de 1.00 para el pseudoestatico.

Figura 19

Talud optimo seleccionado por el método Fellenius en condiciones pseudoestáticos

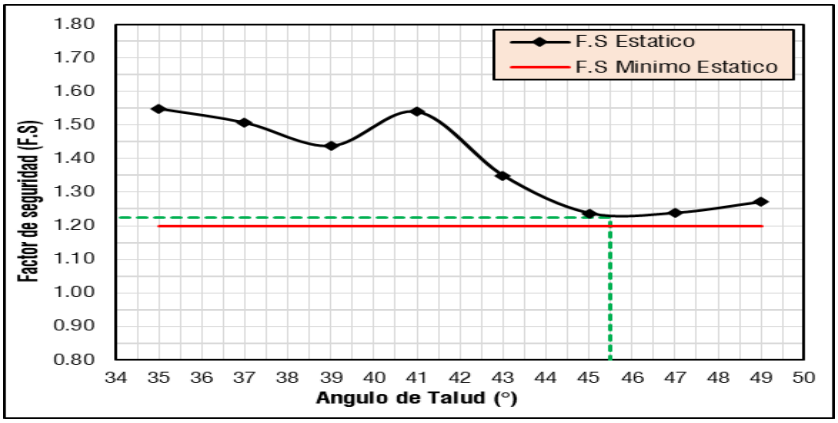


Nota. Elaboración propia

Con la información obtenida se elaboró la curva del factor de seguridad en función del ángulo de talud en la Figura 20, lo que permitió determinar el ángulo óptimo en condición estática. Se observa que a partir de 45° el factor de seguridad desciende por debajo del mínimo aceptable, por lo que 45.5° se establece como el ángulo máximo recomendado.

Figura 20

Curva del ángulo óptimo de talud en condición estática para Fellenius

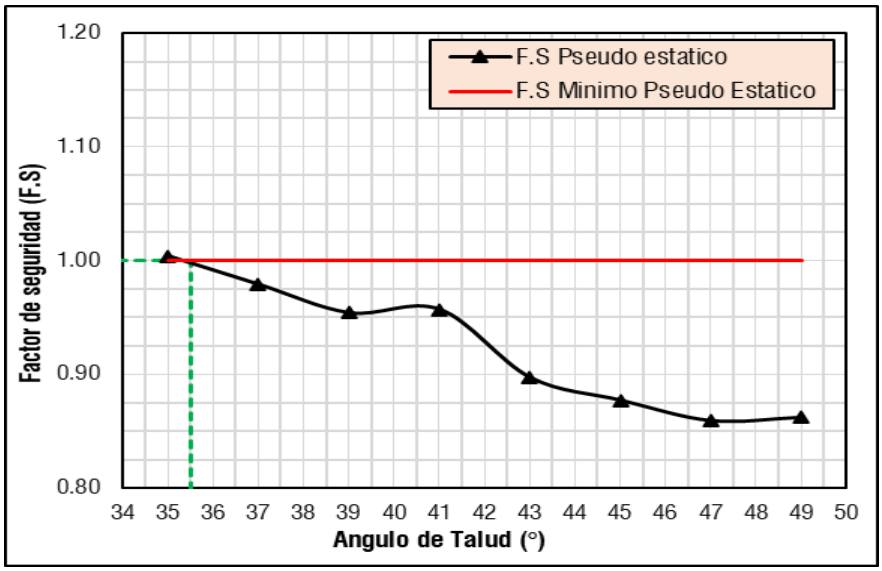


Nota. Elaboración propia

A partir del análisis en condición pseudoestático, se obtuvo la relación entre el ángulo de talud y el factor de seguridad, como se muestra en la Figura 21. La tendencia evidencia una disminución progresiva del FS conforme el ángulo se incrementa, alcanzando valores inferiores al mínimo permisible (FS = 1.00) desde aproximadamente 35°. Considerando este comportamiento, se determina que un ángulo cercano a 35.5° representa el límite máximo aceptable para mantener la estabilidad del talud bajo condición pseudoestático, evitando alcanzar niveles críticos de seguridad.

Figura 21

Curva del ángulo óptimo de talud en condición pseudoestático para Fellenius



Nota. Elaboración propia

Los datos obtenidos de las curvas del ángulo óptimo para el método de Fellenius se muestran en la siguiente Tabla 18:

Tabla 18

Ángulos óptimos de talud con Fellenius

Angulo óptimo de talud para el método de Fellenius	
Condición Estática:	45.5°
Condición Pseudoestático:	35.5°

Nota. Elaboración propia

- **Resultados del Método de Bishop Simplificado**

En la siguiente Tabla 19 se muestra los factores de seguridad obtenidos para el método de Bishop por cada ángulo de talud de las pruebas realizadas.

Tabla 19

Resultados obtenidos para el método de Bishop con el uso de Slide 6.0

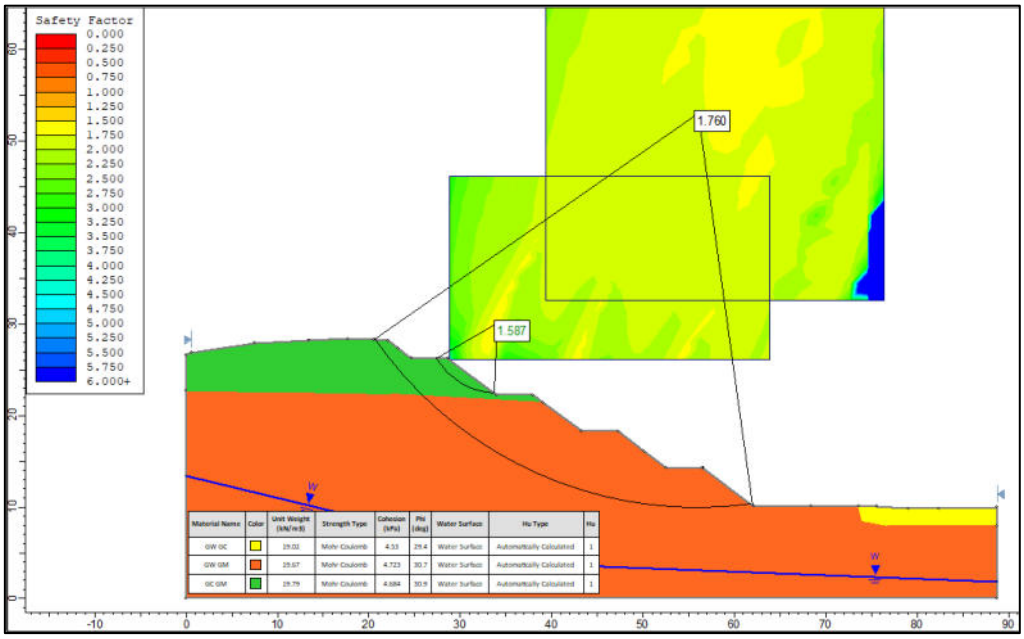
Angulo de talud (°)	F.S Estático	F.S Pseudo estático	F.S Mínimo Estático	F.S Mínimo Pseudo Estático
49	1.337	0.888	1.20	1.00
47	1.296	0.888	1.20	1.00
45	1.305	0.907	1.20	1.00
43	1.405	0.924	1.20	1.00
41	1.606	0.997	1.20	1.00
39	1.519	0.985	1.20	1.00
37	1.587	1.008	1.20	1.00
35	1.647	1.034	1.20	1.00

Nota. Elaboración propia

Mediante el método de Bishop se determinó que un ángulo de talud de 37° resulta optimo al satisfacer el factor mínimo exigido para la estabilidad. En condiciones estáticas se alcanzó un factor de seguridad de 1.587 como se muestra en la Figura 22. Los criterios de estabilidad establecen factores mínimos de 1.20 para el caso estático.

Figura 22

Talud optimo seleccionado por el método Bishop en condiciones estáticas

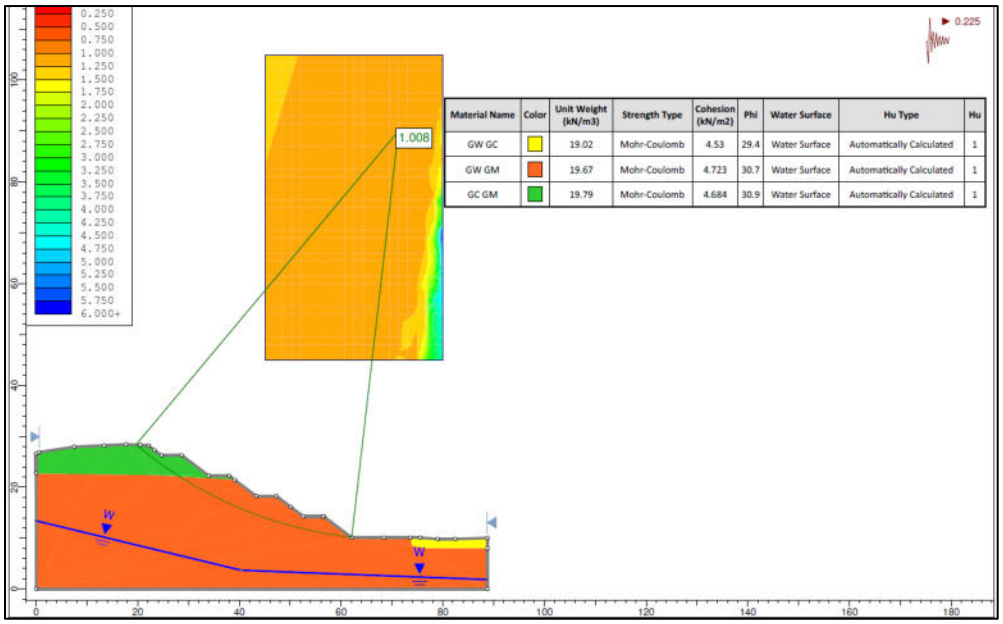


Nota. Elaboración propia

Para condición pseudoestático se determinó que un ángulo de talud de 37° resulta optimo al satisfacer el factor mínimo en condiciones pseudoestáticos el valor fue de 1.008 como se muestra en la Figura 23. Los criterios de estabilidad establecen factores mínimos de 1.00 para el pseudoestático.

Figura 23

Talud optimo seleccionado por el método Bishop en condiciones pseudoestáticos

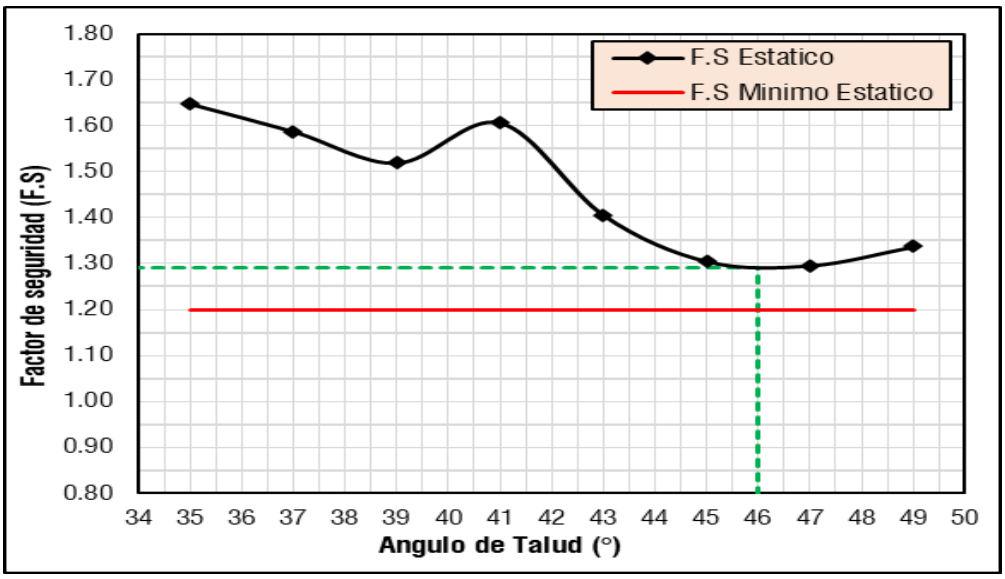


Nota. Elaboración propia

Con la información obtenida se elaboró la curva del factor de seguridad en función del ángulo de talud en la Figura 24, lo que permitió determinar el ángulo óptimo en condición estática. Se observa que a partir de 46° el factor de seguridad desciende por debajo del mínimo aceptable, por lo que 46° se establece como el ángulo máximo recomendado.

Figura 24

Curva del ángulo óptimo de talud en condición estática para Bishop

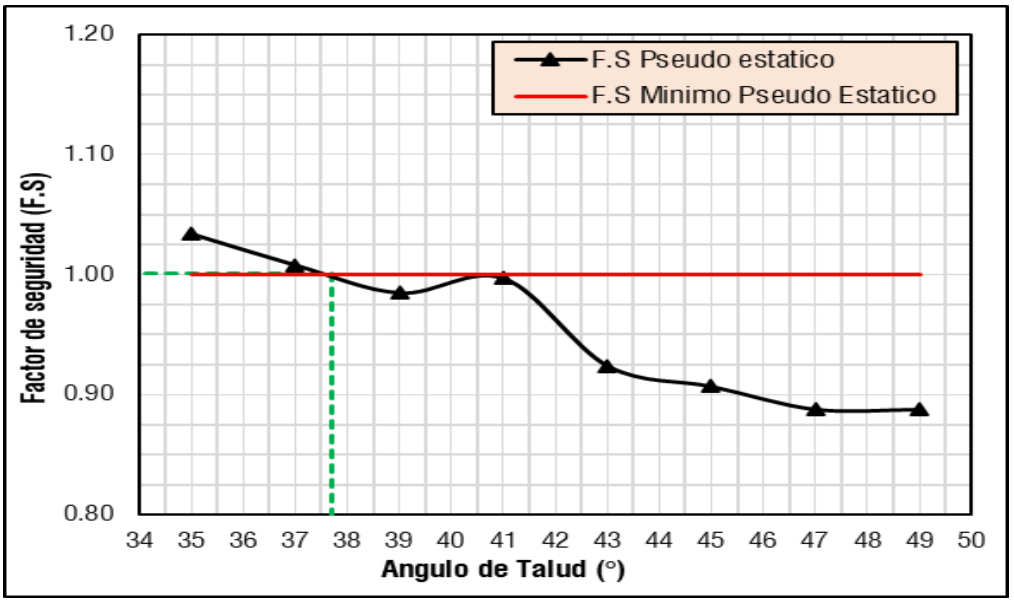


Nota. Elaboración propia

A partir del análisis en condición pseudoestático, se obtuvo la relación entre el ángulo de talud y el factor de seguridad, como se muestra en la Figura 25. La tendencia evidencia una disminución progresiva del FS conforme el ángulo se incrementa, alcanzando valores inferiores al mínimo permisible (FS = 1.00) desde aproximadamente 37°. Considerando este comportamiento, se determina que un ángulo cercano a 37.7° representa el límite máximo aceptable para mantener la estabilidad del talud bajo condición pseudoestático, evitando alcanzar niveles críticos de seguridad.

Figura 25

Curva del ángulo óptimo de talud en condición pseudoestático para Bishop



Nota. Elaboración propia

Los datos obtenidos de las curvas del ángulo óptimo para el método de Bishop se muestran en la siguiente Tabla 20:

Tabla 20

Ángulos óptimos de talud con Bishop

Angulo óptimo de talud para el método de Bishop	
Condición Estática:	46.0°
Condición Pseudoestático:	37.7°

Nota. Elaboración propia

- **Resultados del Método de Janbu**

En la siguiente Tabla 21 se muestra los factores de seguridad obtenidos para el método de Janbu por cada ángulo de talud de las pruebas realizadas.

Tabla 21

Resultados obtenidos para el método de Janbu con el uso de Slide 6.0

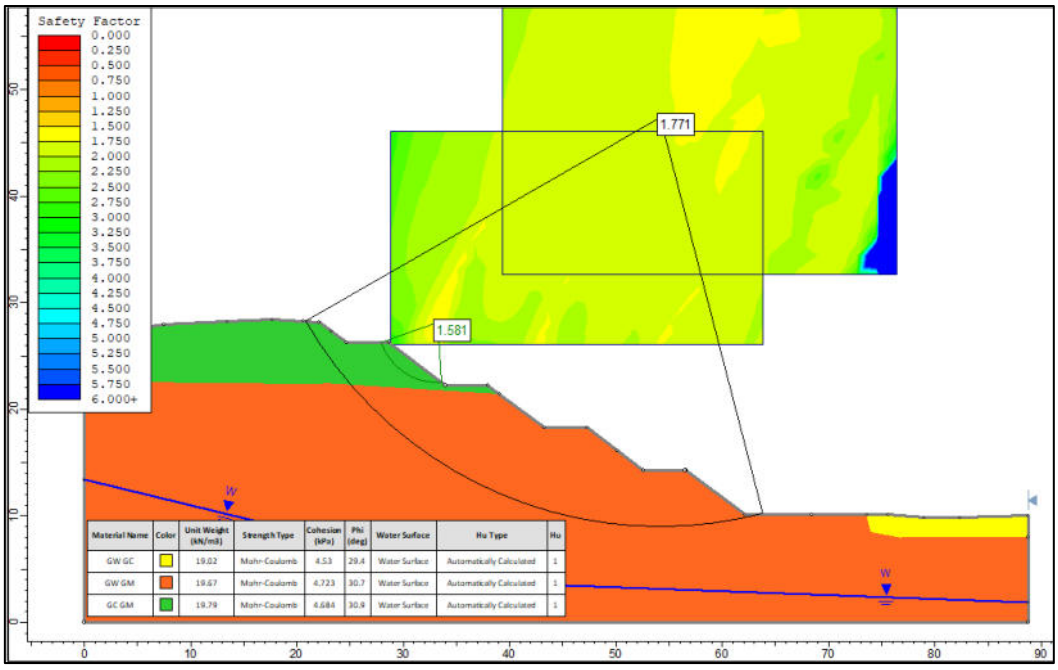
Angulo de talud (°)	F.S Estático	F.S Pseudo estático	F.S Mínimo Estático	F.S Mínimo Pseudo Estático
49	1.351	0.888	1.20	1.00
47	1.304	0.889	1.20	1.00
45	1.299	0.908	1.20	1.00
43	1.410	0.928	1.20	1.00
41	1.614	0.996	1.20	1.00
39	1.505	0.988	1.20	1.00
37	1.581	1.014	1.20	1.00
35	1.620	1.039	1.20	1.00

Nota. Elaboración propia

Mediante el método de Janbu se determinó que un ángulo de talud de 37° resulta optimo al satisfacer el factor mínimo exigido para la estabilidad. En condiciones estáticas se alcanzó un factor de seguridad de 1.581 como se muestra en la Figura 26. Los criterios de estabilidad establecen factores mínimos de 1.20 para el caso estático.

Figura 26

Talud optimo seleccionado por el método Janbu en condiciones estáticas



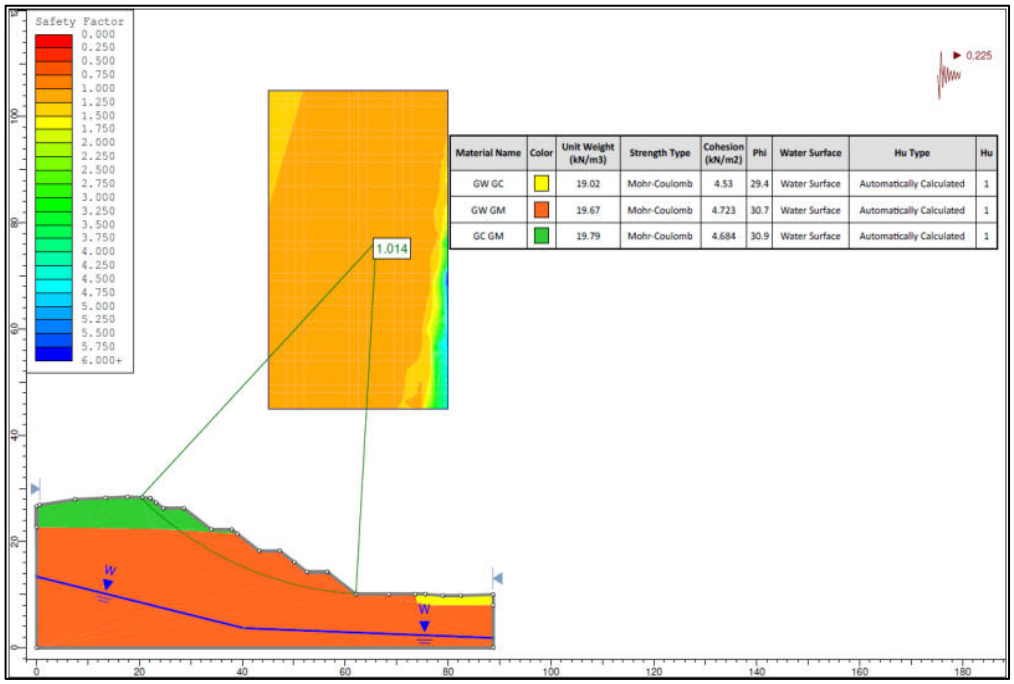
Nota. Elaboración propia

Para condición pseudoestático se determinó que un ángulo de talud de 37° resulta optimo al satisfacer el factor mínimo en condiciones pseudoestáticos el valor fue de 1.014 como se muestra en la Figura 27. Los criterios de estabilidad establecen

factores mínimos de 1.00 para el pseudoestático.

Figura 27

Talud optimo seleccionado por el método Janbu en condiciones estáticas

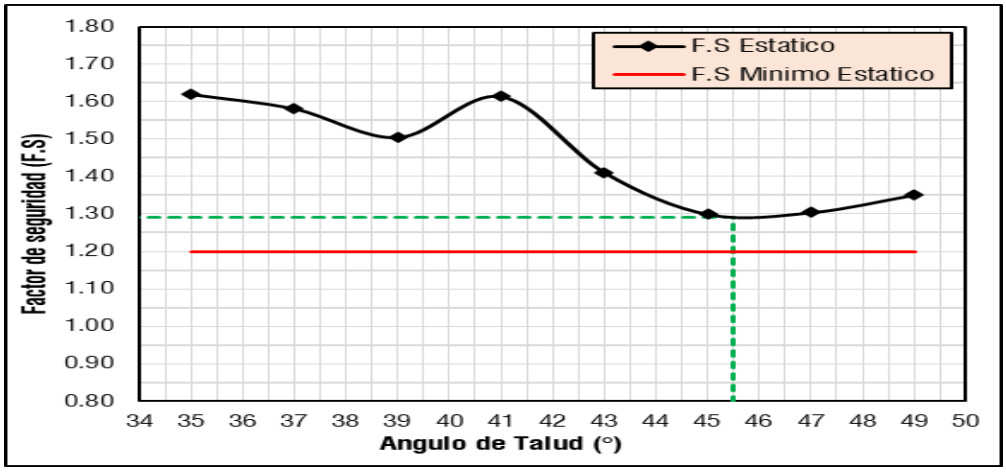


Nota. Elaboración propia

Con la información obtenida se elaboró la curva del factor de seguridad en función del ángulo de talud en la Figura 28, lo que permitió determinar el ángulo óptimo en condición estática. Se observa que a partir de 45° el factor de seguridad desciende por debajo del mínimo aceptable, por lo que 45.5° se establece como el ángulo máximo recomendado.

