

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“EVALUACIÓN GEOTECNICA DE LA REUBICACIÓN DEL DME DE LA
MINA PODEROSA, 2023”**

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniero de Minas

Presentado por:
Bach. LELIS BREAS VILLAR

Asesor:
Msc. Ing. Grover Rubina Salazar

Ayacucho - Perú

2024

RESUMEN

En la búsqueda continua por optimizar las operaciones mineras, surge la necesidad de evaluar la posibilidad de ampliar el botadero en la Mina Poderosa. Con el objetivo de determinar la viabilidad de este proyecto, se llevó a cabo una exhaustiva investigación durante el año 2023. La metodología empleada fue de carácter aplicado, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental. Se enfocó en un análisis explicativo-correlacional para obtener resultados claros y precisos. Uno de los aspectos fundamentales evaluados fue el factor de seguridad estático a largo plazo, el cual se estableció en un mínimo de 1.5 para garantizar condiciones óptimas de operación. Los resultados arrojados por nuestro estudio demostraron que los valores calculados superaron este umbral, indicando que el talud está debidamente dimensionado para soportar las cargas y presiones esperadas. Adicionalmente, se analizó el factor de seguridad pseudoestático a largo plazo, esencial para taludes permanentes, y se determinó que debe ser de al menos 1.0. Para complementar nuestra investigación, se realizaron estudios de suelos a través de calicatas, revelando la presencia de material arcilloso. Los resultados obtenidos en las calicatas C-2 y C-3 indicaron una capacidad portante de 1.48 kg/cm² y 1.45 kg/cm² respectivamente, proporcionando información crucial para el diseño y ejecución del proyecto. “En conclusión, los resultados de este estudio respaldan la factibilidad técnica y la seguridad de expandir el vertedero en la Mina Poderosa. Estos hallazgos no solo proporcionan un sólido fundamento para la toma de decisiones por parte de los encargados de la planificación y la operación minera, sino que también garantizan la ejecución segura y eficiente del proyecto, lo que a su vez contribuye al desarrollo sostenible de la industria minera”.

Palabras clave: Factor de seguridad, análisis estático, análisis pseudoestático, Depósito

INTRODUCCIÓN

La industria minera juega un papel crucial en la economía global, pero también plantea desafíos significativos en términos de gestión ambiental y seguridad operativa (OSINERGMIN, 2018). Uno de los aspectos clave en este sentido es la disposición de material excedente generado durante las operaciones mineras, como es el caso del depósito de la mina Poderosa 2023. La reubicación y ampliación de este botadero requiere una evaluación exhaustiva de diversos factores geomecánicos, hidrológicos y sismológicos para garantizar su estabilidad y minimizar riesgos potenciales.

El presente estudio tiene como objetivo principal determinar los factores que influyen en la ampliación del botadero de la mina Poderosa 2023, centrándose en aspectos geomecánicos, hidrológicos y sismológicos. Para ello, se realizará un análisis detallado de la composición química del material excedente depositado, así como de las características geológicas y geotécnicas de los taludes circundantes.

Además, se establecieron criterios adecuados para evaluar la estabilidad física de los taludes y se empleará el software Slide v.9 para realizar análisis de estabilidad estático y pseudoestático. Estos análisis permitirán determinar el diseño óptimo de la ampliación del botadero, considerando diversos escenarios y condiciones de carga.

DEDICATORIA

Queridos abuelos Maura y Honorato, en este camino de la vida, ustedes han sido mi guía, mi ejemplo de amor incondicional y sabiduría. A través de sus enseñanzas y consejos, he aprendido el valor del esfuerzo, la perseverancia y el cariño familiar. Agradezco profundamente cada momento compartido, cada historia contada y cada abrazo reconfortante que han marcado mi camino.

A mi querida madre, Florabel, y a mis adorados hermanos Diego, Maricielo y Andrea, Su apoyo inquebrantable y su amor incondicional han sido el motor que impulsa mis sueños y metas. Cada uno de ustedes ha sido mi roca en los momentos difíciles y mi compañía en los momentos de alegría. Agradezco infinitamente el amor, la comprensión y el apoyo que siempre me brindan.

A toda mi familia, cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi corazón. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable, lleno de amor, alegría y complicidad. Agradezco por cada sonrisa compartida, cada momento de unión y cada instante de felicidad que hemos vivido juntos.

Con amor y gratitud infinita, *Lelis Breas Villar*

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero dedicar este logro a mis padres, quienes desde el principio creyeron en mí y me brindaron todo su amor y apoyo incondicional. Su sacrificio y dedicación han sido la fuerza impulsora que me ha llevado a alcanzar mis metas.

mis profesores y mentores, les estoy profundamente agradecido por su guía y enseñanzas. Su sabiduría y compromiso con mi crecimiento académico han sido invaluable en este viaje.

También quiero reconocer a mis amigos, quienes siempre estuvieron presentes para animarme y motivarme en los momentos difíciles. Su amistad y aliento fueron un gran sostén durante este proceso.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a todas aquellas personas que creyeron en mí y me brindaron su apoyo de una u otra manera. Su confianza en mis capacidades me ha impulsado a superar cualquier obstáculo.

Este logro no solo es mío, sino de todos ustedes que han formado parte de mi camino. Gracias por ser parte de este viaje y por ayudarme a convertir mis sueños en realidad.

INDICE:

RESUMEN.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
Glosario.....	13
Capítulo I.....	14
Planteamiento del problema.....	14
1.1. Descripción del problema	14
1.1.1. Realidad problemática	14
1.2. Delimitación del problema.....	15
1.2.1. Espacial (geográfica).	15
1.2.2. Temporal.....	16
1.3. Formulación del problema	17
1.3.1. Formulación del problema general.....	17
1.3.2. Formulación del problema específico	17
1.4. Justificación e importancia	17
1.5. Limitaciones de la investigación	20
1.6. Objetivo	20
1.6.1. Objetivos generales.....	20
1.6.2. Objetivos específicos	20
Capítulo II	21
Marco Teórico.....	21
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.2. Generalidades de la mina	25
2.2.1. Ubicación	25
2.2.2. Accesibilidad.	26
2.2.3. Clima y Meteorología	27
2.3. Bases teóricas.....	28
2.3.1. Evaluación geotécnica	28
2.3.2. Geomecánica.....	29
2.3.3. Mecánica de suelos	31
2.3.4. Ensayos geotécnicos	32

2.3.5.	Ensayos de laboratorio	33
2.3.6.	Desmonte de mina.....	36
2.3.7.	Talud	37
2.3.8.	Factor de seguridad	39
2.3.9.	Mecanismo de rotura.....	39
2.3.9.	Factores Condicionantes de Inestabilidad	41
2.3.10.	Métodos de calculo	43
2.4.	Marco conceptual.....	44
Capítulo III		46
Metodología		46
3.1.	Tipo de investigación.....	46
3.2.	Enfoque de investigación.....	47
3.3.	Alcance de investigación	48
3.4.	Diseño de investigación	50
3.5.	Población y muestra.....	51
3.6.	Hipótesis	52
3.6.1.	Hipótesis general.....	52
3.6.2.	Hipótesis específica	52
3.7.	Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional.....	54
3.8.	Técnicas e instrumentos	55
3.9.	Métodos de análisis de datos.....	57
3.10.	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.	58
3.11.	Desarrollo del trabajo de tesis	59
3.11.1.	Análisis de la cimentación	60
Capítulo IV		62
Resultados y Discusión		62
4.1.	Evaluación geotécnica	62
4.1.1.	Calicatas.....	62
4.1.2.	Densidad	63
4.1.3.	Perforaciones	64
4.1.4.	Permeabilidad	66
4.1.5.	Calidad del macizo rocoso	68
4.1.6.	Estaciones geomecánicas	69

4.1.7.	Ensayos de laboratorio	69
4.1.8.	Ensayos especiales	70
4.1.9.	Material de desmonte	70
4.1.10.	Suelo residual	71
4.1.11.	Cimiento rocoso	71
4.1.12.	Ensayo de carga puntual	72
4.2.	Estudio hidrológico	72
4.3.	Sismicidad	74
4.3.1.	Coefficiente sísmico	75
4.4.	Análisis químico	76
4.5.	Criterios de diseño	78
4.6.	Análisis de cimentación del área del proyecto	81
4.6.1.	Cálculo de la capacidad portante admisible	81
4.7.	Análisis de estabilidad física del botadero	84
4.7.1.	Propiedades del material	85
4.7.2.	Dique de arranque	86
4.8.	Resultados del análisis de estabilidad (software Slide)	87
4.8.1.	Resultados del análisis estático	88
4.8.2.	Resultados del análisis pseudo estático	89
4.9.	Prueba de hipótesis	90
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES		94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		95
ANEXOS		98

INDICE DE FIGURA

Figura 1:	16
Delimitación de la zona de botadero.....	16
Figura 2:	26
<i>Ubicación mina Poderosa</i>	26
Figura 3:	59
Esquema de trabajo de investigación.....	59
Figura 4:	87
Secciones de análisis.....	87
Figura 5:	88
Análisis estático sección A – A'.....	88
Figura 6:	88
Análisis estático sección B – B'.....	88
Figura 7:	89
<i>Análisis pseudo estatico sección A – A'</i>	89
Figura 8:	90
<i>Análisis pseudo estatico sección B – B'</i>	90

ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS

Tabla 1:	27
<i>Rutas de acceso vía aérea</i>	27
Tabla 2:	27
<i>Rutas de acceso vía aérea y terrestre</i>	27
Tabla 3:	27
<i>Rutas de acceso vía terrestre</i>	27
Tabla 4:	54
<i>Matriz de operacionalización</i>	54
Tabla 5:	63
<i>Ubicación y detalles de las calicatas</i>	63
Tabla 6:	64
<i>Densidad natural del terreno</i>	64
Tabla 7:	65
<i>Perforaciones</i>	65
Tabla 8:	67
<i>Permeabilidad</i>	67
Tabla 9:	68
<i>Clasificación según Bienawski</i>	68
Tabla 10:	68
<i>Calidad del macizo rocoso</i>	68
Tabla 11:	69
<i>Estaciones geomecánicas</i>	69
Tabla 12:	69
<i>Estaciones geomecánicas</i>	69
Tabla 13:	70
<i>Nomenclatura SUCS</i>	70
Tabla 14:	70
<i>Ensayos especiales</i>	70
Tabla 15:	72
<i>Ensayos especiales</i>	72
Tabla 16:	74
<i>Duración de precipitación e intensidad</i>	74
Tabla 17:	74

<i>Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas del proyecto</i>	74
Tabla 18:	75
<i>Factores sísmicos de zona</i>	75
Tabla 19:	76
<i>Análisis físico químico</i>	76
Tabla 20:	77
<i>Determinación del Límite Máximo Permisible (LMP)</i>	77
Tabla 21:	78
<i>Criterios de diseño del botadero</i>	78
Tabla 22:	81
<i>Parámetros de diseño del botadero</i>	81
Tabla 23:	84
<i>Resultados de capacidad portante</i>	84
Tabla 24:	86
<i>Resumen de las propiedades de los materiales</i>	86
Tabla 25:	89
<i>Resumen de resultados de análisis estático</i>	89
Tabla 26:	90
<i>Resumen de resultados de análisis Pseudo estático</i>	90
Tabla 27:	91
<i>Prueba de normalidad</i>	91
Tabla 28:	92
<i>Prueba T para muestras independientes</i>	92

Glosario

Evaluación geotécnica: Proceso de análisis de las características geológicas y geotécnicas de un sitio para determinar su idoneidad para un proyecto específico, en este caso, la reubicación del depósito de material excedente.

Reubicación: Acción de trasladar o cambiar la ubicación de algo, en este contexto, el depósito de material excedente de la mina Poderosa.

Depósito de material excedente: Área designada para almacenar los desechos y residuos generados como subproducto de la actividad minera, como relaves y otros materiales no aprovechables.

Geología: Ciencia que estudia la composición, estructura, historia y procesos que afectan la Tierra, incluyendo la formación de suelos y rocas.

Hidrogeología: Rama de la geología que estudia la distribución, movimiento y calidad del agua subterránea en el subsuelo.

Estabilidad del terreno: Capacidad del terreno para resistir cambios o movimientos, especialmente en relación con la presión ejercida por estructuras o cargas.

Capacidad de soporte del suelo: Capacidad del suelo para soportar cargas sin fallar o deformarse excesivamente.

Perforaciones: Técnica utilizada para obtener muestras de suelo o roca mediante la excavación de pozos o barrenos.

Análisis de laboratorio: Procedimientos y técnicas utilizadas para evaluar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de muestras de suelo y roca en un entorno controlado.