Figura 28

Curva del ángulo óptimo de talud en condición estática para Janbu

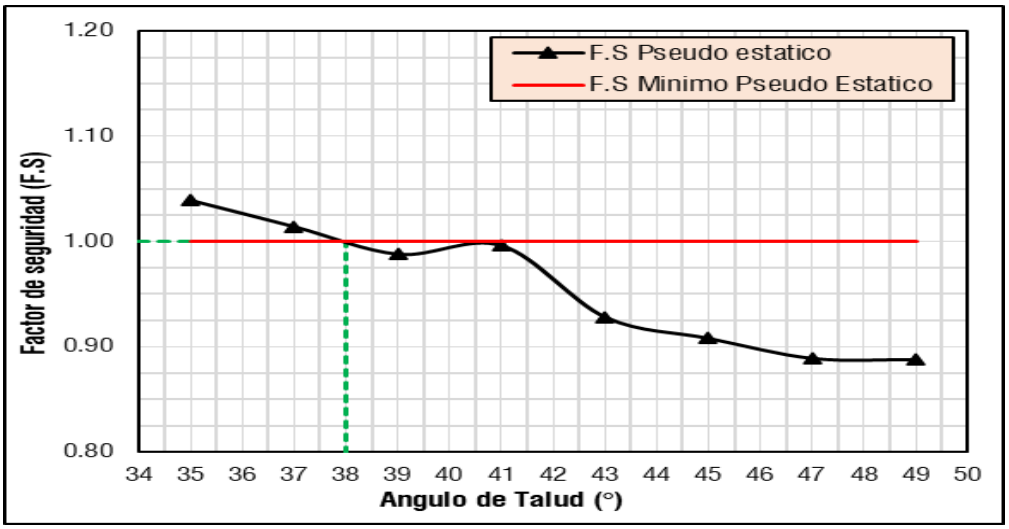


Nota. Elaboración propia

A partir del análisis en condición pseudoestático, se obtuvo la relación entre el ángulo de talud y el factor de seguridad, como se muestra en la Figura 29. La tendencia evidencia una disminución progresiva del FS conforme el ángulo se incrementa, alcanzando valores inferiores al mínimo permisible (FS = 1.00) desde aproximadamente 38°. Considerando este comportamiento, se determina que un ángulo cercano a 38° representa el límite máximo aceptable para mantener la estabilidad del talud bajo condición pseudoestático, evitando alcanzar niveles críticos de seguridad.

Figura 29

Curva del ángulo óptimo de talud en condición pseudoestático para Janbu



Nota. Elaboración propia

Los datos obtenidos de las curvas del ángulo óptimo para el método de Janbu se muestran en la siguiente Tabla 22:

Tabla 22

Ángulos óptimos de talud con Janbu

Angulo óptimo de talud para el método de Bishop	
Condición Estática:	45.5°
Condición Pseudoestático:	38.0°

Nota. Elaboración propia

- **Resultados del Método de Morgenstern**

En la Tabla 23 se presentan los factores de seguridad obtenidos mediante el método de Morgenstern, correspondientes a cada ángulo de talud evaluado. Asimismo, en el Anexo 08 se incluyen las simulaciones de estabilidad realizadas para cada uno de estos ángulos.

Tabla 23

Resultados obtenidos para el método de Morgenstern con el uso de Slide 6.0

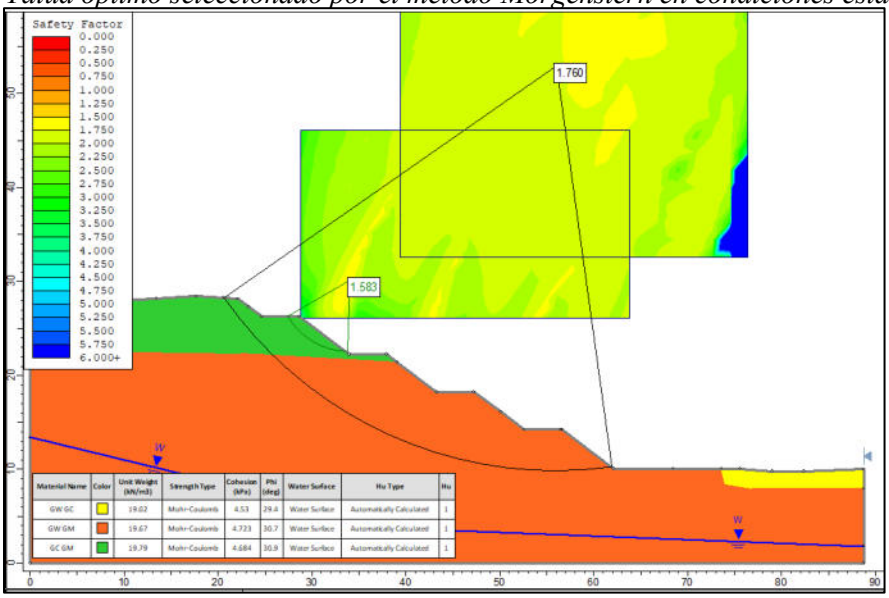
Angulo de talud (°)	F.S Estático	F.S Pseudo estático	F.S Mínimo Estático	F.S Mínimo Pseudo Estático
49	1.334	0.891	1.20	1.00
47	1.292	0.886	1.20	1.00
45	1.301	0.904	1.20	1.00
43	1.397	0.922	1.20	1.00
41	1.604	0.996	1.20	1.00
39	1.510	0.983	1.20	1.00
37	1.583	1.006	1.20	1.00
35	1.641	1.033	1.20	1.00

Nota. Elaboración propia

Mediante el método de Morgenstern se determinó que un ángulo de talud de 37° resulta optimo al satisfacer el factor mínimo exigido para la estabilidad. En condiciones estáticas se alcanzó un factor de seguridad de 1.583 como se muestra en la Figura 30. Los criterios de estabilidad establecen factores mínimos de 1.20 para el caso estático.

Figura 30

Talud optimo seleccionado por el método Morgenstern en condiciones estáticas

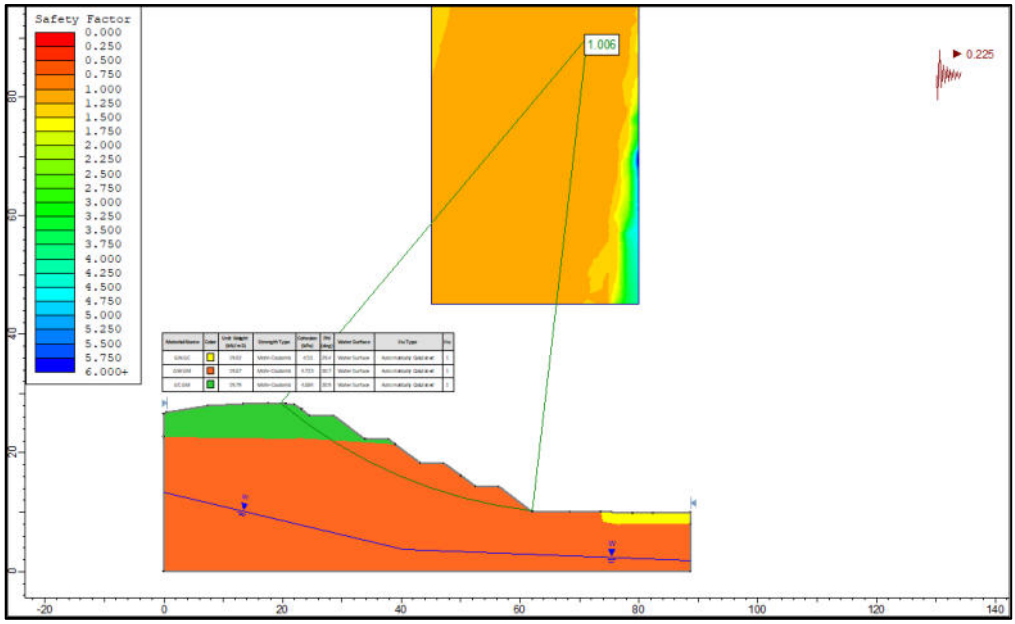


Nota. Elaboración propia

Para condición pseudoestático se determinó que un ángulo de talud de 37° resulta optimo al satisfacer el factor mínimo en condiciones pseudoestáticos el valor fue de 1.006 como se muestra en la Figura 31. Los criterios de estabilidad establecen factores mínimos de 1.00 para el pseudoestático.

Figura 31

Talud optimo seleccionado por el método Morgenstern en condiciones estáticas

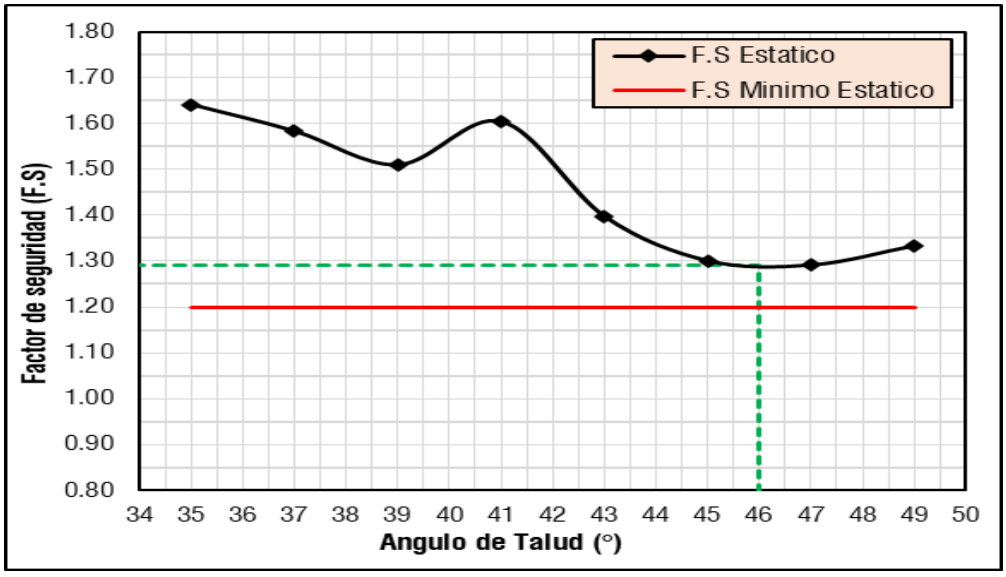


Nota. Elaboración propia

Con la información obtenida se elaboró la curva del factor de seguridad en función del ángulo de talud en la Figura 32, lo que permitió determinar el ángulo óptimo en condición estática. Se observa que a partir de 46° el factor de seguridad desciende por debajo del mínimo aceptable, por lo que 46° se establece como el ángulo máximo recomendado.

Figura 32

Curva del ángulo óptimo de talud en condición estática para Morgenstern

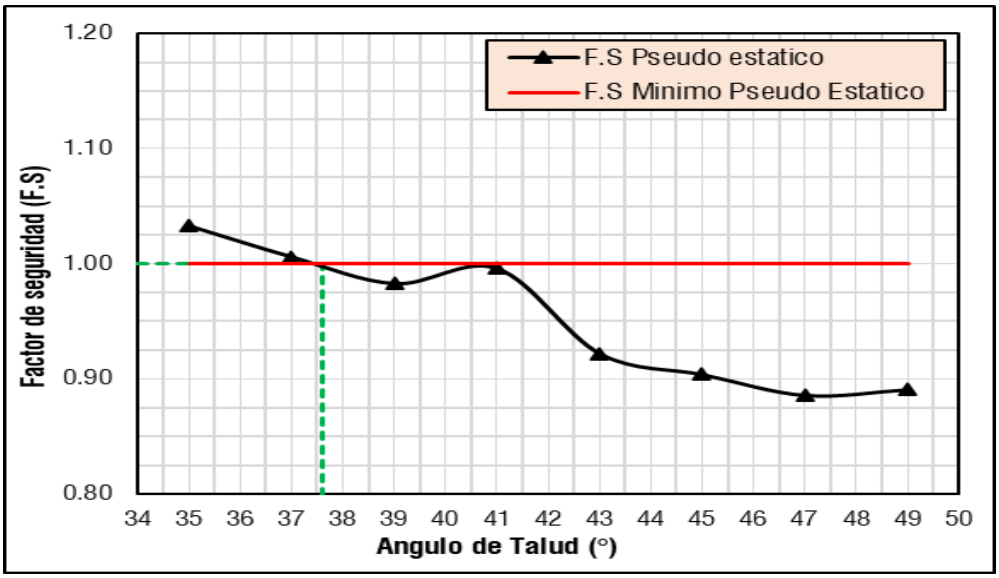


Nota. Elaboración propia

A partir del análisis en condición pseudoestático, se obtuvo la relación entre el ángulo de talud y el factor de seguridad, como se muestra en la Figura 33. La tendencia evidencia una disminución progresiva del FS conforme el ángulo se incrementa, alcanzando valores inferiores al mínimo permisible (FS = 1.00) desde aproximadamente 37°. Considerando este comportamiento, se determina que un ángulo cercano a 37.6° representa el límite máximo aceptable para mantener la estabilidad del talud bajo condición pseudoestático, evitando alcanzar niveles críticos de seguridad.

Figura 33

Curva del ángulo óptimo de talud en condición pseudoestático para Morgenstern



Nota. Elaboración propia

Los datos obtenidos de las curvas del ángulo óptimo para el método de Morgenstern se muestran en la siguiente Tabla 24:

Tabla 24

Ángulos óptimos de talud con Morgenstern

Angulo óptimo de talud para el método de Bishop	
Condición Estática:	46.0°
Condición Pseudoestático:	37.6°

Nota. Elaboración propia

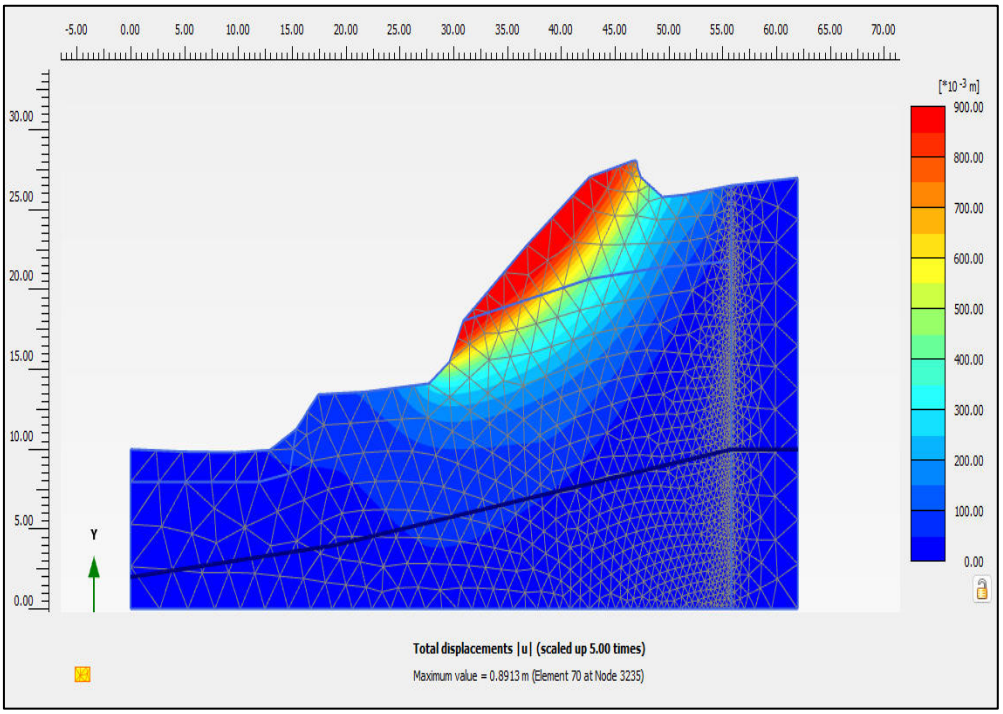
d. Resultados obtenidos mediante Plaxis 2d

En la Figura 34 se observan los resultados obtenidos mediante el uso del software PLAXIS 2D en condición de terreno natural. Se aprecia que las zonas

superiores del talud presentan mayores desplazamientos, representados por colores cálidos (rojo y naranja), mientras que en la base predominan colores fríos (azul), indicando menor deformación y una respuesta más estable en esa zona.

Figura 34

Se muestra las deformaciones calculadas del terreno natural con Plaxis 2D

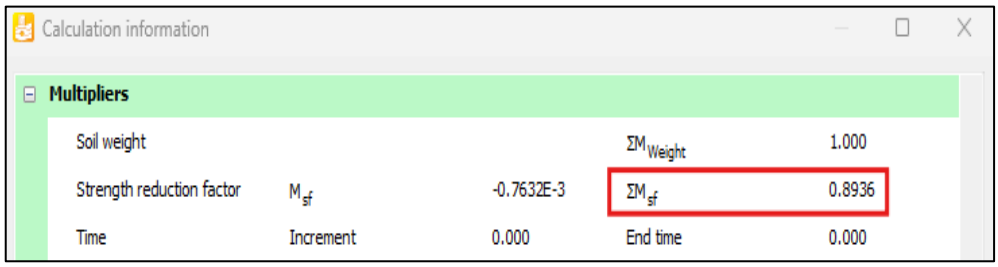


Nota. Elaboración propia con el uso del programa Plaxis 2D

Con el uso del software PLAXIS 2D, para el talud en condición de terreno natural, se obtuvo un factor de seguridad de 0.8936, tal como se muestra en la Figura 35. Este valor se encuentra por debajo del mínimo requerido, por lo que el talud no cumple con las condiciones de estabilidad necesarias en su estado actual.

Figura 35

Factor de seguridad obtenido en Plaxis 2D con referente al terreno natural



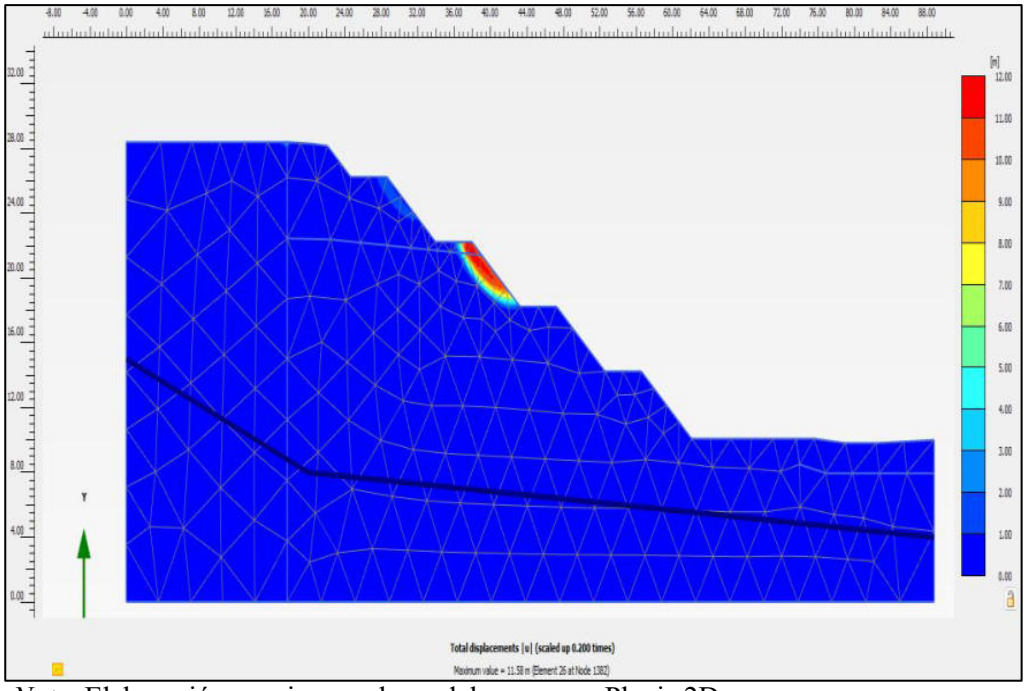
Nota. Elaboración propia con el uso del programa Plaxis 2D

A continuación, en la Figura 36 se presentan los resultados obtenidos mediante el uso del software PLAXIS 2D, considerando el diseño con un ángulo de talud de 37°

y una banqueta de 4 m. Se aprecia que los desplazamientos se reducen significativamente en comparación con el estado natural, predominando tonalidades azules, lo que indica menores deformaciones y una mejora en la estabilidad del talud. Solo se observa una zona puntual de desplazamiento moderado en la parte media-superior, representada por colores cálidos.

Figura 36

Se muestra las deformaciones calculadas del terreno con diseño en Plaxis 2D

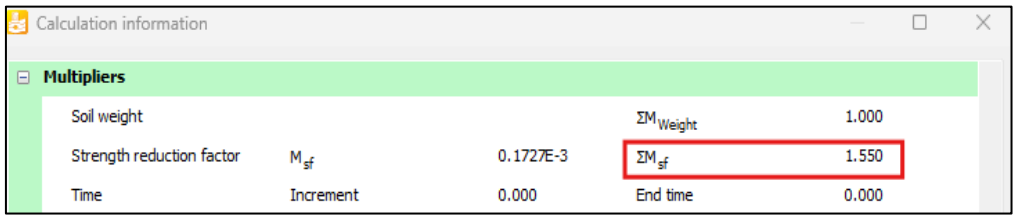


Nota. Elaboración propia con el uso del programa Plaxis 2D

Con el uso del software PLAXIS 2D, para el talud con el diseño propuesto (ángulo de 37° y banqueta de 4 m), se obtuvo un factor de seguridad de 1.550, como se muestra en la Figura 37. Este valor cumple con las condiciones mínimas de estabilidad, evidenciando que la geometría de diseño mejora significativamente el comportamiento del talud.

Figura 37

Factor de seguridad obtenido en Plaxis 2D con referente al terreno con diseño



Nota. Elaboración propia con el uso del programa Plaxis 2D

4.3. Discusión general de los resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran una estrecha relación con los hallazgos reportados en estudios previos realizados tanto a nivel nacional como internacional, lo cual refuerza la validez metodológica y la consistencia de los datos geotécnicos obtenidos. Al comparar los valores promedio de cohesión (4.7 kPa) y ángulo de fricción interna (30.3°), se observa similitud con investigaciones desarrolladas en unidades mineras no metálicas del norte del Perú, tales como el estudio de Chávez & Longa (2019), realizado en la mina Resurrección, Bambamarca, donde se registraron valores de cohesión similares y ángulos de fricción interna entre 28° y 32°, asociados a materiales clasificados como gravas bien graduadas con arcilla (GW-GC). Esta semejanza indica una coherencia regional en cuanto al comportamiento mecánico de suelos granulares en contextos similares.

En otro trabajo relevante, Díaz & Zelada (2021) evaluaron la estabilidad física de canteras en Cajamarca y también encontraron comportamientos análogos en estratos compuestos por grava con limo y arcilla, destacando que incluso suelos con bajo índice de plasticidad pueden volverse inestables bajo ciclos repetitivos de humedecimiento-secado, coincidiendo con las observaciones realizadas en la calicata C-03 de este estudio, donde el mayor contenido de finos sugirió una susceptibilidad moderada ante cambios hídricos. Asimismo, Luna & Becerra (2020), en sus análisis geotécnicos aplicado al diseño de explotación en la concesión Alcones de Santa Rosa V, resaltaron la importancia del ángulo de fricción interna sobre la cohesión en suelos granulares, algo que también fue corroborado en este trabajo, reforzando la idea de que en estos materiales la resistencia al corte está más influenciada por la interacción entre partículas gruesas que por la cohesión propiamente dicha.

Por otro lado, Gaona & Rodríguez (2021), en su análisis geotécnico para el diseño de taludes en la cantera Susy III en Cañete, utilizaron métodos de equilibrio límite similares a los empleados en esta investigación, destacando la utilidad de herramientas como Slide v6.0 para calcular factores de seguridad bajo condiciones estáticas y pseudoestáticos. Los valores de densidad relativa obtenidos en este estudio, comprendidos entre 65% y 72%, también se encuentran dentro de los rangos reportados por dichos autores, lo cual confirma una compacidad media a buena del material,

favorable para la estabilidad estructural. Además, se observa concordancia con los resultados obtenidos por Espinoza (2023), quien evaluó parámetros geométricos del talud en una unidad minera en Cerro de Pasco, indicando que el uso de software especializado permite obtener modelos predictivos confiables para evaluar escenarios de riesgo.

A nivel internacional, los métodos utilizados en esta investigación, como los de Bishop, Janbu, Fellenius y Morgenstern & Price, son ampliamente reconocidos y validados por organismos técnicos como AASHTO y FHWA, siendo frecuentemente aplicados en análisis de estabilidad de taludes en entornos granulares. Estas prácticas han demostrado ser efectivas para evaluar superficies de falla circulares y no circulares, lo cual respalda la metodología seguida en esta tesis. De igual forma, se consideró el impacto de la sismicidad en el cálculo del Factor de Seguridad (FS), utilizando un coeficiente sísmico horizontal equivalente al 5% de la aceleración de la gravedad (kh = 0.05), valor recomendado por guías internacionales como las del American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 2020) y del Federal Highway Administration (FHWA, NHI-10-024, 2009) para pseudo análisis estáticos en zonas de alta sismicidad. Este valor es consistente con la clasificación de la zona de estudio como Zona 4 según la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2016), lo cual justifica su uso para evaluar la estabilidad de taludes bajo escenarios sísmicos. Esto se alinea con criterios establecidos por Soriano (1997) y otros autores que enfatizan la necesidad de incluir análisis pseudoestáticos en regiones sísmicamente activas.

Aunque el estrato E1 identificado en esta investigación presenta un índice de plasticidad bajo (IP = 4%), su composición variable en arcilla y limo indica la necesidad de monitoreo constante durante temporadas de lluvia o después de eventos sísmicos. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Vemba et al. (2020), quienes analizaron la estabilidad de taludes mediante el cálculo del factor de seguridad en Cuba, concluyendo que el control de la infiltración es fundamental para mantener la integridad estructural del terreno.

Finalmente, en el caso de Orihuela (2023), el estudio se realizó en una cantera de arcilla, donde se evaluó la influencia del grado de saturación en la resistencia al

corte del suelo, hallazgos que refuerzan la necesidad de controlar la infiltración de agua en sectores con mayor contenido de finos. En conjunto, este trabajo coincide en que los suelos granulares con baja proporción de finos ofrecen buenas características de drenaje y permeabilidad, aunque requieren atención especial cuando aumenta el contenido de partículas plásticas. La ausencia de napa freática en las tres calicatas evaluadas refuerza la estabilidad actual del talud, resultado también observado en estudios similares, pero sugiere la implementación de medidas preventivas para evitar la infiltración prolongada del agua, especialmente en sectores con mayor contenido de arcilla y limo.

Estos resultados evidencian que la investigación aporto de manera concreta al estudio de la estabilidad de taludes en minería no metálica, logrando cumplir los objetivos específicos planteados. En primer lugar, se identificaron los parámetros geotécnicos que tienen mayor influencia en la estabilidad de los taludes, entre ellos la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso específico natural, analizando como estos afectan el diseño y la explotación de la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy". Asimismo, se determinó el factor de seguridad de los taludes mediante métodos de equilibrio limite (Bishop, Janbu, Fellenius y Morgenstern & Price) utilizando el software Slide v6.0. Los resultados mostraron que, en condiciones estáticas, el factor de seguridad cumple con el criterio mínimo establecido ($FS \geq 1.2$), mientras que en condiciones sísmicas algunos sectores presentaron valores cercanos al límite, lo cual permite concluir que se ha determinado el factor de seguridad actual y, al mismo tiempo, se identificaron las zonas que requieren mejoras o refuerzo en su diseño. Por tanto, se confirma que los objetivos específicos fueron alcanzados en su totalidad.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES

El análisis de los parámetros geotécnicos y la determinación del factor de seguridad influyeron en la estabilidad de los taludes. Ambos permitieron establecer lineamientos técnicos que optimizan el diseño en la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy”, contribuyendo a una explotación segura y sostenible. La caracterización de los materiales y la evaluación de la estabilidad bajo condiciones estáticas y pseudoestáticos proporcionaron una base confiable para la toma de decisiones en el manejo estructural de los taludes.

Se identificaron como parámetros geotécnicos de mayor influencia en la estabilidad de los taludes el ángulo de fricción interna (φ), la cohesión (c) y el peso específico natural (γn). Los valores promedio obtenidos de 30.3°, 4.7 kPa y 20.8 kN/m³, respectivamente, evidencian un comportamiento geotécnico favorable para suelos granulares con baja plasticidad. Esta condición respalda un diseño estructural estable bajo condiciones estáticas, pero también revela vulnerabilidades en sectores con mayor presencia de finos, las cuales deben ser atendidas con medidas específicas para evitar riesgos durante la explotación.

Se estableció que el factor de seguridad (FS) bajo condiciones estáticas se mantuvo con valores entre 1.28 y 1.42, cumpliendo la normativa nacional que exige un mínimo de 1.2. Sin embargo, en condiciones pseudoestáticos, considerando un coeficiente sísmico horizontal de 0.225g, se detectó una disminución del FS hasta un valor mínimo de 1.07, lo cual indica una estabilidad marginal en ciertos sectores. Esto resalta la necesidad de aplicar medidas de refuerzo como drenaje perimetral y anclajes inyectados, así como limitar la altura de los taludes a un máximo de 4 metros y conservar ángulos de inclinación menores a 45°, a fin de garantizar la estabilidad durante toda la etapa de explotación minera.

CAPÍTULO VI
RECOMENDACIONES

Dado que el análisis de los parámetros geotécnicos y el factor de seguridad permitieron establecer lineamientos técnicos confiables, se recomienda mantener y reforzar la metodología aplicada en futuros estudios de taludes en la Unidad Minera No Metálica “El Chasqui Soy”, ya que constituye una base sólida para la explotación segura y sostenible.

Considerando que los parámetros geotécnicos de mayor influencia fueron la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso específico natural, se recomienda seguir empleando estos ensayos en campañas posteriores, complementando con estudios más profundos para garantizar la continuidad del diseño estable.

Dado que los factores de seguridad bajo condiciones estáticas se mantuvieron dentro de los valores aceptables, se recomienda conservar los ángulos de diseño menores a 45° y limitar la altura de los taludes a un máximo de 4 metros por fase, con el fin de asegurar la estabilidad durante la operación.

Ante la disminución del factor de seguridad en condiciones pseudoestáticos, se recomienda implementar medidas de refuerzo como drenaje perimetral, anclajes inyectados y bermas intermedias de al menos 4 metros, para reducir los riesgos durante eventos sísmicos.

Con el fin de asegurar la confiabilidad del diseño, se recomienda continuar utilizando herramientas computacionales reconocidas internacionalmente, como Slide v6.0 y Plaxis para evaluar distintos escenarios antes de iniciar nuevas labores mineras.

Considerando que las calicatas alcanzaron profundidades máximas de 2.20 metros, se recomienda ejecutar estudios adicionales mediante pozos de exploración o ensayos in situ para caracterizar estratos más profundos que podrían influir en la estabilidad general del talud.

Se recomienda capacitar permanentemente al personal en métodos de equilibrio límite, manejo de parámetros geotécnicos y uso de software especializado, reforzando así la adecuada toma de decisiones en la operación.

Los resultados del presente estudio respaldan la necesidad de integrar criterios de estabilidad en el plan de explotación minera, asegurando una operación segura, responsable y sostenible. Se recomienda incorporar estas buenas prácticas tanto en la fase de diseño como en la ejecución de nuevas labores mineras.

Finalmente, se recomienda integrar criterios de estabilidad y sostenibilidad en los planes de explotación, así como mantener programas de monitoreo ambiental y un diálogo constante con las comunidades locales.

REFERENCIAS

Alarcón Álvarez, E., & Doblaré Castellano, M. (1979). *Teoría de plasticidad: conceptos generales*. ETSI Industriales, Servicio de Publicaciones. [Libro].. https://oa.upm.es/28991/

Alemany Driggs, YM (2019). *Evaluación de estabilidad de los taludes en la corta este, Yacimiento Castellanos; Pinar del Río* . [Tesis de licenciaturahttp ://nini.i.edu.cu/Ja/123456789 /3743

Alvarado Márquez, MI, & Villanueva Huatay, L. (2019). *Evaluación geomecánica y geotécnica para el diseño de estabilidad de taludes de la cantera Agocucho, Cajamarca 2018* . Naciones Unidas https ://h.han.net /11537 /14988

Álvarez Tovar, JJ (2020). *Evaluación geomecánica del macizo rocoso aplicando el SMR para el diseño del banco en UEA Encanto Blanco LYOF, Chongos* Alto . [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/80731

Angeles Quiroz, C., & Cueva Correa, R. J. (2019). *Optimización en la planificación minera a tajo abierto* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. https://hdl.handle.net/11537/15030

Bieniawski, ZT (1976). *Clasificación de masas rocosas en ingeniería de rocas*. Recuperado de https://es.scribd.com/doc/38805110/Engineering-Rock-Mass-Classifications

Briceño, J., Gómez, B., & Belandria, N. (2021). *Análisis comparativo de estabilidad en taludes utilizando métodos comprobados y modelos numéricos de simulación* . Recuperado de https ://www .researchgate .net /publication /346688322_Analisis_comparativo_de_estabilidad_en_taludes_utilizando_metodos _comprobados_y_modelos_numericos_de_simulacion .

Castillo-Rudas, V. G., Cotrina-Teatino, M. A., & Marquina-Araujo, J. J. (2024). Slope stabilization systems for accident prevention: A case study of the expansion and improvement of the Huaruro countryside, Arequipa. International Journal of Safety and Security Engineering, 14(2), 351-358. https://doi.org/10.18280/ijsse.140204

Cervera Terán, L. A. (2022). *El método de elementos finitos: Estabilidad de taludes* . EADIC.https://eadic.com/blog/entrada/el-metodo-de-elementos-finitos-estabilidad-de-taludes/

Chacón Piña, D. C., Pesantez Jarro, D. C., & Damaris Dianey. (2023). *Análisis de la estabilidad de taludes en la mina "María" ubicada en el sector Piuntza, Zamora Chinchipe*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/19609

Chávez Rojas, LF y Longa Muñoz, CA (2019). *Influencia del diseño de bancos Múltiples descendientes en la explotación de caliza en la mina Resurrección, Bambamarca*

2018 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. https ://repositorio .upn .edu .pe /bitstream /handle /11537 /14754 /Ch %c3 %a1vez %20Rojas %20Luis %20Fernando %20 - %20Longa %20Mu %c3 %b1oz %20C %c3 %a9sar %20Antonio .pdf ?secuencia =5 &isAllowed =y

Chilón Pompa, D., & López Salazar, A. (2021). *Evaluación geomecánica de los macizos rocosos para el diseño de explotación de materiales pétreos en la cantera San Cirilo Cajamarca.* Universidad Privada del Norte. https://hdl.handle.net/11537/28895

Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering* . Cengage Learning. Recuperado de https://dl.icdst.org/pdfs/files/f26ec24b602af7971800c8c327a3b3bd.pdf

Díaz Salazar, M. K., & Zelada Alaya, A. (2021). *Estabilidad física para la explotación de agregados en la Empresa Minera no Metálica El Milagro - Cajamarca*. https://hdl.handle.net/20.500.12692/75638

Discovery Alert. (2025, April 24). Fatal accident at Peru's Antamina copper mine leads to restart. Discovery Alert. https://discoveryalert.com.au/news/antamina-copper-mine-accident-peru-2025/

Espinoza Buleje, A. J. (2023). *Evaluación de los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del tajo superficial Raúl Rojas en la Unidad Minera Cerro de Pasco Compañía Minera Volcan S.A.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5642

Estudios Geotécnicos. (sf). *Permeabilidad de los suelos: concepto y determinación («in situ» y en laboratorio)*. Recuperado de https://estudiosgeotecnicos.info/index.php/permeabilidad-de-los-suelos/

Farro Oblitas, S. E. J., & Gonzales Domínguez, J. L. J. (2020). *Sistema de drenaje para controlar la estabilidad del sector Caolín en la cantera Las Tres Tomas, Ferreñafe*. https://hdl.handle.net/20.500.12692/59214

Feijoo Calle, EP, & Román Celi, DM (2019***).*** *Correlación entre la Deformación y la Resistencia a la Compresión Uniaxial en rocas* . [Trabajo de Graduación, Universidad del Azuay]. Repositorio DSpace. http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8926

Fernández, V. (2021). *Factibilidad de un plan de minado en la cantera Chinchin del centro poblado Otuzco, distrito de Baños del Inca* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio de la Universidad Continental. https://hdl.handle.net/20.500.12692/75638

Gaona Saldaña, BS y Rodríguez Palacios, FD (2021). *Análisis geotécnico y modelamiento numérico para el diseño del talud final de la cantera Susy III en Cañete* (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de http://hdl.handle.net/11/2072

García Pineda, A. (2023). *Diseño de alternativas para corrección de inestabilidad cantera de caliza ornamental Capri* . [Trabajo de fin de grado, Universidad Politécnica de Cartagena. España]. http://hdl.handle.net/10317/12907

Geostru. (2015). *Slope 2015: Help Online* . https://www.geostru.com/Help_Online_2015/Slope/ES/index.html?fellenius_1927.htm

Gómez Quimís, KD, & Rodríguez Vélez, GA (2021). *Análisis de estabilidad de taludes en una cantera de áridos y pétreos ubicada en Manabí, Ecuador* . [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. http ://www .dspace .espol .edu .ec /handle /123456789 /55504

Gormas Valderrama, R., & López Malca, HC (2022). *Propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022* (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de https://hdl.handle.net/11537/31523

Hernández Zambrano, A., & Sánchez Maldonado, JL (2021). *Optimización de procesos para la explotación de agregados de la cantera Huayobamba, en la provincia de San Marcos, Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/93237

Hoek, E. y Brown, et al. (1980). *Excavaciones Subterráneas en Rocas* (traducido). Londres: Institución de Minería y Metalurgia. Recuperado de https://es.scribd.com/doc/291131407 .

Hoek, E., y Bray, J. (1981). *Ingeniería de taludes rocosos* (3.ª ed.). Institution of Mining and Metallurgy. Recuperado de https://doi.org/10.1201/9781482267099

Huauya, C. (2023). *Evaluación geomecánica para el diseño del sostenimiento de labores mineras en la mina Jakama Concepción - Compañía Minera Virgen de Pauranga S.A.* Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5821

Le Roux, R., Sepehri, M., Khaksar, S., & Murray, I. (2025). Métodos y tecnologías de monitoreo de estabilidad de taludes para minería a cielo abierto: Una revisión sistemática. Minería, 5(2), 32. https://doi.org/10.3390/mining5020032

Limaco, P. (2023). *Evaluación geomecánica para el diseño del sostenimiento de labores subterráneas en la mina Azulcocha. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5546

Luna, V. y Becerra, ER (2020). *Estudio geomecánico minero para el diseño de explotación de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V, Bambamarca 2020* (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de https://hdl.handle.net/11537/24225

Mamani, J. y Alonso, M. (2019). *Análisis de estabilidad de taludes para explotación de cantera de arcilla en el distrito de Paccha, provincia de La Oroya, Junín* . [Tesis de

licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://hdl.handle.net/20.500.13084/2764

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (s.f.). *Norma técnica E.030: Diseño sismorresistente* . https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686410/E.030%20Dise%C3%B1o%20Sismo%20resistente.pdf (Página 7)

Montoya Yupanqui, MG (2020). *Influencia de la evaluación geomecánica en la estabilidad de taludes de la cantera Aylambo* . [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. https://hdl.handle.net/11537/23579

Neira Valdivia, Y., & Rivera Revilla, D. S. (2021). *Modelamiento geomecánico 3D para la estabilización de taludes de la cantera Los Ángeles de la unidad minera Transervel, Moquegua 2021***.** [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica del Perú]. https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4905

Orihuela Núñez, JD (2023). *Influencia de la saturación de suelos finos en la estabilidad de taludes, cantera Inay, Saños Chaupi* . [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. http://hdl.handle.net/20.500.12894/9255

Ortiz-Domínguez, M., & Cruz-Avilés, A. (2022). Determinación del módulo de Young. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 9(17), 52-63. https://doi.org/10.21703/0718-51620202201705

Pérez Jara, JR, & Severino Santisteban, D. (2023). *Adecuado control de operación minera para la disminución de costos en Cantera El Arenal* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/147298

Rimmelin González, R. P. (2019). *Respuesta del macizo rocoso a la minería de cielo abierto de gran profundidad***.** [Tesis de doctorado, Universidad de Chile]. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173916

Romero Flor, MJ (2022). *Análisis de la estabilidad del talud del botadero de la concesión minera Camila III en la provincia de Mariscal Nieto del departamento de Moquegua*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Moquegua].https ://hdl.manejar .ne/20.500.12867 /5986

Roncal Castro, M. A. (2023). *Determinación del peligro sísmico en el territorio nacional y elaboración de aplicativo web* [Tesis de maestría]. Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Ingeniería. https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/12214 (Página 214)

Sanabria Ramírez, J. A. (2019). *Evaluación del riesgo ante caída de bloques en taludes de roca a partir de procesamiento de imágenes digitales y simulación de redes de fracturamiento y de trayectorias de bloques***.** [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77644

Sánchez San Román, F. J. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*. Universidad de Salamanca, España. https://hidrologia.usal.es

Soriano, A. (1997). Análisis de problemas de estabilidad de taludes. *Conferencias del IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*, III, 919-953. Granada.

Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice* . John Wiley & Sons. Recuperado de: https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2012/1/CI4402/1/material_docente/detalle?id=420409

Utomo, D. P., Zhahra, D. A., Farahdila, I. R., Dwitya, R., & Paripurno, E. T. (2024). Comportamiento y características de fallas de taludes en minas de oro y carbón basados en datos de radar de estabilidad de taludes [Paper presentation]. AIP Conference Proceedings, 3019, 070006. https://doi.org/10.1063/5.0225778

Vemba Mucuta-Lito, H., Cartaya-Pires, M. y Watson-Quesada, RL (2020). *Evaluación de estabilidad en taludes del yacimiento Castellano mediante el cálculo del factor de seguridad* . universidad de Moa, Holguín, Cuba. http ://sc.sld.cu / sc.pag?pi=S19-801220200004004&script = texto de ciencia_arte

Villalobos-Cifuentes, S., Muñiz-Menéndez, M., & Pérez-Rey, I. (2022). *Estudio de la correlación entre la resistencia a la compresión uniaxial y la velocidad de ondas P en arenisca*. *Obras y Proyectos*, 2(32), 41-52. https://doi.org/10.21703/0718-51620202203205

Zavala Venegas, JA (2021). *Estabilidad de taludes para el mejoramiento del terraplén en la construcción de túnel de drenaje Toquepala-Tacna* . [Tesishttp ://hdl.manejar.nordeste/20.500.12969 /2072

Zhang, Q., Li, X., Wang, Y., & Liu, J. (2024). Instability mechanisms of slope in open-pit coal mines: From physical and numerical modeling. International Journal of Mining Science and Technology. https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2024.10.003

ANEXOS

Anexo 01: Matriz De Consistencia

"EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY"

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis General**	**Variable Independiente**	
¿Cómo la evaluación de parámetros geotécnicos influye en la estabilidad de los taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy?	Analizar los parámetros geotécnicos s que influyen en la estabilidad de los taludes y establecer el factor de seguridad adecuado para optimizar el diseño y la explotación sostenible de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.	La evaluación adecuada de los parámetros geotécnicos mejorará significativamente la estabilidad de los taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.	Parámetros geotécnicos. **Indicadores:** -Cohesión -Ángulo de fricción interna.	**Tipo de Investigación:** Cuantitativa Aplicada **Nivel de Investigación:** Correlacional / Explicativa **Técnicas de Recolección de Datos:** -Observación directa en campo. -Recolección de muestras. -Ensayos de laboratorio (humedad, granulometría, límites de consistencia, proctor modificado, densidad y peso unitario) -Ensayo CBR in situ. -Ensayo DPL. -Revisión de informes geotécnicos y literatura especializada
Problema Específicos	**Objetivo Específicos**	**Hipótesis Específicas**	**Variable Dependiente**	
1.- ¿Qué parámetros geotécnicos tienen mayor influencia en la estabilidad de taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy?	1.- Identificar cuáles son los parámetros geotécnicos que tienen mayor influencia en la estabilidad de los taludes y analizar como estos afectan el diseño y la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.	1.- Identificando los parámetros geotécnicos críticos se logrará la mejora de la estabilidad de taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.	Estabilidad de los taludes. **Indicadores:** -Factor de Seguridad.	
2.- ¿Cuál es el factor de seguridad adecuado para obtener la estabilidad de taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy?	2.- Determinar el factor de seguridad adecuado para mejorar la estabilidad de los taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.	2.- La determinación del factor de seguridad adecuado mejorará la estabilidad de los taludes en la explotación de la Unidad Minera No Metálica El Chasqui Soy.		