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

1.1.1. Realidad problemática

Desde una perspectiva mundial, la ampliación de botaderos en minas representa un desafío significativo para la industria minera en términos de seguridad y sostenibilidad ambiental. Con el aumento constante de la demanda de minerales y recursos naturales, las operaciones mineras enfrentan la presión de gestionar de manera efectiva y responsable los desechos generados durante el proceso de extracción. “La estabilidad de los taludes en la expansión de botaderos es una preocupación clave, ya que cualquier falla puede tener consecuencias devastadoras para el entorno circundante y la seguridad de los trabajadores” (CHOQUE VELARDE, 2017).

En el contexto latinoamericano, donde la minería desempeña un papel crucial en la economía de muchos países, la necesidad de ampliar botaderos es un tema relevante. Con

frecuencia, las comunidades locales y los grupos ambientalistas expresan preocupaciones sobre los impactos negativos que pueden resultar de la expansión de las operaciones mineras, incluida la contaminación del agua y la degradación del paisaje. La estabilidad de los taludes se convierte en un punto crítico de atención, ya que se busca equilibrar el desarrollo económico con la protección del medio ambiente y la seguridad de la población (Puell, 2003).

En el contexto peruano, país con una larga historia minera y una industria en constante crecimiento, la ampliación de botaderos es una necesidad urgente en muchas minas. La regulación ambiental y los estándares de seguridad son cada vez más estrictos, lo que exige a las empresas mineras realizar evaluaciones exhaustivas y tomar medidas adecuadas para mitigar cualquier riesgo asociado con la expansión de las operaciones. En este contexto, la mina Poderosa se encuentra frente al desafío de ampliar su botadero para gestionar el creciente volumen de desechos mineros de manera segura y sostenible.

En la mina Poderosa específicamente, la capacidad máxima del botadero La Brava ha sido alcanzada, lo que ha generado la necesidad imperativa de su ampliación. La estabilidad de los taludes en esta expansión es una preocupación principal, dado el impacto directo que puede tener en la seguridad de las instalaciones mineras y en el entorno circundante. La evaluación geotécnica de la reubicación del depósito de material excedente es esencial para identificar y abordar los desafíos asociados con la expansión del botadero, garantizando así la seguridad de las operaciones mineras y la protección del medio ambiente.

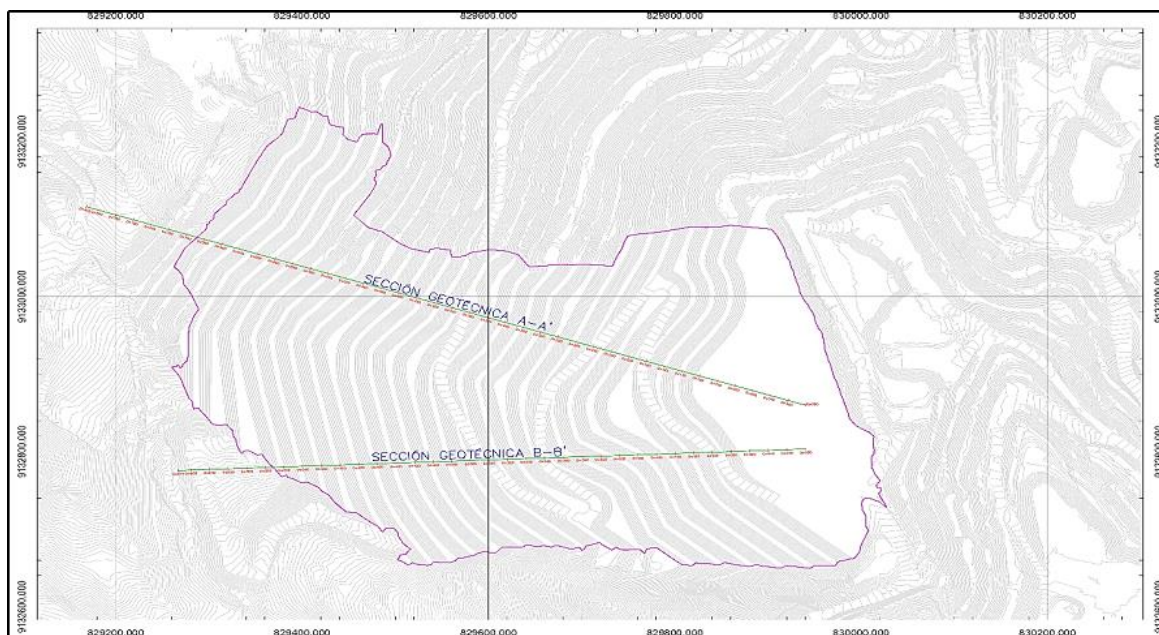
1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial (geográfica).

La mina Poderosa se encuentra estratégicamente dentro del Batolito de Pataz y delinea el alcance del área de estudio desde el punto de partida en La Brava hasta el yacimiento Estrella II, proporcionando una referencia clara para la investigación o estudio relacionado con la mina. El área de estudio abarca desde las secciones AA hasta BB, comenzando desde el punto de referencia en el área de desechos en La Brava -2080 hasta alcanzar el yacimiento Estrella II. La figura 1 ofrece una representación visual de la vegetación circundante en esta región montañosa.

Figura 1:

Delimitación de la zona de botadero



1.2.2. Temporal.

El estudio propuesto se concentrará exclusivamente en el año 2023, enfocándose de manera específica en la evaluación de la estabilidad de los taludes para la ampliación de los botaderos en la mina Poderosa. Los datos recopilados y analizados estarán estrechamente

relacionados con este período, brindando una visión detallada de los desafíos y consideraciones asociados con el proceso de expansión de los botaderos en la mina. Este enfoque temporal limitado garantizará una comprensión precisa de la situación en un momento particular y facilitará la toma de decisiones informadas para mejorar la seguridad y eficiencia de las operaciones mineras en la mina Poderosa.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Formulación del problema general

¿Cómo influye la reubicación de depósito de material excedente en la ampliación del botadero de la mina poderosa 2023?

1.3.2. Formulación del problema específico

- ¿Cuáles son los factores geotécnicos, hidrológicos y sismológicos en los taludes evaluados permiten la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023?
- ¿Cuáles son los compuestos químicos del material excedente evaluado en el botadero en de la mina Poderosa 2023?
- ¿Cuál es el criterio adecuado para la estabilidad física los taludes que permiten la ampliación del botadero en la mina Poderosa 2023?
- ¿Cuál será la respuesta del análisis de estabilidad estático y pseudoestático del talud utilizando software Slide v.9, para establecer la reubicación de depósito de material excedente en la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023?