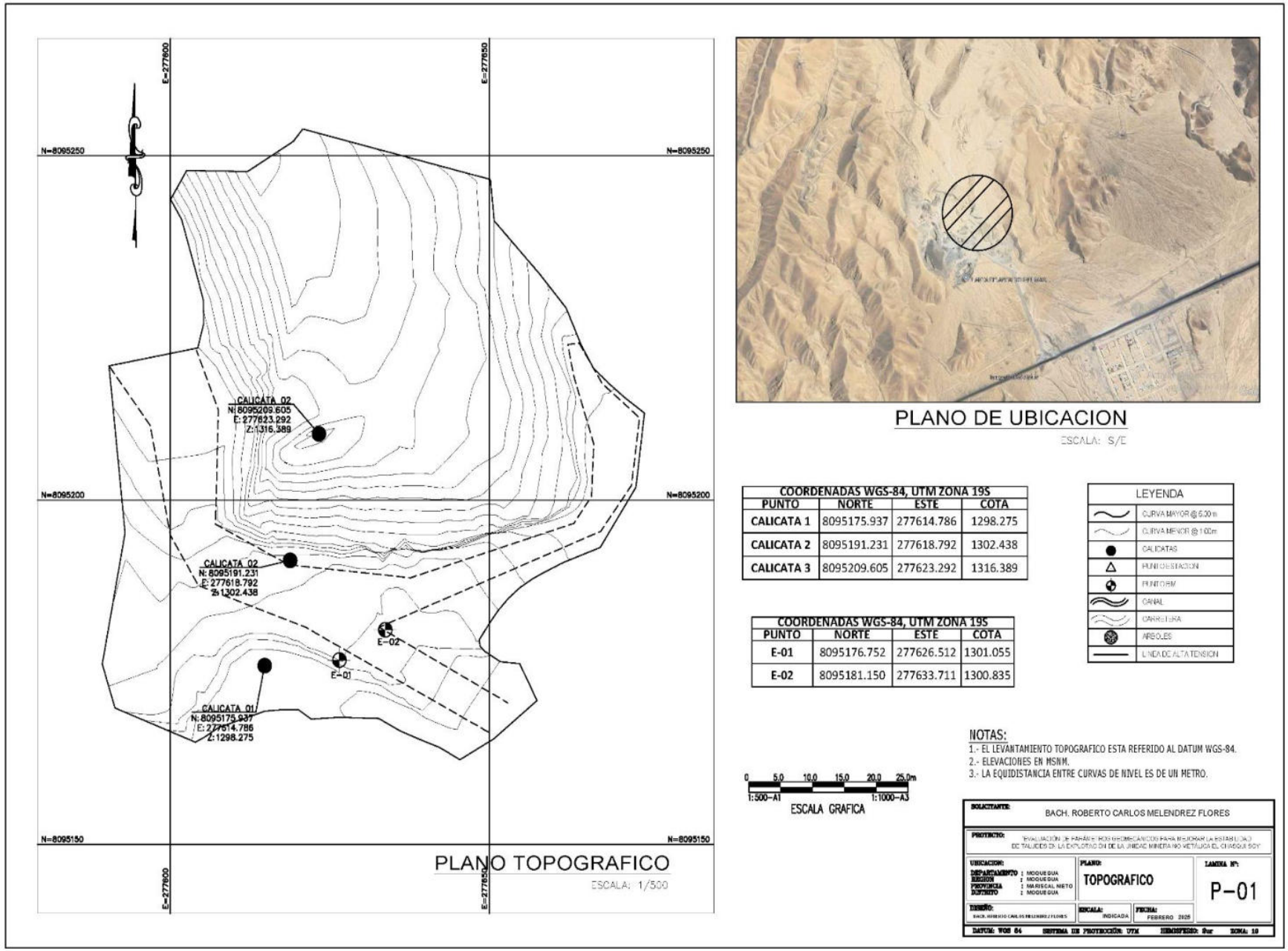
Nota. Elaboración propia

Anexo 02: Operacionalización de Variables

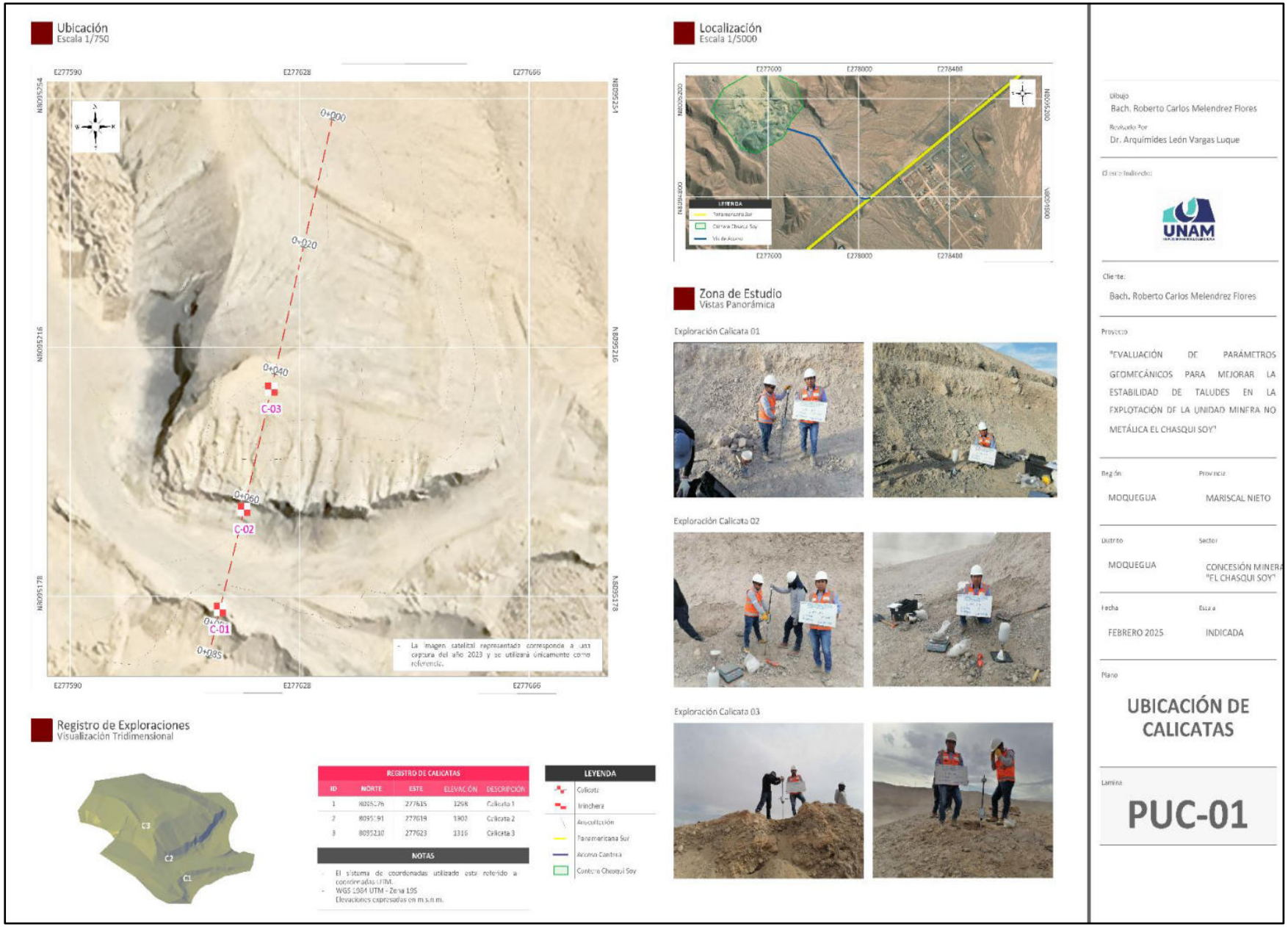
Variable	Indicadores	Definición	Método de Medición	Instrumentos/Procedimientos	Numérica/Categórica	Unidad de Medición
Variable 1: Parámetros geotécnicos	Cohesión	Resistencia interna del material a la deformación por esfuerzos de corte.	Ensayo de laboratorio basados en la clasificación SUCS.	Recolección de muestras en calicatas (C-01, C-02, C-03). Determinación de la humedad natural, granulometría y límites de Atterberg. Clasificación del suelo mediante sistemas SUCS y AASHTO. Estimación de la cohesión mediante correlaciones geotécnicas basadas en los resultados de granulometría, consistencia y clasificación del suelo, de acuerdo con valores de referencia reportados en literatura especializada.	Numérica	kPa (kilo pascales)
	Ángulo de fricción interna	Ángulo en que el material resiste la descomposición por esfuerzos de corte.	Estimación mediante ensayos de laboratorio y clasificación SUCS.	Análisis granulométrico y límites de Atterberg para caracterizar la estructura del suelo. Clasificación SUCS y AASHTO para identificar grupos de comportamiento mecánico. Determinación del ángulo de fricción interna mediante correlaciones geotécnicas para suelos de tipo GW-GC, GW-GM y GC-GM, sustentadas en tablas de referencia geotécnica.	Numérica	Grados (°)
	Peso específico natural	Peso por unidad de volumen del material en su estado natural.	Ensayos de laboratorio y mediciones in situ.	Ensayos de densidad y peso unitario del suelo en laboratorio utilizando balanza de precisión y recipiente de volumen conocido, complementado con mediciones in situ en calicatas mediante método del Proctor Modificado para determinar densidad seca máxima y humedad optima.	Numérica	kN/m³
Variable 2: Estabilidad de Taludes	Factor de Seguridad	Índice que mide la estabilidad de un talud en función de las fuerzas actuantes.	Cálculo del Factor de Seguridad (FS) mediante modelación numérica.	Modelamiento numérico en Slide 6.0 utilizando métodos de equilibrio limite (Bishop, Janbu, Fellenius y Morgenstern-Price) para condiciones estáticas y pseudostaticas. Validación comparativa mediante modelación en Plaxis 2D para análisis por elementos finitos.	Numérica	Adimensional

Nota. Elaboración propia basada en ensayos de laboratorio de muestras obtenidas en calicatas (C-01, C-02, C-03) y análisis numérico con Slide 6.0 y Plaxi

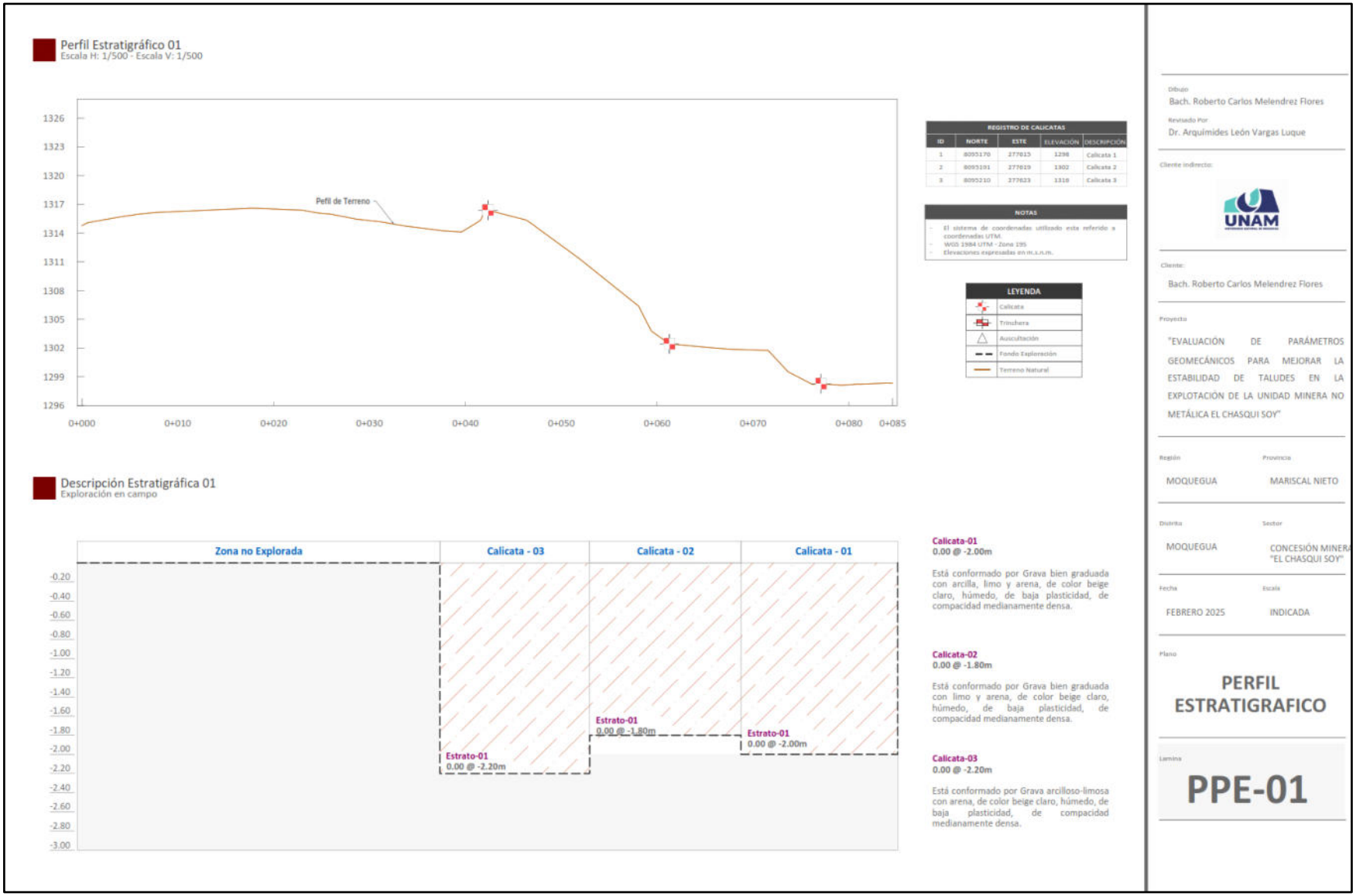
Anexo 03: Plano topográfico del talud en la Unidad Minera No Metálica "El Chasqui Soy"



Anexo 04: Plano con registro de exploraciones con la ubicación de las calicatas



Anexo 05: Plano con el Perfil Estratigráfico del talud



Anexo 06: Descripción visual del suelo en calicatas

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Calle Ica Nro 545 - El Siglo
MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
Telefono : 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com
luciamerlyampuero@gmail.com

INFORME No.: A25-001
Fecha emisión: 25/03/25

REGISTRO DE CALICATA No. 1

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY

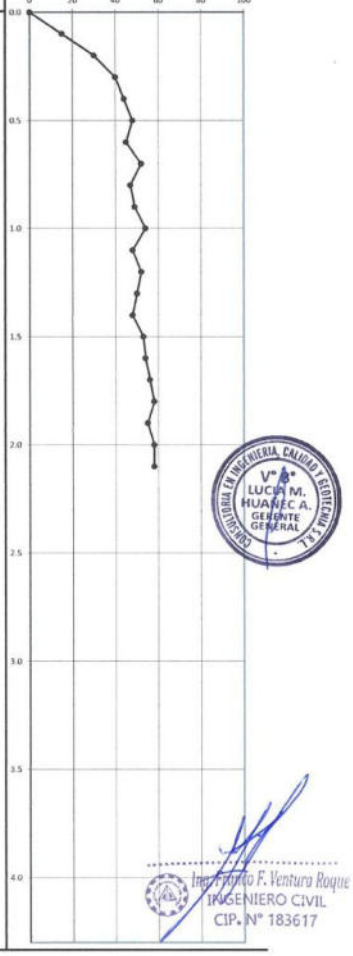
Ubicación: MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA — Cliente : UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

DATOS DEL SOLICITANTE:

Solicitante: BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES — Teléfono: 947 686 472

Encargado : BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES — Email: 09.roberto.melendrez@gmail.com

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR DEL ESTRATO (m)	CLASIFICACION SUCS	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO NTP 339.150	N_{60}	Correlación N SPT
0.00	2.00	GW GC	E1		Grava bien graduada con arcilla, limo y arena , de color beige claro, parcialmente humeda, de baja plasticidad, de compacidad media y presencia de bolonería aislada de TM 25in. En un 10%	-	
0.10						15	
0.20						30	
0.30						40	64
0.40						44	
0.50						48	
0.60						45	102
0.70						52	
0.80						47	
0.90						49	111
1.00						54	
1.10						48	
1.20						52	115
1.30						50	
1.40						48	
1.50						53	113
1.60						54	
1.70						56	
1.80						58	126
1.90						55	
2.00						58	
2.10						58	128
2.20						-	
2.30						-	
2.40						-	0
2.50						-	
2.60						-	
2.70						-	0
2.80						-	
2.90						-	
3.00						-	0
3.10						-	
3.20						-	
3.30						-	0
3.40						-	
3.50						-	
3.60						-	0
3.70						-	
3.80						-	
3.90						-	0
4.00						-	
4.10						-	
4.20						-	0
4.30						-	



Observaciones

Elaborado por: C.F.Apaza.M.

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Calle Ica Nro 545 - El Siglo
MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
Telefono : 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com
luciamerlyampuero@gmail.com

INFORME No.: A25-001-002
Fecha emisión: 25/03/25

REGISTRO DE CALICATA No. 2

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY

Ubicación: MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

Cliente : UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

DATOS DEL SOLICITANTE:

Solicitante: BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

Teléfono: 947 686 472

Encargado : BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

Email: 09.roberto.melendrez@gmail.com

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR DEL ESTRATO (m)	CLASIFICACION SUCS	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO NTP 339.150	N_{spt}	Correlación N SPT
0.00	1.80	GW GM	E1		Grava bien graduada con limo y arena , de color beige claro, parcialmente humeda, de baja plasticidad, de compacidad media.	-	
0.10						20	
0.20						23	
0.30						30	55
0.40						33	
0.50						37	
0.60						42	84
0.70						44	
0.80						46	
0.90						48	103
1.00						50	
1.10						48	
1.20						47	108
1.30						44	
1.40						48	
1.50						50	106
1.60						52	
1.70						54	
1.80						50	117
1.90						-	
2.00						-	
2.10						-	0
2.20						-	
2.30						-	
2.40						-	0
2.50						-	
2.60						-	
2.70						-	0
2.80						-	
2.90						-	
3.00						-	0
3.10						-	
3.20						-	
3.30						-	0
3.40						-	
3.50						-	
3.60						-	0
3.70						-	
3.80						-	
3.90						-	0
4.00						-	
4.10						-	
4.20						-	0
4.30						-	

ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA



Observaciones

Elaborado por: C.F. Apaza.M.

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Calle Ica Nro 545 - El Siglo
MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
Telefono : 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com
luciamerlyampuero@gmail.com

INFORME No.: A25-001-003
Fecha emisión: 25/03/25

REGISTRO DE CALICATA No. 3

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY

Ubicación: MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
Cliente : UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

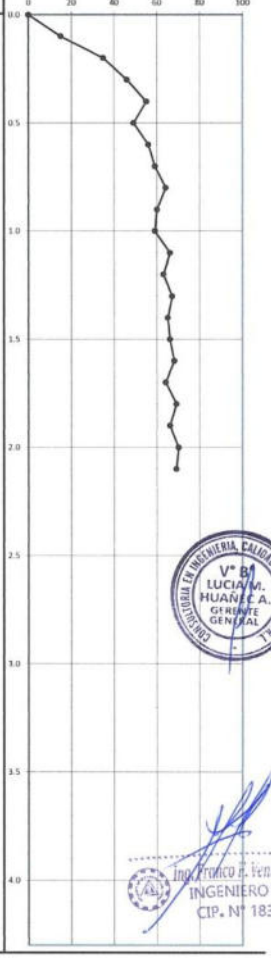
DATOS DEL SOLICITANTE:

Solicitante: BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES
Teléfono: 947 686 472

Encargado : BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES
Email: 09.roberto.melendrez@gmail.com

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR DEL ESTRATO (m)	CLASIFICACION SUCS	ESTRATO	SIMBOLOGIA GRAFICA	DESCRIPCION VISUAL DEL SUELO NTP 339.150	N_{del}	Correlación N SPT
0.00	2.20	GC GM	E1		Grava limoso-arcilloso con arena , de color beige claro, parcialmente humeda, de baja plasticidad, de compacidad media.	-	
0.10						15	
0.20						35	
0.30						46	72
0.40						55	
0.50						49	
0.60						56	120
0.70						59	
0.80						64	
0.90						60	137
1.00						59	
1.10						66	
1.20						63	141
1.30						67	
1.40						65	
1.50						66	148
1.60						68	
1.70						64	
1.80						69	150
1.90						66	
2.00						70	
2.10						69	153
2.20						-	
2.30						-	
2.40						-	0
2.50						-	
2.60						-	
2.70						-	0
2.80						-	
2.90						-	
3.00						-	0
3.10						-	
3.20						-	
3.30						-	0
3.40						-	
3.50						-	
3.60						-	0
3.70						-	
3.80						-	
3.90						-	0
4.00						-	
4.10						-	
4.20						-	0
4.30						-	

ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA



V° B°
LUCIA M. HUAÑEC A.
GERENTE GENERAL

Ing. Franco E. Ventura Roque
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

Observaciones

Elaborado por: C.F.Apaza.M.