1.4. Justificación e importancia

Justificación teórica:

La ampliación de botaderos en minas es un tema de gran relevancia en la industria minera, ya que implica desafíos significativos en términos de seguridad y sostenibilidad ambiental. Desde una perspectiva teórica, este estudio se fundamenta en los principios de la geotecnia minera y la gestión de desechos, centrándose en la evaluación de la estabilidad de los taludes. La teoría geotécnica proporciona un marco conceptual sólido para comprender los factores que influyen en la estabilidad de los taludes, como la geología del sitio, las propiedades del suelo y la hidrogeología. Además, la teoría de la gestión de desechos mineros ofrece pautas para manejar de manera efectiva los desechos generados durante el proceso de extracción, garantizando la minimización de impactos negativos en el medio ambiente y la seguridad de las operaciones mineras.

Justificación Práctica

Desde una perspectiva práctica, la necesidad de ampliar los botaderos en la mina Poderosa es una realidad que debe abordarse de manera urgente. La capacidad máxima del botadero La Brava ha sido alcanzada, lo que ha generado la necesidad imperativa de su ampliación para gestionar el creciente volumen de desechos mineros de manera segura y sostenible. Este estudio proporcionará información práctica y relevante para respaldar la toma de decisiones en la planificación y ejecución de la ampliación del botadero. Además, permitirá identificar medidas de mitigación adecuadas para garantizar la estabilidad de los taludes y la seguridad de las operaciones mineras, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la mina Poderosa y su entorno circundante.

Justificación Metodológica

La metodología propuesta para este estudio se basa en un enfoque multidisciplinario que integra técnicas de geotecnia, hidrogeología y análisis de riesgos. Se utilizarán métodos de evaluación geotécnica para analizar la estabilidad de los taludes y determinar los factores de

seguridad correspondientes. Además, se llevarán a cabo estudios hidrológicos para evaluar el impacto del agua en la estabilidad de los taludes y se aplicarán técnicas de análisis de riesgos para identificar posibles escenarios de falla y desarrollar medidas de mitigación adecuadas. Esta metodología proporcionará un enfoque integral para abordar los desafíos asociados con la ampliación del botadero en la mina Poderosa, asegurando así la calidad y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Importancia

La importancia del estudio radica en su capacidad para garantizar la seguridad y sostenibilidad de las operaciones mineras, especialmente en lo que respecta a la gestión de desechos y la estabilidad de los taludes en la ampliación de botaderos. Un enfoque riguroso al evaluar los parámetros de diseño es esencial para asegurar la estabilidad física del depósito de desechos a corto y largo plazo. Esto no solo tiene implicaciones durante la actividad minera, donde la estabilidad del depósito es crucial para prevenir accidentes y garantizar la seguridad de los trabajadores, sino también una vez que la mina haya sido clausurada.

La evaluación adecuada de los parámetros de diseño ayuda a mitigar los riesgos asociados con posibles fallas en los taludes, lo que podría resultar en deslizamientos de tierra, colapsos o derrumbes. Al mantener la estabilidad del depósito de desechos, se previenen posibles inconvenientes futuros que podrían surgir, como la contaminación del agua subterránea o superficial, la degradación del suelo y el paisaje, y los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Además, asegurar la estabilidad del depósito de desechos a largo plazo es fundamental incluso después de que la mina haya sido clausurada. Esto garantiza que no haya riesgos residuales para la comunidad local y el entorno circundante una vez que la actividad minera haya cesado. La

estabilidad del depósito de desechos contribuye así a la rehabilitación exitosa de la mina y al cumplimiento de las regulaciones ambientales, promoviendo un cierre de minas responsable y sostenible.

1.5. Limitaciones de la investigación.

La investigación se centra exclusivamente en el diseño geotécnico y su impacto en las estructuras mineras específicas del botadero de desmontes en la mina Poderosa. Esta limitación implica que los resultados y conclusiones obtenidos no pueden extrapolarse fácilmente a otras estructuras mineras o contextos geográficos. La falta de generalización puede restringir la aplicabilidad de los hallazgos a situaciones diferentes fuera del ámbito de la mina Poderosa.

1.6. Objetivo

1.6.1. Objetivos generales

Evaluar la influencia de la reubicación de depósito de material excedente en la ampliación del botadero de la mina poderosa 2023.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar los factores geomecánicos, hidrológicos y sismológicos en los taludes evaluados permiten la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023.
- Conocer los compuestos químicos del material excedente evaluado en el botadero en de la mina Poderosa 2023.
- Establecer el criterio adecuado para la estabilidad física los taludes que permiten la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023.
- Evaluar la respuesta del análisis de estabilidad estático y pseudoestático del talud utilizando software Slide v.9, para establecer el diseño de ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

Vega, (2022) en su tesis “Evaluación Geotécnica del Depósito de Desmonte Excélsior de Cerro de Pasco, 2020” tuvo por objetivo determinar los parámetros geotécnicos y evaluar la factibilidad de la estabilidad física para el cierre del pasivo ambiental en el depósito de desmonte Excélsior de Cerro de Pasco. Metodología: Se utilizó una variedad de herramientas y materiales para obtener los resultados necesarios. Esto incluyó ensayos de campo como la penetración dinámica ligera, densidad y permeabilidad, así como ensayos de laboratorio como los de resistencia y límites de Atterberg. Se realizó una muestra no probabilística de 8 calicatas y 7 trincheras. La metodología incluyó la revisión documental, observación de campo, técnica de calicata y trinchera, ensayos in situ y análisis documental. Los datos recolectados fueron procesados en software como Ms-Excel v.2016 y Slide. Resultados: Los parámetros geotécnicos obtenidos incluyeron la capacidad admisible del suelo y el análisis pseudoestático de los taludes, que demostraron un índice de 2.21 g/cm³ y un coeficiente sísmico de 0.17 g, respectivamente. Estos parámetros fueron fundamentales para determinar la factibilidad del depósito de desmonte Excélsior. Los resultados también incluyeron parámetros geotécnicos detallados obtenidos de ensayos de campo y

laboratorio, como la cohesión, el ángulo de fricción y el peso específico del suelo, que se utilizaron para garantizar la estabilidad física del depósito. Conclusiones: La evaluación geotécnica concluyó que el depósito de desmonte Excélsior de Cerro de Pasco es factible para la construcción del depósito de desmonte para el cierre del pasivo ambiental minero. Los resultados proporcionan información crucial para el diseño y la implementación de medidas de mitigación ambiental necesarias para asegurar la estabilidad a largo plazo del depósito. Este estudio contribuye significativamente al conocimiento y la gestión efectiva de los pasivos ambientales en la industria minera, especialmente en el contexto de Cerro de Pasco.

Carrion, (2019) en su tesis tiene como objetivo principal realizar un análisis detallado y diseñar medidas de estabilidad de talud en el Sector Sausacocha – Pallar Km. 8+000 al 9+000, ubicado en la Provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad. Esto se debe a los constantes deslizamientos ocasionados por factores como la erosión, movimientos sísmicos e intensas lluvias en la zona. Metodología: Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los diversos factores que afectan la estabilidad del talud, apoyándose en las teorías de la mecánica de suelos y utilizando métodos no exactos para el estudio del talud. Se buscarán alternativas de solución para mitigar posibles deslizamientos futuros, con el objetivo de garantizar una infraestructura segura, adecuada y eficiente que mantenga la estabilidad del talud, permitiendo un tránsito fluido y evitando pérdidas materiales y humanas en los sectores Sausacocha y Pallar de la provincia de Sánchez Carrión, en la región de La Libertad. Resultados: Los resultados de esta investigación proporcionarán una comprensión más profunda de los factores que contribuyen a la inestabilidad del talud en el Sector Sausacocha – Pallar. Se identificarán y analizarán las posibles soluciones para mitigar los deslizamientos y se propondrán medidas específicas para garantizar la estabilidad a largo plazo del talud. Estos resultados servirán como base para el diseño e implementación de

infraestructuras seguras y efectivas en la zona, con el fin de proteger a los pobladores y evitar pérdidas materiales. Conclusiones: La investigación sobre la estabilidad del talud en el Sector Sausacocha – Pallar Km. 8+000 al 9+000 de la Provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, es crucial para garantizar la seguridad y el bienestar de la comunidad local. Mediante un análisis exhaustivo y la implementación de medidas adecuadas, se podrá minimizar el riesgo de deslizamientos y asegurar la estabilidad de la infraestructura en la zona. Esto contribuirá significativamente a la protección de vidas y propiedades, así como al desarrollo sostenible de la región.

Ramos, (2023) tuvo por objetivo principal de investigación llevar a cabo el rediseño de los taludes con material de desmonte con el fin de mejorar su estabilidad física. Se trata de un estudio no experimental de carácter explicativo, que busca describir las diferentes fases de desarrollo del proyecto. Metodología: La metodología de la investigación se dividió en varias fases. En primer lugar, se realizó una revisión exhaustiva de toda la información proporcionada por el cliente. Luego, se llevaron a cabo trabajos de campo para verificar las condiciones actuales del depósito de desmonte. Durante esta etapa, se tomaron muestras para realizar ensayos de suelos y obtener las propiedades físicas necesarias. Posteriormente, en la fase de gabinete, se realizaron análisis para mejorar la estabilidad física del depósito de desmonte Tacaza. Se verificaron las zonas con un factor de seguridad más bajo y se propusieron soluciones para abordar este problema. Resultados: Los resultados de la investigación indican que las propiedades del material de desmonte son $P_e = 12,25$ kN/m³, $C = 4$ Kpa, $\phi = 32^\circ$, clasificado como un SM. Los taludes finales diseñados son de 15H:1,0V, con una altura de relleno de 15 m. Se encontró que los factores de seguridad obtenidos están por encima del mínimo permisible en las tres secciones de análisis. Esto garantiza la estabilidad de la estructura y confirma la efectividad del rediseño propuesto. Conclusiones: En conclusión, el

rediseño de los taludes con material de desmonte realizado en esta investigación ha demostrado ser efectivo para mejorar la estabilidad física del depósito de desmonte Tacaza. Los análisis y trabajos de campo realizados permitieron identificar áreas de riesgo y proponer soluciones adecuadas para garantizar la seguridad de la estructura. Estos resultados son fundamentales para la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería geotécnica, contribuyendo así a la prevención de deslizamientos y garantizando la seguridad de las infraestructuras.

Santivañez, (2019) en su tesis de maestría, tuvo por objetivo de este estudio es desarrollar una Herramienta de Gestión Ambiental de categoría II, equivalente a un Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd), para aplicarlo en las fases de planificación, ejecución y abandono de la etapa constructiva del proyecto del puente Comuneros II. Este puente tiene como finalidad interconectar los distritos de Huamancaca Chico y Huancayo. Metodológicamente, se realizó una investigación detallada que incluyó la evaluación de posibles impactos ambientales del proyecto, así como la identificación de medidas de manejo ambiental y contingencia. Se establecieron programas específicos y medidas de manejo ambiental basadas en la evaluación de impacto ambiental, garantizando la implementación de medidas para mitigar posibles riesgos derivados de fenómenos naturales. Los resultados: realizan una propuesta de EIASd para el proyecto del puente Comuneros II, que incluye una serie de programas y medidas de manejo ambiental específicas. Estos programas y medidas están diseñados para ser implementados durante las fases de planificación, ejecución y abandono de la etapa constructiva del proyecto. Además, se han establecido medidas de contingencia para hacer frente a posibles riesgos derivados de fenómenos naturales. Se concluye que: El EIASd desarrollado para el proyecto del puente Comuneros II garantiza la implementación efectiva de medidas de manejo ambiental durante todas las etapas del proyecto. Esto se logra a través de un presupuesto asignado a cada programa, lo que asegura el

cumplimiento de las medidas propuestas y reduce la probabilidad de alteraciones ambientales significativas en el río Mantaro. Este enfoque integral de gestión ambiental contribuirá a minimizar los impactos ambientales negativos y a promover un desarrollo sostenible del proyecto del puente Comuneros II.