Anexo 07: Resultados de ensayos realizados en laboratorio

Informe N°:	A25-001-01
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	1 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	**MUESTREADO:**	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	**FECHA:**	25/01/2025
CALICATA:	C-01	**CODIGO:**	1
ESTRATO:	E-01	**PRESENTACION:**	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	**ID LAB:**	MU25-001
COORDENADAS:	277615 - 8095176	**RECEPCION:**	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	**CANTIDAD:**	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

V°B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS:

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado	Especificacion
Informe N°: A25-001-001.002	METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO	NTP 339.128 - ASTM D6913M-17	Porcentaje pasante tamiz (%): 3 in. 100.00 / 2 in. 95.19 / 1 1/2 in. 86.47 / 1 in. 76.06 / 3/4 in. 70.18 / 3/8 in. 61.73 / No. 4 54.30 / No. 10 45.00 / No. 20 35.19 / No. 40 26.46 / No. 60 21.87 / No. 100 17.16 / No. 140 14.29 / No. 200 11.88	-
Informe N°: A25-001-01.003	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	NTP 339.129 - ASTM D4318-17	Limite Liquido (LL): 22 / Indice de Plasticidad (IP): 18 / Indice de Plasticidad (IP): 4	-
Informe N°: A25-001-001.004a	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)	ASTM D2487-17e1	Grava bien graduada con arcilla y limo co GW GC	-
Informe N°: A25-001-001.004b	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	ASTM D3282-24	Fragmentos de roca, grava y arena A-1-a	-
Informe N°: A25-001-001.005a	ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	ASTM D1557 - 12e1	Peso Unitario Maximo (kN/m3) 20.52 / Peso Unitario Maximo Corregido (kN/m3) 21.28 / Optimo Contenido de Humedad(%) 7.1 / Optimo Contenido de Humedad Corregida (%) 5.7	-
Informe N°: A25-001-01.005b	METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA	ASTM D854	Grav.esp. aparente del suelo Gs 2.60	-

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-01
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	2 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

Continuacion

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado		Especificacion
Informe N°: A25-001-001.006	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	ASTM D1556	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%) Densidad Humeda (g/cm3) Densidad seca (g/cm3) Peso Unitario seco (KN/m3)	2.1 1.944 1.904 18.67	-
Informe N°: A25-001-001.007	ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO	ASTM D4253-ASTM D4254	Densidad Máxima Promedio (g/cm3) Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3) Densidad Mínima Promedio (g/cm3) Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)	2.138 20.97 1.686 16.54	-
Informe N°: A25-001-001.008	ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS	NTP 339.175		Sin saturar / Saturado	-
			Valor de soporte 0.1 in. (%	20.0 / 3.0	
			Valor de soporte 0.2 in. (%	30.6 / 7.8	
			Modulo Resilente:	13201 / 4500	
			Modulo Elastico (kg)cm²):	196.60 / 29.49	
			Expansion (%)	- / 0.00	
Informe N°: A25-001-001.009	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL	NTP 339.159	Angulo de friccion (Ø): Cohesion (C):	29.12° 4.48kg/cm2	-

----------Fin del Documento----------

V° B° LUCIA M. HUAÑEC A. GERENTE GENERAL
CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS Y ROCA
(NTP 339.128 – ASTM D2216-19)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-001.001	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 1

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	**MUESTREADO:**	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	**FECHA:**	25/01/2025
CALICATA:	C-01	**CODIGO:**	1
ESTRATO:	E-01	**PRESENTACION:**	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	**ID LAB:**	MU25-001
COORDENADAS:	277615 - 8095176	**RECEPCION:**	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	**CANTIDAD:**	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

RESULTADOS:

Tamaño Maximo:	2in	Metodo usado :	A
Temperatura de secado:	110 ± 5°C	Cantidad de material en capas:	1
Masa minima requerida:	5000 g	Material excluido de la muestra de ensayo:	Ninguno

Contenido de Humedad				
N° de Tara	C-1	-	-	-
Masa de la Tara (g)	272	-	-	-
Masa de la Tara+muestra humedad (g)	5704	-	-	-
Masa de la Tara+muestra seca 1 (g)	5596	-	-	-
Masa de la Tara+muestra seca 2 (g)	5596	-	-	-
Masa del agua (g)	108	-	-	-
Masa de la muestra seca (g)	5324	-	-	-
Contenido de Humedad (%)	2	-	-	-
% Humedad promedio:	2			

CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L
V° B°
LUCIA M. HUAÑEC A.
GERENTE GENERAL

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO (NTP 339.128 - ASTM D6913M-17)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-001.002	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 1

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	**MUESTREADO:**	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	**FECHA:**	25/01/2025
CALICATA:	C-01	**CODIGO:**	1
ESTRATO:	E-01	**PRESENTACION:**	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	**ID LAB:**	MU25-001
COORDENADAS:	277615 - 8095176	**RECEPCION:**	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	**CANTIDAD:**	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

V° B° LUCIA M. HUAÑEC A. GERENTE GENERAL

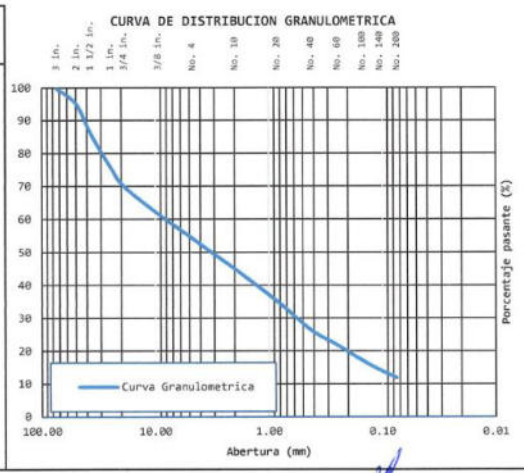
RESULTADOS:

Tamaño Maximo:	2in	Metodo usado :	A
Preparacion:	Humedo	Procesamiento:	Tamizado compuesto (separacion 3/4 in. y No. 4)
Masa minima requerida:	25000 g	Clasificacion visual:	Grava bien graduada con arcilla y limo con arena

Tamiz de separacion:	3/4 in.	No. 4	-
Fraccion gruesa retenida seca (g):	9722	453	-
Fraccion fina pasante humeda (g):	24250	1664	101.60
Humedad fraccion fina pasante (%):	6	7.4	7.4
Fraccion fina pasante seca (g):	22877	1549.3	94.6
Masa inicial seca (g):	32599	2002.3	94.6

Gravas (4.75mm-75mm):	45.7 %
Arenas (0.075mm-4.75mm):	42.4 %
Limos Arcillas (<0.075mm):	11.9 %
A. Gruesa (4.75mm-2.00mm):	9.3 %
A. Media (2.00mm-0.425mm):	18.5 %
A. Fina (0.425mm-0.075mm):	14.6 %

Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Pasante (%)
3 in.	75.00	0.00	100
2 in.	50.00	4.81	95
1 1/2 in.	37.50	8.72	86
1 in.	25.00	10.41	76
3/4 in.	19.00	5.88	70
3/8 in.	9.50	8.45	62
No. 4	4.75	7.43	54
No. 10	2.00	9.30	45
No. 20	0.85	9.82	35
No. 40	0.43	8.72	26
No. 60	0.25	4.59	22
No. 100	0.15	4.71	17
No. 140	0.11	2.87	14
No. 200	0.08	2.41	12



Observaciones:

* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ensayado por:

CICG S.R.L
Kevin C. Calizaya Valdez
JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Ing. Franco F. Ventura Roque
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

Consultoria en Ingenieria Calidad y Geotecnia S.R.L
Calle Ica Nro 545 - El Siglo Telefono: 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (NTP 339.129 - ASTM D4318-17)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-01.003	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 1

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-01	CODIGO:	1
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	ID LAB:	MU25-001
COORDENADAS:	277615 - 8095176	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	CANTIDAD:	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

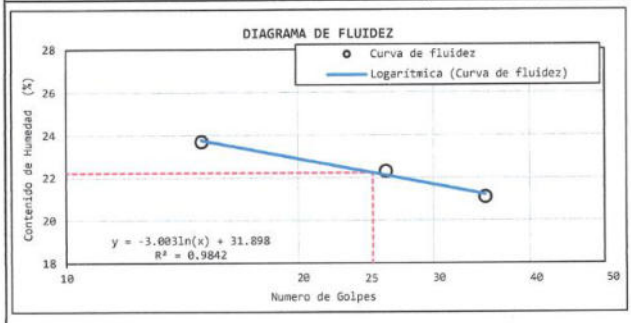
RESULTADOS:

Tamaño Maximo:	2in	Metodo usado :	A
Temperatura de secado:	110 ± 5°C	Equipo para Limite Plastico:	Manual
Lavado en:	Tamiz No.40	Equipo para Limite Liquido:	Manual

CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L. V° B° LUCIA M. HUAÑEC A. GERENTE GENERAL

Ranurador: Plastico	Agua mezcla: Destilada	Ret. No.40: 73.54%	clasficacion SUCS:

Limites de Consistencia	Limite Liquido				Limite Plastico	
N° de Tara	1	2	3	-	1	2
Masa de la Tara (g)	47.8	44.5	43.8	-	23.2	26
Masa de la Tara+muestra humedad (g)	70.8	68.1	69.3	-	30.9	32.6
Masa de la Tara+muestra seca 1 (g)	66.4	63.8	64.85	-	29.78	31.6
Masa del agua (g)	4.4	4.3	4.45	-	1.12	1.00
Masa de la muestra seca (g)	18.6	19.3	21.05	-	6.58	5.6
Contenido de Humedad (%)	23.70	22.30	21.10	-	17.00	17.90
Numero de Golpes	15	26	35	-	Promedio:	17.50



LIMITES DE CONSISTENCIA	
Limite Liquido (LL):	22
Limite Plastico (LP):	18
Indice de Plasticidad (IP):	4

INFORMACION COMPLEMENTARIA	
Indice de Liquidez (IL):	-4.0
Indice de Compresion (Cc):	-
Consistencia Relativa (CR):	-

Observaciones:

* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ensayado por:
CICG S.R.L
Kevin C. Calizaya Valdez
JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:
Ing. Franco F. Ventura Roque
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

Consultoria en Ingenieria Calidad y Geotecnia S.R.L
Calle Ica Nro 545 - El Siglo Telefono: 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com

PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) (ASTM D2487-17e1)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-001.004a	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 1

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

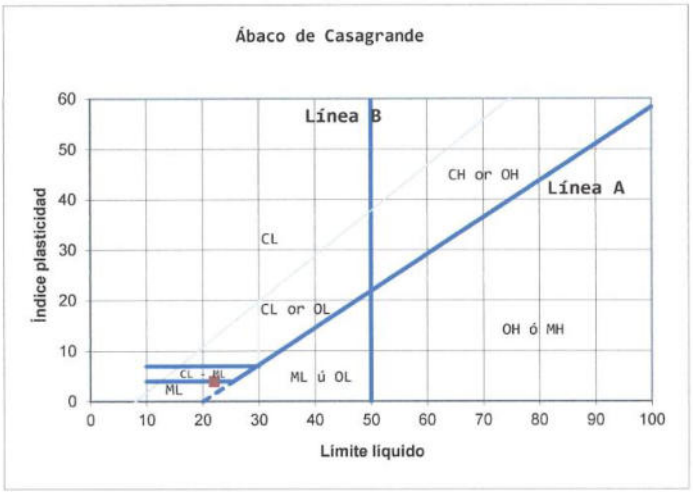
SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-01	CODIGO:	1
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	ID LAB:	MU25-001
COORDENADAS:	277615 - 8095176	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	CANTIDAD:	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

RESULTADOS:

Tamiz ASTM	% Que Pasa
3 in.	100
2 in.	95
1 1/2 in.	86
1 in.	76
3/4 in.	70
3/8 in.	62
No. 4	54
No. 10	45
No. 20	35
No. 40	26
No. 60	22
No. 100	17
No. 140	14
No. 200	12



D60:	8.28
D30:	0.72
D10:	0.06
Cu:	131.12
Cc:	1.00
LL:	22
LP:	18
IP:	4

% Grava: 45.70 % Arena: 42.42 % Finos: 11.88

Clasificacion:

- Simbolo:

GW GC

- Nombre local:

Grava bien graduada con arcilla y limo con arena

V° B°
LUCIA M. HUAÑEC A.
GERENTE GENERAL

Observaciones:

* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ensayado por:

Kevin C. Calizaya Valdez
JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Ing. Franco F. Ventura Roque
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

Consultoria en Ingenieria Calidad y Geotecnia S.R.L
Calle Ica Nro 545 - El Siglo Telefono: 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com

PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (ASTM D3282-24)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-001.004b	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 1

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

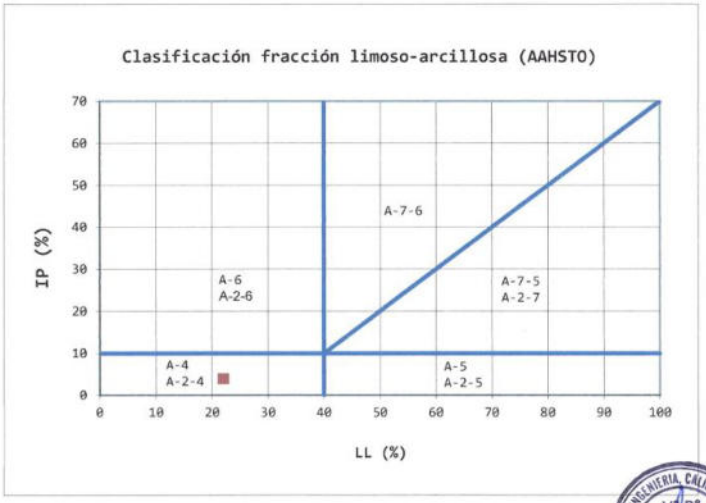
SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	**MUESTREADO:**	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	**FECHA:**	25/01/2025
CALICATA:	C-01	**CODIGO:**	1
ESTRATO:	E-01	**PRESENTACION:**	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	**ID LAB:**	MU25-001
COORDENADAS:	277615 - 8095176	**RECEPCION:**	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	**CANTIDAD:**	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

RESULTADOS:

Tamiz ASTM	% Que Pasa
3 in.	100
2 in.	95
1 1/2 in.	86
1 in.	76
3/4 in.	70
3/8 in.	62
No. 4	54
No. 10	45
No. 20	35
No. 40	26
No. 60	22
No. 100	17
No. 140	14
No. 200	12



D60:	8.28
D30:	0.72
D10:	0.06
Cu:	131.12
Cc:	1.00
LL:	22
LP:	18
IP:	4

% Grava: 45.70 % Arena: 42.42 % Finos: 11.88

Clasificacion:

- Clasificacion de grupo: **A-1-a**
- Clasificacion como sub razante: **Excelente a bueno como subgrado**
- Clasificacion general: **Fragmentos de roca, grava y arena**
- Indice de Grupo: **IG:0**

V° B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

Observaciones:

* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ensayado por:

CICG S.R.L
Kevin C. Calizaya Valdez
JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Ing. Franco F. Ventura Roque
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

Consultoria en Ingenieria Calidad y Geotecnia S.R.L
Calle Ica Nro 545 - El Siglo Telefono: 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com

ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (ASTM D1557 - 12e1)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-001.005a	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 2

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY

UBICACIÓN: Concesión Minera "El Chasqui Soy" **CLIENTE:** BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA **TELEFONO:** 947686472

ENCARGADO: BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES **EMAIL:** 09.roberto.melendrez@gmail.com

Descripción de la muestra: Grava bien graduada con arcilla y limo con arena

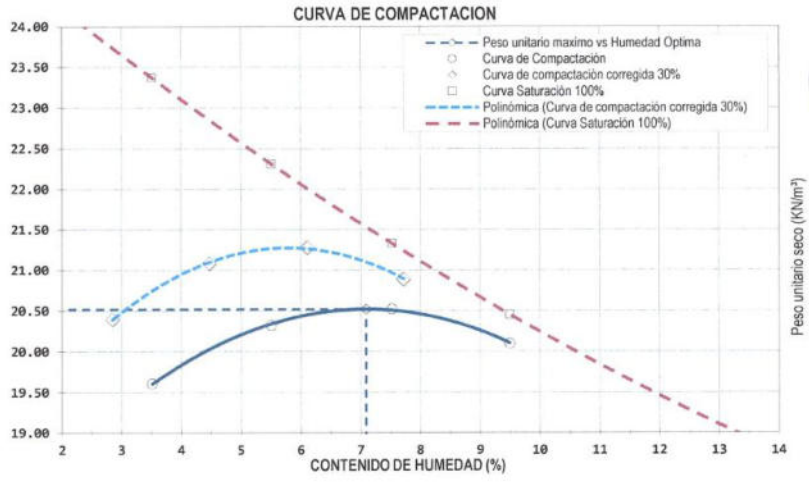
Método Usado: C de preparación de la muestra: Húmeda: X Seca (aire): -

Tipo de pisón: Mecánico: - Manual: X Masa Molde (g): 6401 Volumen Molde (cm3): 2130

Tamiz de separación: 3/4 in. Gravedad especifica aparente solidos: 2.60

Corrección por sobretamaño ASTM 4718: % Partículas de sobretamaño Pc: 30.00 Gravedad especifica (Secado al horno) SH: 2.55

Prueba No.	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	-
Masa Molde + Suelo Húmedo Compactado (g)	10,810	11,058	11,194	11,181	-
Masa suelo húmedo compactado (g)	4409	4657	4793	4780	-
Densidad humeda (g/cm³)	2.07	2.19	2.25	2.24	-
Recipiente N°	10	15	1	4	-
Masa recipiente + suelo húmedo (g)	2974.0	2957.0	2998.0	3011.0	-
Masa recipiente + suelo seco (g)	2879.0	2812.0	2801.0	2766.0	-
Masa recipiente (g)	172.0	178.0	182.0	186.0	-
Contenido de Humedad (%)	3.5	5.5	7.5	9.5	-
Densidad seca (g/cm³)	2.00	2.07	2.09	2.05	-
Peso unitario seco (kN/m³)	19.61	20.32	20.52	20.10	-



V°B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

Densidad max. seca frac. fina (pmaxF) (g/cm³)	2.092
Densidad max. seca corregida (pmaxc) (g/cm³)	2.170
Peso unitario fraccion fina (pmaxF) kN/m³)	20.52
Peso unitario maximo corregido (pmaxc) (kN/m³)	21.28

Humedad optima fracción fina (pmaxF) (%): 7.1

Humedad optima corregida (pmaxc) (%): 5.7

Observaciones:

* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ensayado por:

CICG S.R.L
Kevin C. Calizaya Valdez
JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Ing. Franco F. Ventura Roque
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA (ASTM D854)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-01.005b	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 2 de 2

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY

UBICACIÓN: Concesión Minera "El Chasqui Soy" **CLIENTE:** BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA **TELEFONO:** 947686472

ENCARGADO: BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES **EMAIL:** 09.roberto.melendrez@gmail.com

METODO PARA LA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127

Muestra:	>3/4 in.	> No. 4
Masa del recipiente (g)	0	0
Temperatura del agua de ensayo (°C)	23	23
Masa del recipiente + sólidos del suelo saturados y de superfi	8636	3209
Masa de sólidos del suelo saturados y de superficie seca (g)	8636	3209
Recipiente sumergido N°	-	-
Masa del recipiente sumergido en agua (g)	0	0
Masa del recipiente + sólidos del suelo saturados y sumergidos	5300	1956
Masa de sólidos del suelo saturados y sumergidos en agua (g)	5300	1956
Masa del agua desalojada (g)	3336	1253
Masa del recipiente + sólidos del suelo (g)	8520	3166
Masa de los sólidos del suelo (g)	8520	3166
% Absorcion	1.4	1.4
Coeficiente de temperatura K a temperatura de ensayo	0.999	0.999
Gravedad especifica aparente de los sólidos del suelo	2.64	2.61
Gravedad especifica (SH)	2.55	2.53

METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA ASTM D854

Método de prueba: A - B X Muestra: < No. 4

Picnometro N°	1
Masa del picnometro (g)	0
Masa del picnometro + sólidos del suelo (g)	60
Masa del picnometro + sólidos del suelo + agua a temperatura de ensayo (g)	710.6
Temperatura de ensayo, (°C)	22
Masa del picnometro + agua a temperatura de ensayo (g)	673.7
Recipiente N°	-
Masa del recipiente (g)	-
Masa del recipiente + sólidos del suelo (g)	-
Masa de los sólidos del suelo (g)	60
Coeficiente de temperatura K a temperatura de ensayo	0.999
Gravedad especifica aparente de los sólidos del suelo a 20°C	2.59
Material < malla No. 4 (%)	70.2
Material > malla No. 4 (%)	29.8
Gs material > malla No 4 a 20 °C	2.61
Gravedad específica aparente promedio del suelo	2.60

CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L. V° B° LUCIA M. HUAÑEC A. GERENTE GENERAL

Observaciones:

* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ensayado por:

CICG S.R.L
Kevin C. Calizaya Valdez
JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Ing. Franco F. Ventura Roque
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA (ASTM D1556/D1556M-15e1)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-001.006	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 1

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY

UBICACIÓN: Concesión Minera "El Chasqui Soy" **CLIENTE:** BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA **TELEFONO:** 947686472

ENCARGADO: BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES **EMAIL:** 09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DEL ENSAYO:

Ensayo N°	P 1	-	-	-
N° de Capa	Fundacion	-	-	-
Espesor de Capa	-	-	-	-
Ubicación (cm)	C-01	-	-	-
Tipo de estructura	Talud de terreno	-	-	-
EJECUCION DE ENSAYO:				
Masa inicial de cono y arena (g)	7,230.00	-	-	-
Masa final de cono y arena (g)	3,604.00	-	-	-
Masa del cono de Correccion (g)	1,553.00	-	-	-
Densidad de Arena calibrada (g/cm3)	1.332	-	-	-
Masa de arena en el orificio (g)	2,073.00	-	-	-
Volumen del orficio (cm3)	1,556.31	-	-	-
Tamiz de separacion	3/4 in.	-	-	-
Masa de Grava de sobretamaño	912.00	-	-	-
Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%)	2.10	-	-	-
Gravedad Especifica (Gs)	2.552	-	-	-
Grava de sobretamaño (%)	30.15	-	-	-
Densidad Seca Frac. Fina ensayo proctor (KN/m3)	2.092	-	-	-
Peso Unitario seco Frac. Fina ensayos proctor (KN/m3)	20.52	-	-	-
Densidad Humeda (g/cm3)	1.944	-	-	-
Densidad seca (g/cm3)	1.904	-	-	-
RESULTADOS:				
Peso Unitario seco (KN/m3)	18.67	-	-	-
Peso Unitario seco Corregido ensayo Proctor(KN/m3)	21.69	-	-	-
Grado de Compactacion (%)	86.05	-	-	-

CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L
V° B°
LUCIA M. HUAÑEC A.
GERENTE GENERAL

Observaciones:

* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ensayado por:

CICG S.R.L
Kevin C. Calizaya Valdez
JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Ing. Franco F. Ventura Roque
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

Consultoria en Ingenieria Calidad y Geotecnia S.R.L
Calle Ica Nro 545 - El Siglo Telefono: 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com

ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO (NTP 339.137 NTP 339.138)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-001.007	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 1

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	**MUESTREADO:**	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	**FECHA:**	25/01/2025
CALICATA:	C-01	**CODIGO:**	1
ESTRATO:	E-01	**PRESENTACION:**	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	**ID LAB:**	MU25-001
COORDENADAS:	277615 - 8095176	**RECEPCION:**	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	**CANTIDAD:**	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

RESULTADOS:

DENSIDAD MAXIMA (ASTM D4253)

Masa del Molde Vacío (g):	22,140	22,140	22,140
Diámetro del molde Vacío (cm):	28.010	28.010	28.010
Altura del Molde Vacío (cm) :	23.010	23.010	23.010
Masa del molde y Suelo (g):	46,020	46,050	46,080
Promedio de lectura de medición inicial del Dial (cm):	0.00	0.00	0.00
Promedio de lectura de medición Final del Dial (cm):	3.660	3.710	3.680
Espesor del marca del plato base (cm):	1.180	1.180	1.180
Volumen (cm^3)	11196.2	11165.4	11183.9
Densidad Máxima (g/cm^3)	2.133	2.141	2.141
Densidad Máxima Promedio (g/cm^3)		**2.138**	
Peso Unitario Máximo (kN/m^3)	20.92	21.00	20.99
Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m^3)		**20.97**	

DENSIDAD MINIMA (ASTM D4254)

Masa del Molde Vacío (g):	22,140	22,140	22,140
Diámetro del molde Vacío (cm):	28.010	28.010	28.010
Altura del Molde Vacío (cm) :	23.010	23.010	23.010
Masa del molde y Suelo (g):	46,020	46,050	46,080
Volumen (cm^3)	14,179	14,179	14,179
Densidad Minima (g/cm^3)	1.684	1.686	1.688
Densidad Mínima Promedio (g/cm^3)		**1.686**	
Peso Unitario Mínimo (kN/m^3)	16.52	16.54	16.56
Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m^3)		**16.54**	

V° B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Consultoria en Ingeniería Calidad y Geotecnia S.R.L
Calle Ica Nro 545 - El Siglo Telefono: 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com

ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS (NTP 339.175)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-001.008	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 1

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

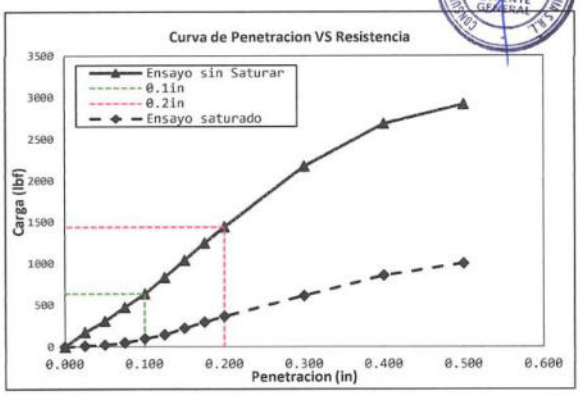
MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-01	CODIGO:	1
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	ID LAB:	MU25-001
COORDENADAS:	277615 - 8095176	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	CANTIDAD:	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