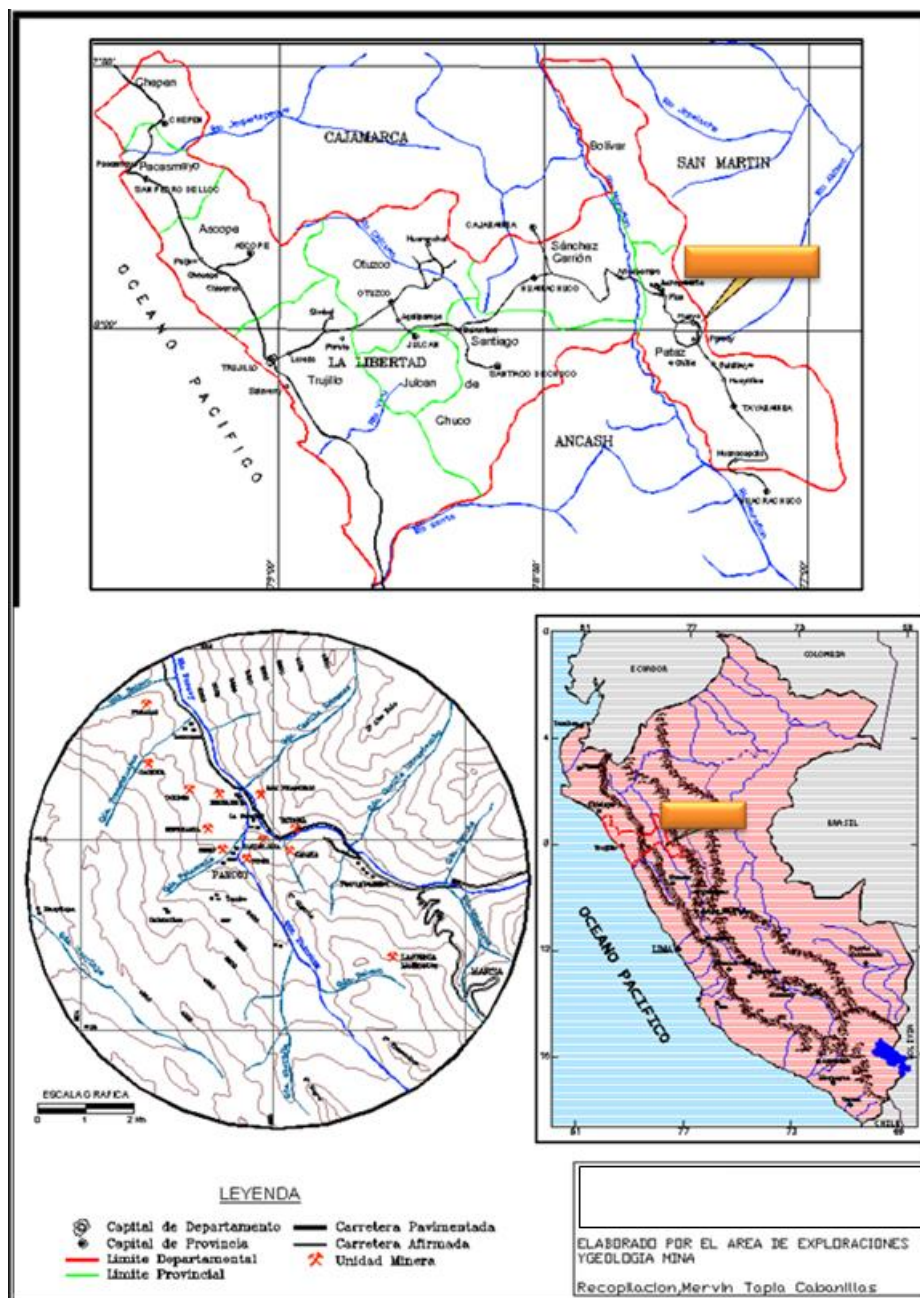
2.2. Generalidades de la mina

2.2.1. Ubicación.

La Mina está ubicada en el territorio y región de Pataz, en el departamento de La Libertad, a una altura que oscila entre los 1200 y 2800 metros sobre el nivel del mar.

Este yacimiento se extiende por una superficie de 78 674 hectáreas, con sus fronteras marcadas por las coordenadas UTM: N 9 143 270, N 9 149 800, E 206 400 y E 212 220. Se localiza en la zona de protección del río Abiseo, lo que indica su proximidad e importancia en el contexto ambiental. Su ubicación geográfica se encuentra en el lado derecho del río Marañón, lo que le otorga un relieve caracterizado por su topografía abrupta.

La existencia de pendientes empinadas y cañones profundos contribuye a la singularidad y complejidad del relieve en esta región.

Figura 2:*Ubicación mina Poderosa.*

2.2.2. Accesibilidad.

Para llegar a la mina poderosa, donde se desarrollarán las actividades, se dispone de la siguiente ruta de acceso:

Tabla 1:*Rutas de acceso vía aérea*

De	A	Distancia (km)	Tiempo (hr min)	Medio
Lima	Trujillo	486	00:45	Avión
Trujillo	Chagual	144	00:30	Avioneta
Chagual	Santa María	45	02:00	Camioneta
Total:		675	03:015	

También se puede seguir la siguiente ruta:

Tabla 2:*Rutas de acceso via aérea y terrestre*

De	A	Distancia (km)	Tiempo (hr min)	Medio
Lima	Chagual	715	01:40	Avioneta
Chagual	Santa María	45	00:40	Camioneta
Total:		760	02:20	

Tabla 3:*Rutas de acceso via terrestre*

De	A	Distancia (km)	Tiempo (hr min)	Medio
Lima	Trujillo	557	08:00	Panamericana
Trujillo	Chagual	340	15:00	Afirmada
Chagual	Santa María	45	02:00	Afirmada
Total:		942	25:00	

2.2.3. Clima y Meteorología

El clima en la región donde se encuentra la Mina Poderosa es variado, con rangos que van desde temperaturas moderadas hasta calurosas. Se distingue por presentar una temporada de lluvias que abarca desde noviembre hasta abril, mientras que el resto del año experimenta un clima seco.

Respecto a los datos de precipitación, la Mina Vigorosa ha realizado mediciones en las estaciones de Vijus y Paraíso durante el período comprendido entre enero de 2012 y julio de 2014. Según estos registros, se ha registrado un promedio acumulado de precipitación mensual de 36,9 mm durante varios años.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Evaluación geotécnica

Menciona que la evaluación geotécnica es la integración de múltiples elementos y consideraciones para una evaluación exhaustiva de la ingeniería geotécnica (Flores , 2019).

En este enfoque, se consideran varios elementos clave. En primer lugar, se realiza una caracterización detallada del suelo y del subsuelo, utilizando técnicas como sondeos geotécnicos, ensayos de laboratorio y análisis geofísicos. Esto proporciona información crucial sobre las propiedades del suelo, como su resistencia, permeabilidad, compresibilidad y otros parámetros relevantes para el diseño y la construcción.

Además, se evalúan los riesgos geotécnicos asociados al proyecto, como la estabilidad de taludes, la susceptibilidad a la erosión, la subsidencia del suelo y otros fenómenos que puedan afectar la seguridad y la durabilidad de la infraestructura. Esto implica la identificación de posibles escenarios de falla y la implementación de medidas de mitigación adecuadas.

Otro aspecto importante es la selección de técnicas de construcción adecuadas, considerando las condiciones geotécnicas específicas del sitio y los requisitos del proyecto. Esto puede incluir la elección de métodos de cimentación, técnicas de excavación y sostenimiento, y otros aspectos relacionados con la ejecución de la obra (Iberico, 2015).

Finalmente, se incorporan consideraciones de sostenibilidad en la evaluación geotécnica, evaluando el impacto ambiental, social y económico del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Esto incluye la minimización de la huella ambiental, la optimización de los recursos y la maximización de los beneficios para la comunidad local.

2.3.2. Geomecánica

La geomecánica, según (Das, 2013) es una disciplina fundamental en la ingeniería geotécnica que se centra en el estudio de las interacciones entre la mecánica de los materiales geológicos y la geometría de las estructuras en la corteza terrestre. Esta disciplina se basa en principios de mecánica de rocas y su objetivo principal es comprender el comportamiento de las formaciones rocosas y su respuesta a las cargas externas y al ambiente geológico. A través del análisis geomecánico, se pueden prever y evaluar fenómenos como la deformación de rocas, la estabilidad de taludes, la fracturación de formaciones y la interacción roca-fluido en la explotación de recursos naturales, entre otros. La aplicación de la geomecánica es esencial en diversas industrias, incluyendo la minería, la ingeniería civil y la geotermia, proporcionando herramientas y metodologías para la planificación, diseño y operación segura de proyectos en ambientes geológicamente complejos.

2.3.2.1. Macizo rocoso.

El macizo rocoso, en términos geomecánicos, se refiere a una masa de roca que posee características físicas y mecánicas específicas que influyen en su comportamiento bajo cargas externas y condiciones ambientales. Según (Hoek, Brow, & Crranza, 2002) el macizo rocoso es un medio heterogéneo y anisotrópico compuesto por diversas estructuras geológicas, como fracturas, diaclasas y discontinuidades, que pueden afectar significativamente su estabilidad y respuesta a los esfuerzos. La comprensión del macizo rocoso es fundamental en la ingeniería geotécnica y la

minería, ya que influye en la planificación, diseño y ejecución de proyectos que involucran la excavación, soporte y sostenimiento de túneles, pozos y cavernas subterráneas. El análisis del macizo rocoso implica la caracterización de sus propiedades geológicas, mecánicas y hidrogeológicas, así como la evaluación de su comportamiento en función de las condiciones de carga y el entorno geológico. Mediante técnicas de mapeo geológico, modelado numérico y pruebas de campo y laboratorio, se pueden desarrollar estrategias efectivas para la gestión y mitigación de riesgos asociados al macizo rocoso en proyectos de ingeniería civil y minera.

2.3.2.2. Caracterización Geomecánica.

La caracterización geomecánica, según (Smith & Jones, 2020) es un proceso fundamental en la ingeniería geotécnica que se centra en la evaluación de las propiedades mecánicas y geológicas de las formaciones rocosas y su interacción con las estructuras construidas en ellas. Este proceso implica la recopilación y análisis de datos geológicos, geotécnicos y geofísicos para comprender el comportamiento del macizo rocoso bajo diversas condiciones de carga y ambientales. La caracterización geomecánica incluye la identificación y clasificación de las características geológicas, como la litología, estructuras de fractura y diaclasas, así como la evaluación de las propiedades mecánicas de la roca, como resistencia, deformabilidad, y permeabilidad. Mediante técnicas como ensayos de laboratorio, pruebas in situ, y modelado numérico, se pueden obtener datos precisos sobre el comportamiento del macizo rocoso, lo que permite tomar decisiones informadas en el diseño y ejecución de proyectos de ingeniería civil, minería y geotermia, garantizando la seguridad y eficiencia de las estructuras construidas en estas áreas.

2.3.2.3. Calidad del Macizo Rocoso.

La calidad del macizo rocoso, de acuerdo con Bieniawski (1973), se refiere a la capacidad del mismo para soportar cargas y mantener la estabilidad de las estructuras construidas en él. Esta calidad se evalúa en función de diversos parámetros geomecánicos, como la resistencia de la roca, la presencia de discontinuidades, la fracturación, la meteorización y la permeabilidad. Una alta calidad del macizo rocoso indica que este es homogéneo, resistente y estable, lo que facilita la construcción de obras civiles y mineras con un menor riesgo de falla o colapso. Por otro lado, una baja calidad del macizo rocoso se asocia con la presencia de fracturas, diaclasas y otras discontinuidades que pueden debilitar la roca y comprometer la seguridad de las estructuras construidas en ella. La evaluación de la calidad del macizo rocoso es crucial en la planificación y diseño de proyectos de ingeniería, ya que influye en la selección de métodos de excavación, soporte y sostenimiento, así como en la estimación de costos y riesgos asociados a la construcción en áreas geológicamente complejas.

2.3.3. Mecánica de suelos

La mecánica de suelos, como campo fundamental de la ingeniería geotécnica, ofrece un marco teórico crucial para la evaluación geotécnica de proyectos como la reubicación del depósito de material excedente de mina. Según la "Teoría del Esfuerzo Efectivo" propuesta por Karl Terzaghi en 1925, la resistencia y el comportamiento de los suelos se determinan principalmente por los esfuerzos efectivos, la diferencia entre los esfuerzos totales y los intersticiales. Al aplicar esta teoría a la evaluación geotécnica de la reubicación del depósito, se consideran aspectos clave como la capacidad portante del suelo en la nueva ubicación, la estabilidad de los taludes del depósito y la interacción suelo-estructura para garantizar una disposición segura y sostenible del material excedente. La caracterización detallada del suelo mediante ensayos geotécnicos de

laboratorio y de campo, siguiendo los principios de Terzaghi, proporciona información crucial sobre las propiedades mecánicas y geotécnicas del suelo, necesaria para evaluar los riesgos y diseñar medidas de mitigación adecuadas (Reyes , 2019).

2.3.3.1. Capacidad portante

La capacidad portante es un parámetro fundamental en la ingeniería geotécnica que se refiere a la capacidad del suelo para soportar cargas aplicadas sin sufrir un fallo o una deformación excesiva. Esta capacidad está determinada por las propiedades mecánicas y geotécnicas del suelo, como su resistencia a la compresión, cohesión y ángulo de fricción interna. La capacidad portante se evalúa mediante ensayos de laboratorio y de campo, como el ensayo de penetración estándar (SPT) o el ensayo de placa, y se expresa comúnmente como una presión máxima que el suelo puede soportar por unidad de área, conocida como presión admisible o presión de contacto. La capacidad portante es un factor crítico en el diseño de cimentaciones para estructuras civiles y de ingeniería, ya que garantiza la estabilidad y seguridad de las mismas bajo diferentes condiciones de carga y suelo. En el contexto de la evaluación geotécnica de la reubicación del depósito de material excedente de mina, la capacidad portante del suelo en la nueva ubicación es un aspecto clave a considerar para asegurar una disposición segura y sostenible del material excedente (Santander, 2019).