RESULTADOS:

Forma de ensayo:	Metodo de preparacion:		Condicion de la muestra:	Densidad determinada por:
In situ ☐	Inalterado ☐	Reconstituido ☐	Sin saturar ☐	NTP 339.143 ☑
Laboratorio ☑	Remoldeado ☑		Saturada ☑	NTP 339.139 ☐

Densidad Seca inicial(g/cm³):	1.828
Densidad Seca final (g/cm³):	1.883
Contenido humedad inicial (%	3.5
Contenido humedad final (%	14.9

Penetración		Sin Saturar	Saturado
Pulg.	mm	Carga (lbf)	Carga (lbf)
0.000	0.000	0.0	0.0
0.025	0.635	172.0	11.5
0.050	1.270	306.4	22.5
0.075	1.910	474.0	49.4
0.100	2.540	637.1	99.2
0.125	3.180	833.4	145.5
0.150	3.810	1038.4	222.7
0.175	4.450	1247.8	295.4
0.200	5.080	1441.8	366.0
0.300	7.620	2176.0	612.9
0.400	10.160	2687.4	857.6
0.500	12.700	2918.9	1003.1



Resultado	sin Saturar	Saturado
Relación valor de soporte 0.1 in. (%):	20.00	3.00
Relación valor de soporte 0.2 in. (%):	30.60	7.77
Modulo Resilente:	13201	4500
Modulo Elastico (kg)cm²):	196.60	29.49

Expansion (%)
0.00

Observaciones:

* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ensayado por:

CICG S.R.L
Kevin C. Calizaya Valdez
JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Ing. Lucia M. Huanec Aguilar
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

V°B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

Consultoria en Ingenieria Calidad y Geotecnia S.R.L
Calle Ica Nro 545 - El Siglo Telefono: 981912823 - 997660116
correo : gerencia@cicgperu.com

METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL (NTP 339.159)

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

Informe N°: A25-001-001.009	Fecha de Emision: 25/03/2025	Version: 0	Pagina : 1 de 1

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

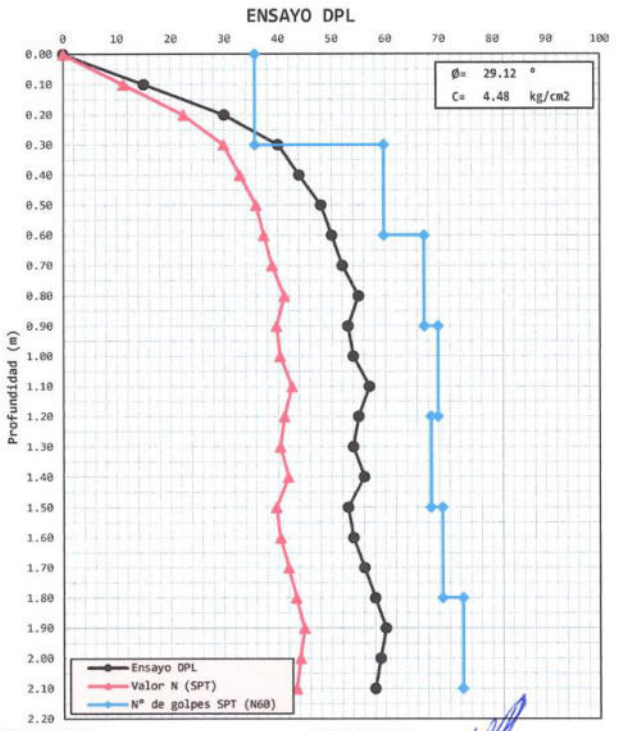
MATERIAL:	Material de fundacion	**MUESTREADO:**	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	**FECHA:**	25/01/2025
CALICATA:	C-01	**CODIGO:**	1
ESTRATO:	E-01	**PRESENTACION:**	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	**ID LAB:**	MU25-001
COORDENADAS:	277615 - 8095176	**RECEPCION:**	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	**CANTIDAD:**	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

V° B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

RESULTADOS:

Masa del martillo (kg):	10.00	Area de la punta (cm2):	4.71	Factor de correlacion:	0.7476
Altura de calida (cm):	50.00	Penetracion de hinca E (cm) :	10		

Profundidad (m)	N (dpl)	N (spt)	N° de golpes SPT (N60)
0.00	0	-	-
0.10	15	11	
0.20	30	22	
0.30	40	30	36
0.40	44	33	
0.50	48	36	
0.60	50	37	60
0.70	52	39	
0.80	55	41	
0.90	53	40	68
1.00	54	40	
1.10	57	43	
1.20	55	41	70
1.30	54	40	
1.40	56	42	
1.50	53	40	69
1.60	54	40	
1.70	56	42	
1.80	58	43	71
1.90	60	45	
2.00	59	44	
2.10	58	43	75
2.20		-	



Observaciones:

* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ensayado por:

CICG S.R.L
Kevin C. Calizaya Valdez
JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Ing. Franco F. Ventura Roque
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-02
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	1 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-01	CODIGO:	2
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	ID LAB:	MU25-002
COORDENADAS:	277615 - 8095176	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	CANTIDAD:	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L. V°B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS:

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado				Especificacion
Informe N°: A25-001-002.002	METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO	NTP 339.128 - ASTM D6913M-17	Porcentaje pasante tamiz (%):				-
			3 in.	100.00	No. 10	37.42	
			2 in.	89.93	No. 20	29.60	
			1 1/2 in.	81.98	No. 40	22.66	
			1 in.	72.57	No. 60	18.86	
			3/4 in.	67.43	No. 100	15.07	
			3/8 in.	56.81	No. 140	12.50	
			No. 4	48.57	No. 200	10.50	
Informe N°: A25-001-02.003	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	NTP 339.129 - ASTM D4318-17	Limite Liquido (LL):			22	-
			Indice de Plasticidad (IP):			18	
			Indice de Plasticidad (IP):			4	
Informe N°: A25-001-002.004a	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)	ASTM D2487-17e1	Grava bien graduada con arcilla y limo co			GW GC	-
Informe N°: A25-001-002.004b	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	ASTM D3282-24	Fragmentos de roca, grava y arena			A-1-a	-
Informe N°: A25-001-002.005a	ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	ASTM D1557 - 12e1	Peso Unitario Maximo (kN/m3)			20.53	-
			Peso Unitario Maximo Corregido (kN/m3)			21.28	
			Optimo Contenido de Humedad(%)			7.2	
			Optimo Contenido de Humedad Corregida (%)			5.7	
Informe N°: A25-001-02.005b	METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA	ASTM D854	Grav.esp. aparente del suelo Gs			2.60	-

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-02
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	2 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

Continuacion

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado		Especificacion
Informe N°: A25-001-002.006	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	ASTM D1556	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%)	2.6	-
			Densidad Humeda (g/cm3)	1.939	
			Densidad seca (g/cm3)	1.890	
			Peso Unitario seco (KN/m3)	18.53	
Informe N°: A25-001-002.007	ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO	ASTM D4253-ASTM D4254	Densidad Máxima Promedio (g/cm3)	2.123	-
			Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3)	20.82	
			Densidad Mínima Promedio (g/cm3)	1.681	
			Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)	16.49	
Informe N°: A25-001-002.008	ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS	NTP 339.175		Sin saturar / Saturado	-
			Valor de soporte 0.1 in. (%	20.0 / 3.0	
			Valor de soporte 0.2 in. (%	30.5 / 7.4	
			Modulo Resilente:	13201 / 4500	
			Modulo Elastico (kg)cm²):	196.60 / 29.49	
			Expansion (%)	- / 0.00	
Informe N°: A25-001-002.009	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL	NTP 339.159	Angulo de friccion (Ø):	29.67°	-
			Cohesion (C):	4.56kg/cm2	

----------Fin del Documento----------

V°B° LUCIA M. HUAMEC A. GERENTE GENERAL
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-03
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	1 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-01	CODIGO:	3
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.00m	ID LAB:	MU25-003
COORDENADAS:	277615 - 8095176	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1298.275	CANTIDAD:	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

V°B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS:

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado				Especificacion
Informe N°: A25-001-003.002	METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO	NTP 339.128 - ASTM D6913M-17	Porcentaje pasante tamiz (%):				-
			3 in.	100.00	No. 10	37.91	
			2 in.	89.84	No. 20	30.15	
			1 1/2 in.	81.84	No. 40	23.68	
			1 in.	72.36	No. 60	19.85	
			3/4 in.	67.21	No. 100	16.13	
			3/8 in.	56.81	No. 140	13.55	
			No. 4	48.50	No. 200	11.45	
Informe N°: A25-001-03.003	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	NTP 339.129 - ASTM D4318-17	Límite Líquido (LL):			23	-
			Indice de Plasticidad (IP):			19	
			Indice de Plasticidad (IP):			4	
Informe N°: A25-001-003.004a	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)	ASTM D2487-17e1	Grava bien graduada con arcilla y limo co			GW GC	-
Informe N°: A25-001-003.004b	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	ASTM D3282-24	Fragmentos de roca, grava y arena			A-1-a	-
Informe N°: A25-001-003.005a	ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	ASTM D1557 - 12e1	Peso Unitario Maximo (kN/m3)			20.53	-
			Peso Unitario Maximo Corregido (kN/m3)			21.28	
			Optimo Contenido de Humedad(%)			7.3	
			Optimo Contenido de Humedad Corregida (%)			5.8	
Informe N°: A25-001-03.005b	METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA	ASTM D854	Grav.esp. aparente del suelo Gs			2.60	-

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-03
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	2 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

Continuacion

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado			Especificacion
Informe N°: A25-001-003.006	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	ASTM D1556	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%)		2.2	-
			Densidad Humeda (g/cm3)		1.936	
			Densidad seca (g/cm3)		1.895	
			Peso Unitario seco (KN/m3)		18.58	
Informe N°: A25-001-003.007	ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO	ASTM D4253-ASTM D4254	Densidad Máxima Promedio (g/cm3)		2.124	-
			Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3)		20.83	
			Densidad Mínima Promedio (g/cm3)		1.682	
			Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)		16.50	
Informe N°: A25-001-003.008	ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS	NTP 339.175		Sin saturar	Saturado	-
			Valor de soporte 0.1 in. (%	20.0	3.0	
			Valor de soporte 0.2 in. (%	30.5	7.5	
			Modulo Resilente:	13201	4500	
			Modulo Elastico (kg)cm²):	196.60	29.49	
			Expansion (%)	-	0.00	
Informe N°: A25-001-003.009	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL	NTP 339.159	Angulo de friccion (Ø):		29.56°	-
			Cohesion (C):		4.55kg/cm2	

----------Fin del Documento----------

V° B° LUCIA M. HUAÑEC A. GERENTE GENERAL
CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-04
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	1 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL *CHASQUI SOY*		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-02	CODIGO:	1
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-1.80m	ID LAB:	MU25-004
COORDENADAS:	277619 - 8095191	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1302.438	CANTIDAD:	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L. V° B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS:

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado				Especificacion
Informe N°: A25-001-004.002	METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO	NTP 339.128 - ASTM D6913M-17	Porcentaje pasante tamiz (%):				-
			3 in.	100.00	No. 10	35.00	
			2 in.	95.79	No. 20	24.88	
			1 1/2 in.	91.38	No. 40	17.39	
			1 in.	82.25	No. 60	13.44	
			3/4 in.	77.22	No. 100	9.66	
			3/8 in.	65.47	No. 140	8.06	
			No. 4	52.50	No. 200	5.95	
Informe N°: A25-001-04.003	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	NTP 339.129 - ASTM D4318-17	Límite Líquido (LL):			21	-
			Indice de Plasticidad (IP):			19	
			Indice de Plasticidad (IP):			2	
Informe N°: A25-001-004.004a	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)	ASTM D2487-17e1	Grava bien graduada con limo con arena			GW GM	-
Informe N°: A25-001-004.004b	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	ASTM D3282-24	Fragmentos de roca, grava y arena			A-1-a	-
Informe N°: A25-001-004.005a	ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	ASTM D1557 - 12e1	Peso Unitario Maximo (kN/m3)			20.77	-
			Peso Unitario Maximo Corregido (kN/m3)			21.48	
			Optimo Contenido de Humedad(%)			6.5	
			Optimo Contenido de Humedad Corregida (%)			5.6	
Informe N°: A25-001-04.005b	METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA	ASTM D854	Grav.esp. aparente del suelo Gs			2.60	-

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-04
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	2 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

Continuacion

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado			Especificacion
Informe N°: A25-001-004.006	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	ASTM D1556	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%)		2.7	-
			Densidad Humeda (g/cm3)		1.992	
			Densidad seca (g/cm3)		1.940	
			Peso Unitario seco (KN/m3)		19.02	
Informe N°: A25-001-004.007	ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO	ASTM D4253-ASTM D4254	Densidad Máxima Promedio (g/cm3)		2.146	-
			Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3)		21.04	
			Densidad Mínima Promedio (g/cm3)		1.718	
			Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)		16.84	
Informe N°: A25-001-004.008	ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS	NTP 339.175		Sin saturar	Saturado	-
			Valor de soporte 0.1 in. (%	27.0	11.0	
			Valor de soporte 0.2 in. (%	40.0	19.7	
			Modulo Resilente:	14499	14257	
			Modulo Elastico (kg)cm²):	265.41	108.13	
			Expansion (%)	-	0.00	
Informe N°: A25-001-004.009	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL	NTP 339.159	Angulo de friccion (Ø):		31.74°	-
			Cohesion (C):		4.88kg/cm2	

----------Fin del Documento----------

V°B° LUCIA M. HUAÑEC A. GERENTE GENERAL
CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-05
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	1 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	**MUESTREADO:**	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	**FECHA:**	25/01/2025
CALICATA:	C-02	**CODIGO:**	2
ESTRATO:	E-01	**PRESENTACION:**	Sacos
PROFUNDIDAD:	-1.80m	**ID LAB:**	MU25-005
COORDENADAS:	277619 - 8095191	**RECEPCION:**	25/01/2025
ELEVACION:	1302.438	**CANTIDAD:**	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L. V°B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS:

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado				Especificacion
Informe N°: A25-001-005.002	METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO	NTP 339.128 - ASTM D6913M-17	Porcentaje pasante tamiz (%):				-
			3 in.	100.00	No. 10	33.05	
			2 in.	95.38	No. 20	23.70	
			1 1/2 in.	93.27	No. 40	16.29	
			1 in.	82.89	No. 60	12.17	
			3/4 in.	75.14	No. 100	8.65	
			3/8 in.	60.34	No. 140	6.89	
			No. 4	47.59	No. 200	5.04	
Informe N°: A25-001-05.003	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	NTP 339.129 - ASTM D4318-17	Límite Líquido (LL):			21	-
			Indice de Plasticidad (IP):			19	
			Indice de Plasticidad (IP):			2	
Informe N°: A25-001-005.004a	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)	ASTM D2487-17e1	Grava bien graduada con limo con arena			GW GM	-
Informe N°: A25-001-005.004b	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	ASTM D3282-24	Fragmentos de roca, grava y arena			A-1-a	-
Informe N°: A25-001-005.005a	ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	ASTM D1557 - 12e1	Peso Unitario Maximo (kN/m3)			20.80	-
			Peso Unitario Maximo Corregido (kN/m3)			21.48	
			Optimo Contenido de Humedad(%)			6.3	
			Optimo Contenido de Humedad Corregida (%)			5.4	
Informe N°: A25-001-05.005b	METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA	ASTM D854	Grav.esp. aparente del suelo Gs			2.60	-

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-05
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	2 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

Continuacion

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado			Especificacion
Informe N°: A25-001-005.006	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	ASTM D1556	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%)		2.6	-
			Densidad Humeda (g/cm3)		2.013	
			Densidad seca (g/cm3)		1.962	
			Peso Unitario seco (KN/m3)		19.24	
Informe N°: A25-001-005.007	ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO	ASTM D4253-ASTM D4254	Densidad Máxima Promedio (g/cm3)		2.146	-
			Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3)		21.05	
			Densidad Mínima Promedio (g/cm3)		1.719	
			Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)		16.86	
Informe N°: A25-001-005.008	ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS	NTP 339.175		Sin saturar	Saturado	-
			Valor de soporte 0.1 in. (%	27.0	11.0	
			Valor de soporte 0.2 in. (%	39.3	19.3	
			Modulo Resilente:	14499	14257	
			Modulo Elastico (kg)cm²):	265.41	108.13	
			Expansion (%)	-	0.00	
Informe N°: A25-001-005.009	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL	NTP 339.159	Angulo de friccion (Ø):		29.37°	-
			Cohesion (C):		4.52kg/cm2	

----------Fin del Documento----------

V° B°
LUCIA M. HUAÑEC A.
GERENTE GENERAL
CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Cañizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-06
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	1 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-02	CODIGO:	3
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-1.80m	ID LAB:	MU25-006
COORDENADAS:	277619 - 8095191	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1302.438	CANTIDAD:	30 (2)
'OGRESIVA:	-		

V° B° LUCIA M. HUANCA A. GERENTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS:

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado	Especificacion
Informe N°: A25-001-006.002	METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO	NTP 339.128 - ASTM D6913M-17	Porcentaje pasante tamiz (%): 3 in. 100.00 / 2 in. 95.72 / 1 1/2 in. 93.64 / 1 in. 83.33 / 3/4 in. 75.59 / 3/8 in. 60.68 / No. 4 47.82 / No. 10 33.56 / No. 20 24.11 / No. 40 17.21 / No. 60 13.09 / No. 100 9.55 / No. 140 7.72 / No. 200 5.78	-
Informe N°: A25-001-06.003	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	NTP 339.129 - ASTM D4318-17	Límite Líquido (LL): 22 / Indice de Plasticidad (IP): 19 / Indice de Plasticidad (IP): 3	-
nforme N°: A25-001-006.004a	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)	ASTM D2487-17e1	Grava bien graduada con limo con arena GW GM	-
Informe N°: A25-001-006.004b	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	ASTM D3282-24	Fragmentos de roca, grava y arena A-1-a	-
Informe N°: A25-001-006.005a	ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	ASTM D1557 - 12e1	Peso Unitario Maximo (kN/m3) 20.80 / Peso Unitario Maximo Corregido (kN/m3) 21.48 / Optimo Contenido de Humedad(%) 6.3 / Optimo Contenido de Humedad Corregida (%) 5.4	-
Informe N°: A25-001-06.005b	METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA	ASTM D854	Grav.esp. aparente del suelo Gs 2.60	-

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-06
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	2 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

Continuacion

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado			Especificacion
Informe N°: A25-001-006.006	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	ASTM D1556	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%)		2.6	-
			Densidad Humeda (g/cm3)		2.013	
			Densidad seca (g/cm3)		1.962	
			Peso Unitario seco (KN/m3)		19.24	
Informe N°: A25-001-006.007	ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO	ASTM D4253-ASTM D4254	Densidad Máxima Promedio (g/cm3)		2.146	-
			Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3)		21.05	
			Densidad Mínima Promedio (g/cm3)		1.719	
			Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)		16.86	
Informe N°: A25-001-006.008	ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS	NTP 339.175		Sin saturar	Saturado	-
			Valor de soporte 0.1 in. (%	27.0	11.0	
			Valor de soporte 0.2 in. (%	39.3	19.3	
			Modulo Resilente:	14499	14257	
			Modulo Elastico (kg)cm²):	265.41	108.13	
			Expansion (%)	-	0.00	
Informe N°: A25-001-006.009	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL	NTP 339.159	Angulo de friccion (Ø):		30.98°	-
			Cohesion (C):		4.77kg/cm2	

----------Fin del Documento----------

V°B° LUCIA M. HUAMEC A. GERENTE GENERAL

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-07
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	1 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-03	CODIGO:	1
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.20m	ID LAB:	MU25-007
COORDENADAS:	277623 - 8095210	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1316.389	CANTIDAD:	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L. V° B° LUCIA M. HUAÑEC A. GERENTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS:

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado				Especificacion
Informe N°: A25-001-007.002	METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO	NTP 339.128 - ASTM D6913M-17	Porcentaje pasante tamiz (%):				-
			3 in.	100.00	No. 10	41.32	
			2 in.	94.15	No. 20	33.97	
			1 1/2 in.	91.87	No. 40	27.41	
			1 in.	88.07	No. 60	23.39	
			3/4 in.	83.17	No. 100	19.15	
			3/8 in.	66.40	No. 140	15.35	
			No. 4	53.28	No. 200	12.76	
Informe N°: A25-001-07.003	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	NTP 339.129 - ASTM D4318-17	Limite Liquido (LL):			23	-
			Indice de Plasticidad (IP):			19	
			Indice de Plasticidad (IP):			4	
Informe N°: A25-001-007.004a	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)	ASTM D2487-17e1	Grava arcilloso-limosa con arena			GC-GM	-
Informe N°: A25-001-007.004b	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	ASTM D3282-24	Fragmentos de roca, grava y arena			A-1-a	-
Informe N°: A25-001-007.005a	ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	ASTM D1557 - 12e1	Peso Unitario Maximo (kN/m3)			20.51	-
			Peso Unitario Maximo Corregido (kN/m3)			21.08	
			Optimo Contenido de Humedad(%)			6.4	
			Optimo Contenido de Humedad Corregida (%)			5.7	
Informe N°: A25-001-07.005b	METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA	ASTM D854	Grav.esp. aparente del suelo Gs			2.59	-

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L. Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-07
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	2 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

Continuacion

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado			Especificacion
Informe N°: A25-001-007.006	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	ASTM D1556	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%) Densidad Humeda (g/cm3) Densidad seca (g/cm3) Peso Unitario seco (KN/m3)		1.2 2.030 2.006 19.67	-
Informe N°: A25-001-007.007	ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO	ASTM D4253-ASTM D4254	Densidad Máxima Promedio (g/cm3) Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3) Densidad Mínima Promedio (g/cm3) Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)		2.153 21.12 1.636 16.04	-
Informe N°: A25-001-007.008	ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS	NTP 339.175		Sin saturar	Saturado	-
			Valor de soporte 0.1 in. (%	34.0	13.0	
			Valor de soporte 0.2 in. (%	49.1	24.1	
			Modulo Resilente:	15496	15892	
			Modulo Elastico (kg)cm²):	334.22	127.79	
			Expansion (%)	-	0.00	
Informe N°: A25-001-007.009	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL	NTP 339.159	Angulo de friccion (Ø):		31.60°	-
			Cohesion (C):		4.86kg/cm2	

----------Fin del Documento----------

V° B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL
CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L.

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ticuro Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-08
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	1 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-03	CODIGO:	2
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.20m	ID LAB:	MU25-008
COORDENADAS:	277623 - 8095210	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1316.389	CANTIDAD:	30 (2)
OGRESIVA:	-		

V° B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS:

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado				Especificacion
Informe N°: A25-001-008.002	METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO	NTP 339.128 - ASTM D6913M-17	Porcentaje pasante tamiz (%):				-
			3 in.	100.00	No. 10	42.04	
			2 in.	95.61	No. 20	34.32	
			1 1/2 in.	93.77	No. 40	27.09	
			1 in.	88.12	No. 60	22.78	
			3/4 in.	81.16	No. 100	18.63	
			3/8 in.	68.26	No. 140	15.09	
			No. 4	53.73	No. 200	12.04	
Informe N°: A25-001-08.003	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	NTP 339.129 - ASTM D4318-17	Límite Líquido (LL):			23	-
			Indice de Plasticidad (IP):			19	
			Indice de Plasticidad (IP):			4	
nforme N°: A25-001-008.004a	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)	ASTM D2487-17e1	Grava arcilloso-limosa con arena			GC-GM	-
Informe N°: A25-001-008.004b	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	ASTM D3282-24	Fragmentos de roca, grava y arena			A-1-a	-
Informe N°: A25-001-008.005a	ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	ASTM D1557 - 12e1	Peso Unitario Maximo (kN/m3)			20.62	-
			Peso Unitario Maximo Corregido (kN/m3)			21.38	
			Optimo Contenido de Humedad(%)			6.3	
			Optimo Contenido de Humedad Corregida (%)			5.6	
Informe N°: A25-001-08.005b	METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA	ASTM D854	Grav.esp. aparente del suelo Gs			2.60	-

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco [illegible] INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-08
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	2 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

Continuacion

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado			Especificacion
Informe N°: A25-001-008.006	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	ASTM D1556	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%)		1.2	-
			Densidad Humeda (g/cm3)		2.015	
			Densidad seca (g/cm3)		1.991	
			Peso Unitario seco (KN/m3)		19.53	
Informe N°: A25-001-008.007	ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO	ASTM D4253-ASTM D4254	Densidad Máxima Promedio (g/cm3)		2.147	-
			Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3)		21.06	
			Densidad Mínima Promedio (g/cm3)		1.720	
			Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)		16.87	
Informe N°: A25-001-008.008	ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS	NTP 339.175		Sin saturar	Saturado	-
			Valor de soporte 0.1 in. (%	34.0	13.0	
			Valor de soporte 0.2 in. (%	49.5	24.4	
			Modulo Resilente:	15496	15892	
			Modulo Elastico (kg)cm²):	334.22	127.79	
			Expansion (%)	-	0.00	
Informe N°: A25-001-008.009	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL	NTP 339.159	Angulo de friccion (Ø):		30.86°	-
			Cohesion (C):		4.68kg/cm2	

----------Fin del Documento----------

V° B° LUCIA M. HUAÑEC A. GERENTE GENERAL — CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Callzaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	Ing. Franco F. Ventura Roque INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

Informe N°:	A25-001-09
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	1 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	CLIENTE:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	TELEFONO:	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	EMAIL:	09.roberto.melendrez@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL:	Material de fundacion	MUESTREADO:	Bach. Roberto Carlos Melendrez Flores
PROCEDENCIA:	Acopio Obra	FECHA:	25/01/2025
CALICATA:	C-03	CODIGO:	3
ESTRATO:	E-01	PRESENTACION:	Sacos
PROFUNDIDAD:	-2.20m	ID LAB:	MU25-009
COORDENADAS:	277623 - 8095210	RECEPCION:	25/01/2025
ELEVACION:	1316.389	CANTIDAD:	30 (2)
PROGRESIVA:	-		

V° B° LUCIA M. HUAÑEC A. GERENTE GENERAL

RESUMEN DE RESULTADOS:

N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado				Especificacion
Informe N°: A25-001-009.002	METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO	NTP 339.128 - ASTM D6913M-17	Porcentaje pasante tamiz (%):				-
			3 in.	100.00	No. 10	45.09	
			2 in.	97.51	No. 20	37.26	
			1 1/2 in.	94.01	No. 40	29.53	
			1 in.	89.68	No. 60	23.70	
			3/4 in.	84.84	No. 100	18.68	
			3/8 in.	68.39	No. 140	14.69	
			No. 4	53.33	No. 200	12.08	
Informe N°: A25-001-09.003	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	NTP 339.129 - ASTM D4318-17	Límite Líquido (LL):			23	-
			Indice de Plasticidad (IP):			19	
			Indice de Plasticidad (IP):			4	
nforme N°: A25-001-009.004a	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)	ASTM D2487-17e1	Grava arcilloso-limosa con arena			GC-GM	-
Informe N°: A25-001-009.004b	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS	ASTM D3282-24	Fragmentos de roca, grava y arena			A-1-a	-
Informe N°: A25-001-009.005a	ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	ASTM D1557 - 12e1	Peso Unitario Maximo (kN/m3)			20.64	-
			Peso Unitario Maximo Corregido (kN/m3)			21.38	
			Optimo Contenido de Humedad(%)			6.4	
			Optimo Contenido de Humedad Corregida (%)			5.9	
Informe N°: A25-001-09.005b	METODO PARA DETERMINAR GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO USANDO UN PICNOMETRO CON AGUA	ASTM D854	Grav.esp. aparente del suelo Gs			2.60	-

Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	INGENIERO CIVIL CIP. N° 183017

Informe N°:	A25-001-09
Fecha de Emision:	25/03/2025
Version:	0
Pagina :	2 de 2

CICG S.R.L
CONSULTORIA EN INGENIERIA CALIDAD Y GEOTECNIA

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY		
UBICACIÓN:	Concesión Minera "El Chasqui Soy"	**CLIENTE:**	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	**TELEFONO:**	947686472
ENCARGADO:	BACH. ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES	**EMAIL:**	09.roberto.melendrez@gmail.com

Continuacion

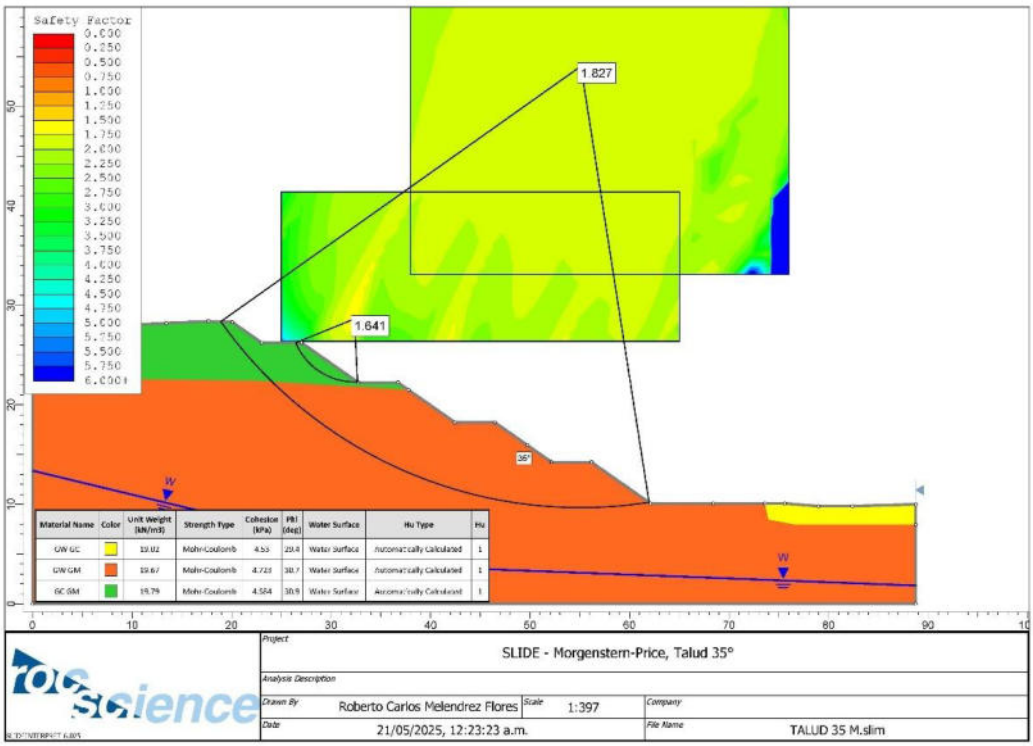
N° de informe	Ensayo	Norma aplicada	Resultado			Especificacion
Informe N°: A25-001-009.006	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL LUGAR MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	ASTM D1556	Contenido de Humedad (ASTM D2216) (%)		1.2	-
			Densidad Humeda (g/cm3)		2.011	
			Densidad seca (g/cm3)		1.987	
			Peso Unitario seco (KN/m3)		19.48	
Informe N°: A25-001-009.007	ENSAYO INDICE DE DENSIDAD Y PESO UNITARIO MAXIMO Y MINIMO DEL SUELO	ASTM D4253-ASTM D4254	Densidad Máxima Promedio (g/cm3)		2.146	-
			Peso Unitario Máximo Promedio (kN/m3)		21.05	
			Densidad Mínima Promedio (g/cm3)		1.719	
			Peso Unitario Mínimo Promedio (kN/m3)		16.86	
Informe N°: A25-001-009.008	ENSAYO IN SITU PARA CBR - RELACION DE SOPORTE DE SUELOS	NTP 339.175		Sin saturar	Saturado	-
			Valor de soporte 0.1 in. (%	34.0	13.0	
			Valor de soporte 0.2 in. (%	48.2	23.7	
			Modulo Resilente:	15496	15892	
			Modulo Elastico (kg)cm²):	334.22	127.79	
			Expansion (%)	-	0.00	
Informe N°: A25-001-009.009	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA ASCULTACION CON PENETROMETRO DINAMICO LIGERO DE PUNTA CONICA - DPL	NTP 339.159	Angulo de friccion (Ø):		30.13°	-
			Cohesion (C):		4.51kg/cm2	

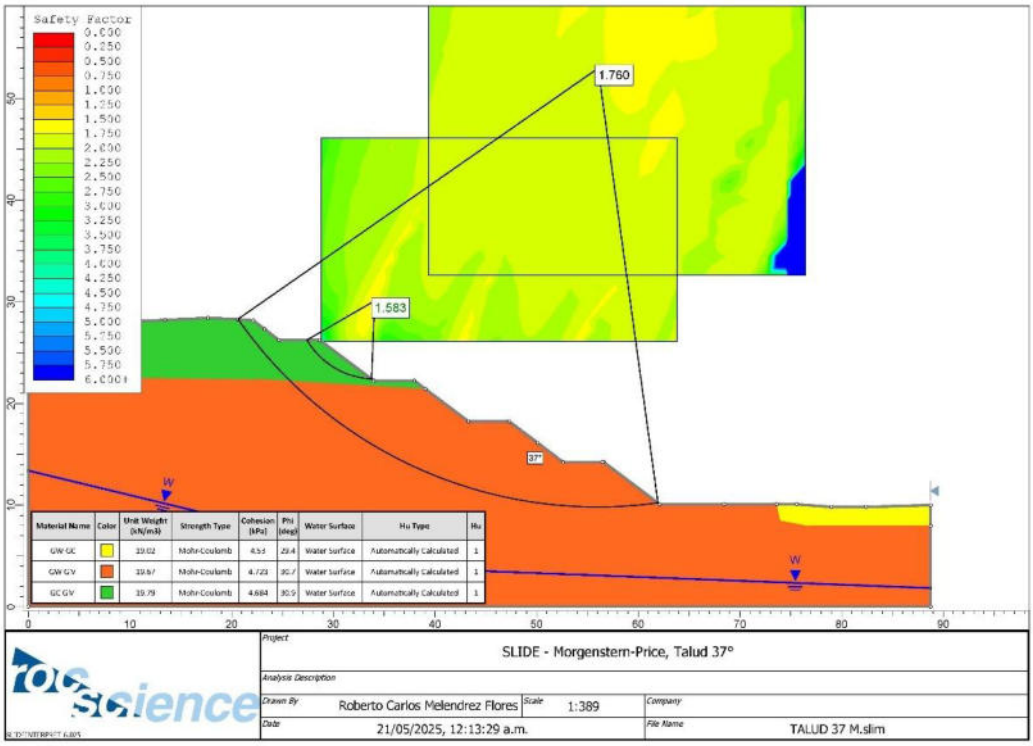
----------Fin del Documento----------

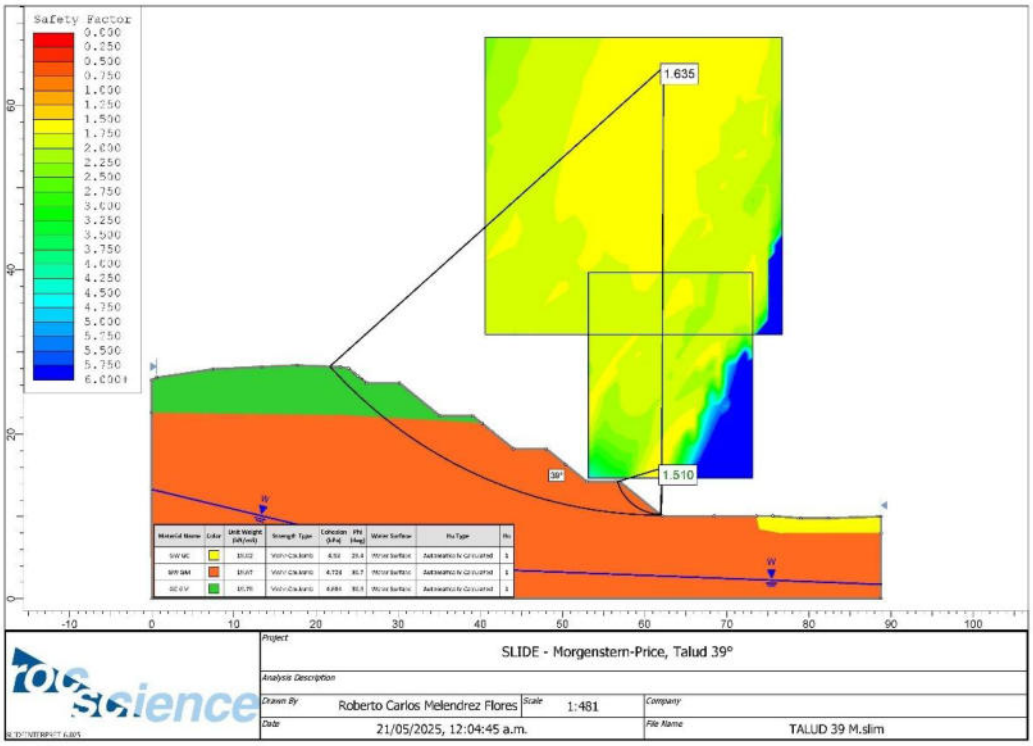
V°B° LUCIA M. HUANEC A. GERENTE GENERAL
CONSULTORIA EN INGENIERIA, CALIDAD Y GEOTECNIA S.R.L

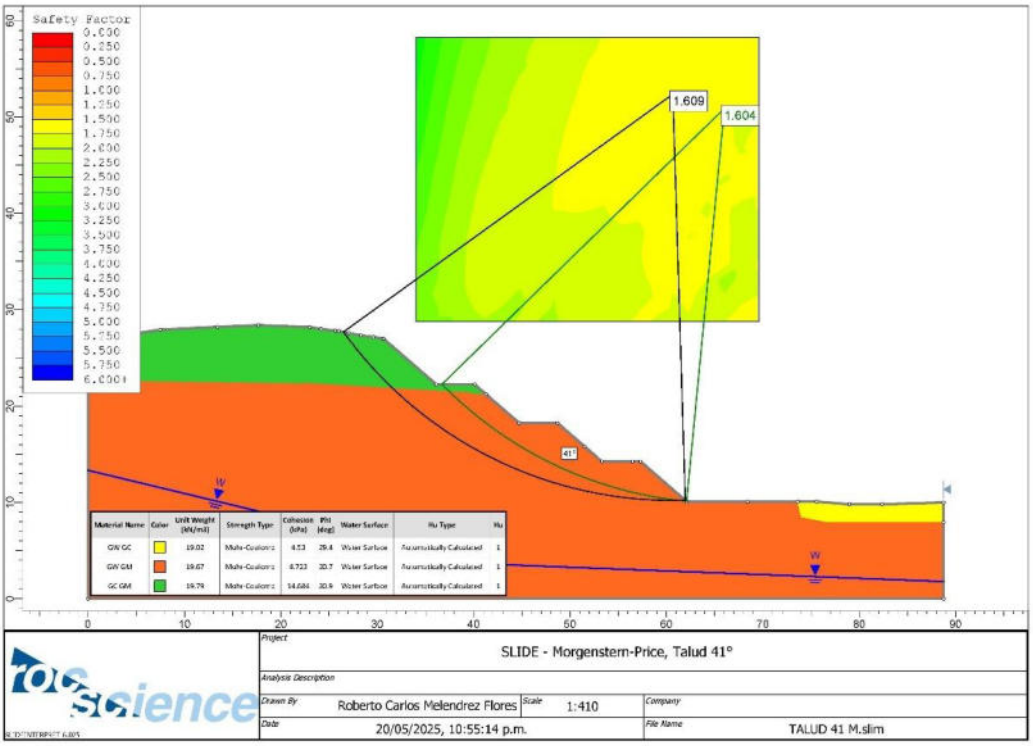
Observaciones:	Ensayado por:	Revisado por:
* Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.	CICG S.R.L Kevin C. Calizaya Valdez JEFE DE LABORATORIO	INGENIERO CIVIL CIP. N° 183617

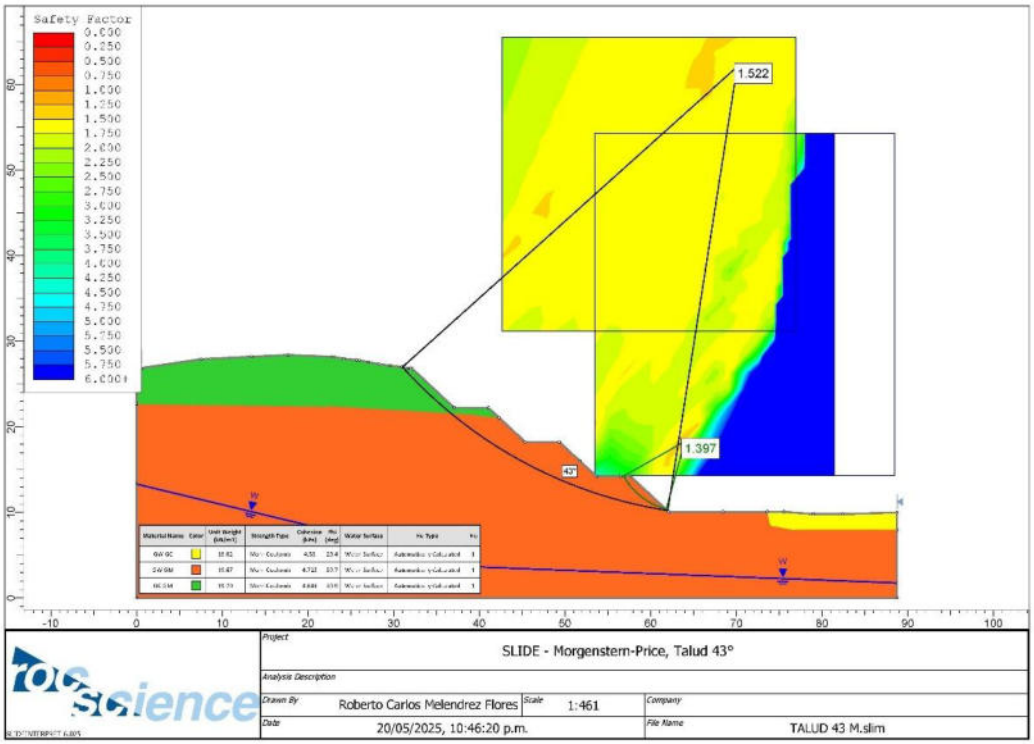
Anexo 08: Simulaciones de estabilidad de talud utilizando el software Slide