2.3.4. Ensayos geotécnicos

Los ensayos geotécnicos son procedimientos de evaluación utilizados en ingeniería geotécnica para caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo y las rocas en un sitio específico. Estos ensayos proporcionan información crucial para el diseño y la construcción de obras civiles y geotécnicas, así como para la evaluación de la estabilidad y el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y ambientales. Algunos de los ensayos geotécnicos más

comunes incluyen el ensayo de penetración estándar (SPT), el ensayo de placa, el ensayo de consolidación, el ensayo de corte directo, el ensayo de permeabilidad, entre otros. Estos ensayos permiten determinar parámetros importantes como la resistencia al corte, la compresibilidad, la permeabilidad, la capacidad portante y otros aspectos relevantes para el diseño y la construcción de estructuras geotécnicas. En el contexto de la evaluación geotécnica de la reubicación del depósito de material excedente de mina, los ensayos geotécnicos son fundamentales para caracterizar el suelo en la nueva ubicación y evaluar su idoneidad para soportar cargas, prevenir la erosión y garantizar la estabilidad a largo plazo de la disposición del material excedente (Vilca, 2019).

2.3.5. Ensayos de laboratorio

2.3.5.1. Ensayo de Compresión Simple

El ensayo de compresión simple es un procedimiento estándar en la ingeniería geotécnica utilizado para determinar la resistencia a la compresión no drenada de suelos cohesivos. Este ensayo, propuesto por primera vez por Karl von Terzaghi en la década de 1920, implica la aplicación gradual de una carga axial sobre una muestra de suelo confinada lateralmente en condiciones de esfuerzo confinado constante. La carga se aplica de forma continua hasta que la muestra alcanza su capacidad máxima y falla. Durante el ensayo, se registra la carga aplicada y la deformación axial de la muestra. Los resultados obtenidos proporcionan información crucial sobre la resistencia y la compresibilidad del suelo, que son fundamentales para el diseño de cimentaciones, muros de contención y otros proyectos de ingeniería civil y geotécnica (Tierra & Toapanta, 2020).

2.3.5.2. Ensayo corte directo

El ensayo de corte directo es un procedimiento utilizado en ingeniería geotécnica para determinar la resistencia al corte de un suelo. En este ensayo, se aplica una carga horizontal sobre una muestra de suelo confinada lateralmente, lo que induce una falla por corte en la muestra. La carga se incrementa gradualmente hasta que se produce el deslizamiento del suelo a lo largo de una superficie de ruptura horizontal definida dentro de la muestra. Este ensayo proporciona información crucial sobre la resistencia al corte del suelo, que es fundamental para el diseño de estructuras como muros de contención, terraplenes, taludes y cimentaciones. Además, permite determinar parámetros importantes como el ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo, que son fundamentales para evaluar la estabilidad y el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y ambientales. La técnica del corte directo fue desarrollada originalmente por Arthur Casagrande en la década de 1930 y se ha convertido en un procedimiento estándar en la caracterización geotécnica de suelos (Tierra & Toapanta , 2020).

2.3.5.3. Ensayo de permeabilidad

El ensayo de permeabilidad es un procedimiento utilizado en ingeniería geotécnica para determinar la capacidad de un suelo para permitir el flujo de agua a través de él. Este ensayo es crucial para comprender el comportamiento hidráulico del suelo, lo que es fundamental en el diseño de estructuras de ingeniería como cimentaciones, presas, terraplenes, entre otras. En el ensayo, se aplica una diferencia de carga hidráulica a través de una muestra de suelo y se mide el flujo de agua que atraviesa la muestra en un período de tiempo determinado. A partir de estos datos, se calcula el coeficiente de permeabilidad del suelo, que es una medida de su capacidad para permitir el flujo de agua. Este coeficiente puede variar dependiendo de factores como la porosidad, la granulometría y la estructura del suelo. El ensayo de permeabilidad puede realizarse utilizando diferentes

métodos, como el método del permeámetro de carga constante o el método del permeámetro de carga variable. La información obtenida de este ensayo es fundamental para evaluar la estabilidad de las estructuras en contacto con el agua subterránea y para diseñar sistemas de drenaje eficientes.

Cohesión

La coherencia en el contexto de la mecánica de suelos se refiere a la capacidad del suelo para mantener su estructura interna y resistir la deformación bajo cargas externas. Los suelos cohesivos, como las arcillas, tienen partículas finas que se adhieren entre sí debido a fuerzas de cohesión, lo que les confiere una mayor resistencia a la compresión y una menor permeabilidad. La coherencia del suelo es importante para determinar su estabilidad y su capacidad para soportar estructuras (NTP 400.012, 2013).

Peso Específico

El peso específico de un suelo se refiere a la densidad del material en relación con el volumen ocupado. Es una medida de la masa por unidad de volumen y se expresa en unidades de peso por unidad de volumen, como kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) o libras por pie cúbico (lb/ft^3). El peso específico del suelo varía según su composición y contenido de agua, y es importante para calcular cargas, presiones y esfuerzos en estructuras y cimentaciones (NTP 339.18, 2013).

Permeabilidad

La permeabilidad es la capacidad de un suelo para permitir el paso de fluidos a través de él. Se refiere a la velocidad a la cual el agua u otros fluidos pueden moverse a través de los poros y espacios interconectados del suelo. La permeabilidad del suelo depende de factores como el tamaño de las partículas, la distribución de los poros y la estructura del suelo. Los suelos permeables

permiten el drenaje rápido del agua, mientras que los suelos impermeables pueden causar problemas de inundación y acumulación de agua (NTP 400.012, 2013).

2.3.6. Desmante de mina

El desmante de mina es una operación crucial en la industria minera que consiste en la remoción de capas de material superficial y estéril para acceder a los depósitos minerales subyacentes. Este informe proporcionará una visión general de los diferentes aspectos relacionados con el desmante de mina, incluyendo sus objetivos, métodos, consideraciones ambientales y de seguridad, así como su importancia en el proceso minero (Arenas, 2019).

2.3.6.1. Objetivos del Desmante de Mina

El principal objetivo del desmante de mina es facilitar el acceso a los yacimientos minerales para su extracción eficiente y rentable. Además, puede incluir objetivos secundarios como la preparación del terreno para futuras operaciones mineras, la optimización de la producción y la minimización de los impactos ambientales.

2.3.6.2. Métodos de