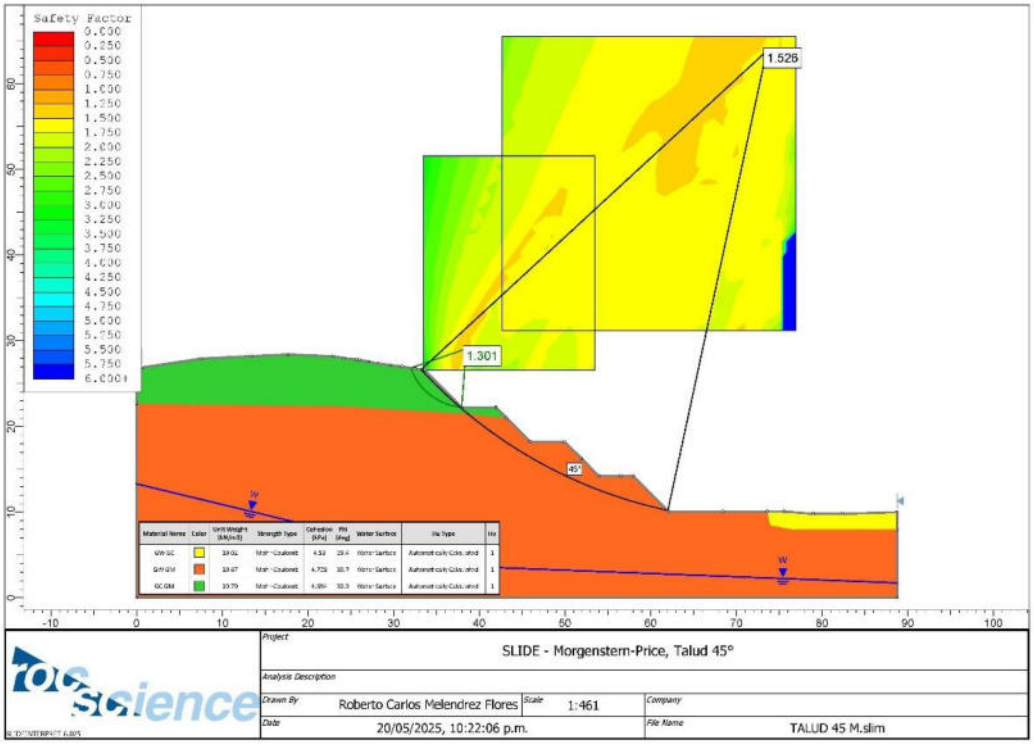


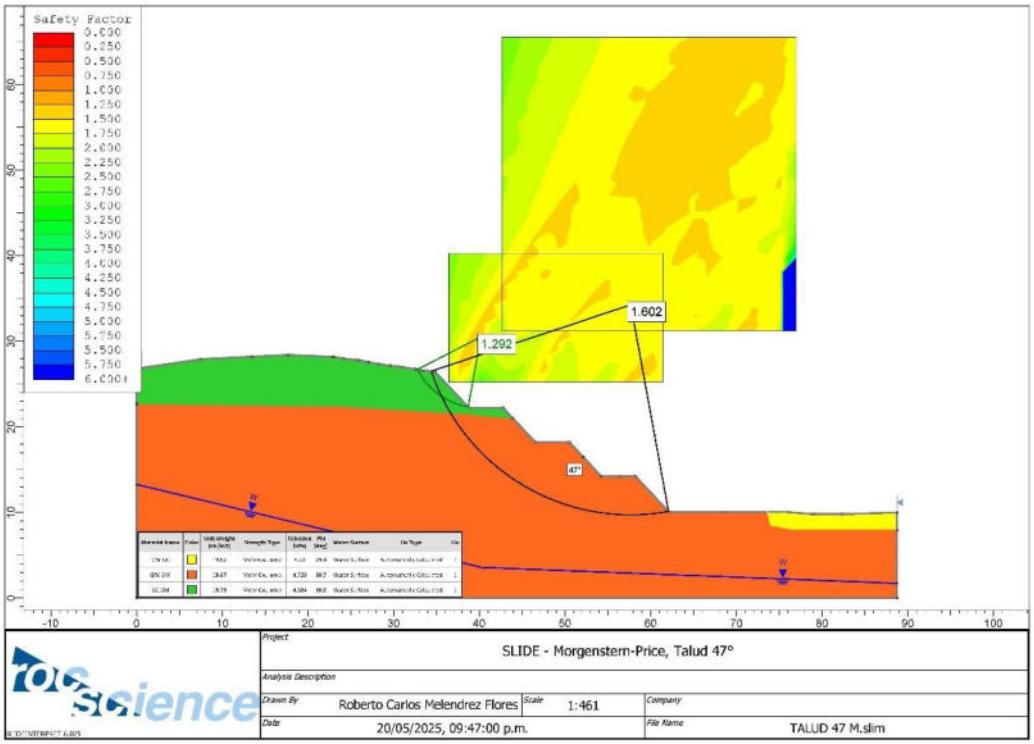


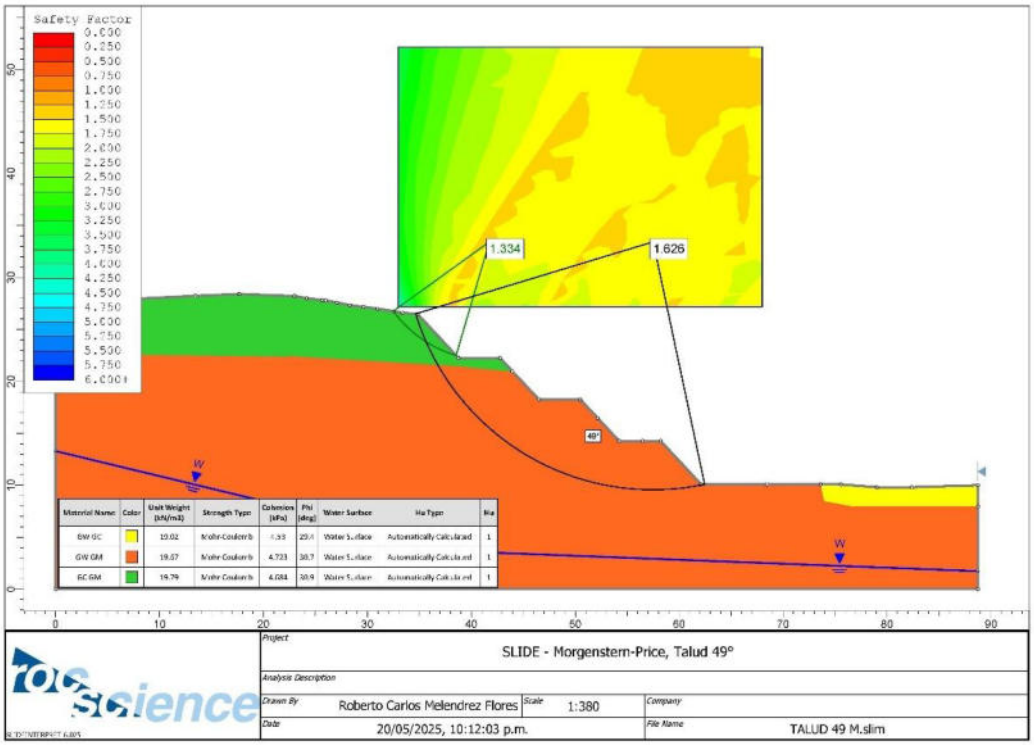

Safety Factor
0.000
0.250
0.500
0.750
1.000
1.250
1.500
1.750
2.000
2.250
2.500
2.750
3.000
3.250
3.500
3.750
4.000
4.250
4.500
4.750
5.000
5.250
5.500
5.750
6.000
1.635
1.510
39°
Project
SLIDE - Morgenstern-Price, Talud 39°
Analysis Description
Drawn By
Roberto Carlos Melendrez Flores
Scale
1:481
Company
Date
21/05/2025, 12:04:45 a.m.
File Name
TALUD 39 M.slim


Safety Factor
0.000
0.250
0.500
0.750
1.000
1.250
1.500
1.750
2.000
2.250
2.500
2.750
3.000
3.250
3.500
3.750
4.000
4.250
4.500
4.750
5.000
5.250
5.500
5.750
6.000
1.609
1.604
41°
Project
SLIDE - Morgenstern-Price, Talud 41°
Analysis Description
Drawn By
Roberto Carlos Melendrez Flores
Scale
1:410
Company
Date
20/05/2025, 10:55:14 p.m.
File Name
TALUD 41 M.slim


Safety Factor
6.000
5.750
5.500
5.250
5.000
4.750
4.500
4.250
4.000
3.750
3.500
3.250
3.000
2.750
2.500
2.250
2.000
1.750
1.500
1.250
1.000
0.750
0.500
0.250
0.000
1.522
1.397
43°
SLIDE - Morgenstern-Price, Talud 43°
Roberto Carlos Melendrez Flores
1:461
20/05/2025, 10:46:20 p.m.
TALUD 43 M.slim


Safety Factor
6.000
5.750
5.500
5.250
5.000
4.750
4.500
4.250
4.000
3.750
3.500
3.250
3.000
2.750
2.500
2.250
2.000
1.750
1.500
1.250
1.000
0.750
0.500
0.250
0.000
1.526
1.301
45°
SLIDE - Morgenstern-Price, Talud 45°
Roberto Carlos Melendrez Flores
1:461
20/05/2025, 10:22:06 p.m.
TALUD 45 M.slim


Safety Factor
6.000
5.750
5.500
5.250
5.000
4.750
4.500
4.250
4.000
3.750
3.500
3.250
3.000
2.750
2.500
2.250
2.000
1.750
1.500
1.250
1.000
0.750
0.500
0.250
0.000
1.602
1.292
47°
W
Project
SLIDE - Morgenstern-Price, Talud 47°
Analysis Description
Drawn By
Roberto Carlos Melendrez Flores
Scale
1:461
Company
Date
20/05/2025, 09:47:00 p.m.
File Name
TALUD 47 M.slim


Safety Factor
6.000
5.750
5.500
5.250
5.000
4.750
4.500
4.250
4.000
3.750
3.500
3.250
3.000
2.750
2.500
2.250
2.000
1.750
1.500
1.250
1.000
0.750
0.500
0.250
0.000
1.334
1.626
49°
W
Material Name
Color
Unit Weight (kN/m3)
Strength Type
Cohesion (kPa)
Phi (deg)
Water Surface
Ru Type
Ru
GW GC
19.02
Mohr-Coulomb
4.33
29.4
Water Surface
Automatically Calculated
1
GW GM
19.07
Mohr-Coulomb
4.723
30.7
Water Surface
Automatically Calculated
1
SC GM
19.79
Mohr-Coulomb
4.684
30.9
Water Surface
Automatically Calculated
1
Project
SLIDE - Morgenstern-Price, Talud 49°
Analysis Description
Drawn By
Roberto Carlos Melendrez Flores
Scale
1:380
Company
Date
20/05/2025, 10:12:03 p.m.
File Name
TALUD 49 M.slim

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: **ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES**
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: **74965354**
Correo electrónico	: **09.roberto.melendrez@gmail.com**
Teléfono/Celular	: **947686472**

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	x			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado **(x)**
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis **(x)**
b) Trabajo de Investigación **( )**
c) Trabajo de suficiencia profesional **( )**
d) Trabajo académico **( )**

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : **"EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY"**

b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.07.02 -- Geotecnia
c) Fecha de publicación : 28 de octubre de 2025

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : **Dr. ARQUIMEDES LEON VARGAS LUQUE**
b) DNI/Pasaporte/Cédula : **01309736**
c) ORCID : **0000-0001-7619-2844**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : **74965354**
NOMBRES Y APELLIDOS : **ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES**

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

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

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 74965354

NOMBRES Y APELLIDOS : ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES

FECHA : 03 de noviembre de 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, **ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES**, bachiller de la Escuela Profesional de **INGENIERIA DE MINAS**, de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado (a) con DNI: Nº **74965354**, autor(a) de la Tesis / Trabajo de suficiencia profesional titulado **EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY**

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, **03 de noviembre de 2025**



Huella digital

Nombres y Apellidos:
ROBERTO CARLOS MELENDREZ FLORES
DNI: 74965354

Base legal: RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 194-2020-SUNEDU-02-15

TESIS_RobertoMelendrezFlores.docx

My Files
My Files
University

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::20755:507076336

Fecha de entrega
3 oct 2025, 4:36 a.m. GMT+5:30

Fecha de descarga
3 oct 2025, 4:41 a.m. GMT+5:30

Nombre del archivo
TESIS_RobertoMelendrezFlores (1).docx

Tamaño del archivo
6.7 MB

121 páginas

28.785 palabras

163.835 caracteres

15% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

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

Fuentes principales

11% Fuentes de Internet
4% Publicaciones
12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

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

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

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

Fuentes principales

11% Fuentes de Internet
4% Publicaciones
12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

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

1 Internet
www.plazamayor.com.co 1%

2 Internet
hdl.handle.net 1%

3 Internet
www.geostru.com <1%

4 Internet
help.geostru.eu <1%

5 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2023-05-30 <1%

6 Internet
pdfcookie.com <1%

7 Internet
idoc.tips <1%

8 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-07-30 <1%

9 Internet
repositorio.continental.edu.pe <1%

10 Internet
idoc.pub <1%

11 Internet
vsip.info <1%

12 Internet
repositorio.unam.edu.pe <1%

13 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica del Peru on 2024-07-27 <1%

14 Trabajos entregados
Universidad Andina del Cusco on 2017-05-09 <1%

15 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2023-06-13 <1%

16 Internet
repositorio.unah.edu.pe <1%

17 Internet
patents.google.com <1%

18 Internet
kupdf.net <1%

19 Internet
repositorio.upn.edu.pe <1%

20 Trabajos entregados
Universidad Politécnica del Perú on 2025-09-04 <1%

21 Internet
issuu.com <1%

22 Internet
alicia.concytec.gob.pe <1%

23 Internet
repositorio.upeu.edu.pe <1%

24 Internet
siar.regioncajamarca.gob.pe <1%

25 Trabajos entregados
unsaac on 2023-05-15 <1%

26 Trabajos entregados
Universidad Europea de Madrid on 2021-09-27 <1%

27 Internet
repositorio.unfv.edu.pe <1%

28 Trabajos entregados
Universidad Andina del Cusco on 2024-04-16 <1%

29 Internet
ninive.ismm.edu.cu <1%

30 Internet
repositorio.upt.edu.pe <1%

31 Trabajos entregados
Universidad Andina del Cusco on 2024-12-04 <1%

32 Trabajos entregados
Universidad Privada del Norte on 2025-07-14 <1%

33 Internet
es.slideshare.net <1%

34 Internet
redi.unjbg.edu.pe <1%

35 Trabajos entregados
UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR) on 2025-07-07 <1%

36 Publicación
WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Plan de Cierre de ... <1%

37 Internet
repositorio.ucv.edu.pe <1%

38 Internet
pt.slideshare.net <1%

39 Publicación
TECNOLOGIA XXI S A. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Min... <1%

40 Internet
repositorio.unap.edu.pe <1%

41 Internet
repositorio.undac.edu.pe <1%

42 Internet
www.slideshare.net <1%

43 Trabajos entregados
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-08-15 <1%

44 Trabajos entregados
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-01-27 <1%

45 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2016-11-30 <1%

46 Trabajos entregados
Universidad Politécnica del Perú on 2025-06-12 <1%

47 Trabajos entregados
UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR) on 2024-10-17 <1%

48 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2025-02-10 <1%

49 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-07-26 <1%

50 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica del Peru on 2022-06-20 <1%

51 Internet
api-repositorio.unia.edu.pe <1%

52 Internet
repositorio.upla.edu.pe <1%

53 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2022-12-15 <1%

54 Trabajos entregados
ipn on 2024-11-24 <1%

55 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-06-06 <1%

56 Internet
es.wer.wiki <1%

57 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2023-08-14 <1%

58 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2025-09-25 <1%

59 Publicación
Osorio Lucas, Ciro. "Automatización de informes contables aplicando scripting de... <1%

60 Trabajos entregados
Universidad Anahuac México Sur on 2023-05-20 <1%

61 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2015-02-24 <1%

62 Internet
www.repositorio.unam.edu.pe <1%

63 Trabajos entregados
UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR) on 2024-11-15 <1%

64 Trabajos entregados
Universidad Alas Peruanas on 2019-09-23 <1%

65 Trabajos entregados
Universidad Alas Peruanas on 2020-09-09 <1%

66 Trabajos entregados
Universidad Católica San Pablo on 2025-06-28 <1%

67 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2024-07-19 <1%

68 Internet
repositorio.espe.edu.ec <1%

69 Internet
repositorio.uladech.edu.pe <1%

70 Trabajos entregados
uncedu on 2024-03-17 <1%

71 Internet
vdocuments.site <1%

72 Internet
www.repositorio.unasam.edu.pe <1%

73 Internet
www.researchgate.net <1%

74 Trabajos entregados
Corporacion Mexicana de Investigacion en Matriales S.A. de C.V. (COMMIMSA) on ... <1%

75 Trabajos entregados
Escuela De Educación Superior Pedagógico Público Indoamerica on 2025-07-26 <1%

76 Publicación
GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.. "Tercer ITS de la Segunda Modificación del Estudi... <1%

77 Publicación
SNC LAVALIN PERU S.A.. "Segundo ITS de la MEIA de la Unidad Minera Cerro Lind... <1%

78 Trabajos entregados
Universidad Andina del Cusco on 2022-12-12 <1%

79 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2025-06-26 <1%

80 Trabajos entregados
Universidad Nacional Federico Villarreal on 2023-10-27 <1%

81 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Colombia on 2015-07-08 <1%

82 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-07-22 <1%

83 Trabajos entregados
Universidad Privada del Norte on 2023-05-19 <1%

84 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2021-07-15 <1%

85 Trabajos entregados
Universidad San Ignacio de Loyola on 2022-03-21 <1%

86 Internet
dspace.unl.edu.ec <1%

87 Internet
dspaceapi.live.udesa.edu.ar <1%

88 Internet
landingartistsstudio.com <1%

89 Trabajos entregados
Consorcio CIXUG on 2021-09-06 <1%

90 Publicación
Machaca Caceres, Luis Alberto. "Los procesos de la gestión del conocimiento y su ... <1%

91 Publicación
Rafael Aguilar, María F. Noel, Luis F. Ramos. "Integration of reverse engineering a... <1%

92 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2022-11-03 <1%

93 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2022-11-08 <1%

94 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2025-08-27 <1%

95 Trabajos entregados
Universidad Distrital FJDC on 2019-08-13 <1%

96 Trabajos entregados
Universidad Internacional Isabel I de Castilla on 2024-06-25 <1%

97 Trabajos entregados
Universidad Nacional Federico Villarreal on 2025-06-26 <1%

98 Trabajos entregados
Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo on 2025-09-28 <1%

99 Internet
archive.org <1%

100 Internet
civilgeeks.com <1%

101 Internet
dspace.espoch.edu.ec <1%

102 Internet
es.scribd.com <1%

103 Internet
oa.upm.es <1%

104 Internet
repositorio.unsaac.edu.pe <1%

105 Internet
repositorio.utp.edu.pe <1%

106 Trabajos entregados
uncedu on 2024-03-19 <1%

107 Publicación
CLB TECNO LOGICA S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto RLP-21 Adecuación a Nuevas Espe... <1%

108 Trabajos entregados
Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-01-13 <1%

109 Publicación
Pozo Garcia, Raul Rodolfo. "Modificación del Sistema GSI en función de la Escala d... <1%

110 Trabajos entregados
Universidad Autónoma de Nuevo León on 2019-12-10 <1%

111 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2024-07-18 <1%

112 Trabajos entregados
Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo on 2023-02-26 <1%

113 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Moquegua on 2025-07-27 <1%

114 Internet
frw.studenttheses.ub.rug.nl <1%

115 Internet
pesquisa.bvsalud.org <1%

116 Internet
repositorio.uandina.edu.pe <1%

117 Internet
repositorio.uncp.edu.pe <1%

118 Internet
repositorioacademico.upc.edu.pe <1%

119 Internet
tesis.ucsm.edu.pe <1%

120 Trabajos entregados
uide on 2024-12-20 <1%

121 Trabajos entregados
unasam on 2024-04-10 <1%

122 Trabajos entregados
unasam on 2024-12-18 <1%

123 Trabajos entregados
uncedu on 2025-06-17 <1%

124 Trabajos entregados
uni on 2024-09-18 <1%

125 Internet
www.coursehero.com <1%

126 Internet
www.ptolomeo.unam.mx:8080 <1%

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 833-2025-CU

Moquegua, 26 de noviembre de 2025

VISTOS:

El Proveído N° 4882-2025-R de fecha 24 de noviembre de 2025 emitido por el Rectorado, Informe N° D0488-2025-UNAM-R-SG de fecha 24 de noviembre de 2025 emitido por el Secretario General, Informe Técnico N° D0164-2025-SEGE-GT emitido por la Especialista Administrativo I–Grados y Títulos, el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Extraordinaria N° 45-2025-SE-CU-UNAM, de fecha 26 de noviembre de 2025, y;

CONSIDERANDO:

Que, conforme al 4to párrafo del artículo 18, de la Constitución Política del Perú, dispone que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Y el artículo 8º de la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y demás normativa aplicable. Concordante con el artículo 1, de la Ley Nº 31520, Ley que restablece la autonomía y la institucionalidad de las universidades peruanas, así como la Ley N° 32141, Ley que modifica la Ley N° 30220-Ley Universitaria, a fin de fortalecer la institucionalidad de las Universidades Públicas licenciadas;

Que, el Artículo 58, de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que el Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la Universidad. Concordante con el artículo 18° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado bajo Resolución de Asamblea Universitaria N° 015-2025-AU-UNAM;

Que, el artículo 59 de la Ley Universitaria-Ley N° 30220, establece las atribuciones del Consejo Universitario, y específicamente el numeral 59.9, establece; Conferir los grados académicos y los títulos profesionales aprobados por las Facultades y Escuela de Posgrado, así como otorgar distinciones honoríficas y reconocer y revalidar los estudios, grados y títulos de universidades extranjeras, cuando la universidad está autorizada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. Concordante con el numeral 14, del artículo 20° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, el Sr. Rector es el personero y representante legal de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme a lo dispuesto por la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, tiene a su cargo la Dirección, Conducción y Gestión del Gobierno Universitario en todos sus ámbitos, concordante con el artículo 24° y numeral 2 del artículo 26° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, mediante Informe Técnico N° D0164-2025-SEGE-GT, de fecha 24 de noviembre de 2025, e Informe N° D0488-2025-UNAM-R-SG de fecha 24 de noviembre de 2025, el Secretario General de la UNAM, remite al Rectorado los expedientes para el trámite de Título Profesional de Ingeniero de Minas de los Bachilleres: PLATERO SOSA ALEXANDER DAVID, MELENDREZ FLORES ROBERTO CARLOS, ALE PRETELL NAYELI ALEXANDRA y COLQUE CALIZAYA DANIEL EDSON de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, quienes se encuentran aptos para la expedición del Título Profesional de Ingeniero de Minas, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios, exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de Actividades y Servicios Académicos y la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas; razón por la cual, el señor Secretario General incluye dichos expedientes como punto de agenda para ser tratado en Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 26 de noviembre de 2025;

Que, el artículo 44° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...). Asimismo la Ley N° 31803, modifica el artículo en mención adicionando; La Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) determina los criterios, así como establece y supervisa el procedimiento administrativo para el reconocimiento de grados y títulos otorgados en el extranjero, en el marco de la normativa vigente;

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022, N° 880-2023-UNAM y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Extraordinaria N° 45-2025-SE-CU-UNAM, de fecha 26 de noviembre de 2025, emitió, el siguiente, Acuerdo; POR UNANIMIDAD: CONFERIR, a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero de Minas por la modalidad de sustentación de tesis a los Bachilleres: : PLATERO SOSA ALEXANDER DAVID, MELENDREZ FLORES ROBERTO CARLOS, ALE PRETELL NAYELI ALEXANDRA y COLQUE CALIZAYA

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

Universidad Nacional de Moquegua

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 833-2025-CU

Moquegua, 26 de noviembre de 2025

DANIEL EDSON, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Nacional de Moquegua;

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Art. 18, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220-Ley Universitaria, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, y a lo acordado por el pleno del Consejo Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: CONFERIR, A NOMBRE DE LA NACIÓN a los Bachilleres

- **PLATERO SOSA ALEXANDER DAVID**
  TESIS : "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO MEDIANTE LA DIGITALIZACIÓN DEL IPERC CON MINEOPS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN UNA MINA SUPERFICIAL", cuyo asesor principal fue Dr. Christ Jesus Barriga Paria.
- **MELENDREZ FLORES ROBERTO CARLOS**
  TESIS : "EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY", cuyo asesor principal fue el Dr. Arquímedes Leon Vargas Luque.
- **ALE PRETELL NAYELI ALEXANDRA**
  TESIS : "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL DE LA "CONCESIÓN MINERA NO METÁLICA EL CHASQUI SOY" DURANTE EL AÑO 2025 APLICANDO EL IPERC ESPECÍFICO Y ACTUALIZANDO LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE SEGURIDAD", cuyo asesor principal fue la Dra. Bertha Silvana Vera Barrios.
- **COLQUE CALIZAYA DANIEL EDSON**
  TESIS : "DISEÑO DE UN SISTEMA ECONÓMICAMENTE VIABLE DE CAPTACIÓN DE ESCORRENTÍAS PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA EN UNA MINA SUPERFICIAL", cuyo asesor principal fue el Dr. Arquímedes Leon Vargas Luque.

El **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS.**

Por la modalidad de SUSTENTACIÓN DE TESIS, de la Escuela Profesional Ingeniería de Minas, de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 2°: ENCARGAR, al Secretario General a través de quien corresponda, para que realice las acciones pertinentes relacionadas con la inscripción correspondiente en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria – SUNEDU.

ARTÍCULO 3°: DISPONER el cumplimiento de la presente Resolución a todas las dependencias de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 4°: DISPONER la publicación de la presente resolución en el Portal Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua www.unam.edu.pe

REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE, Y CÚMPLASE;

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – SECRETARÍA GENERAL

ABOG. EDGAR PINTO HUANCAVILCA
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – CONSEJO UNIVERSITARIO

DR. HUGO RUBEN MARCA MAQUERA
RECTOR
PRESIDENTE DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

DISTRIBUCION:
VRA,
VRI,
FAIN,
EPIM,
DASA,
GeT,
OTI,
Interesados,
C.c. Arch.

Domicilio Legal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe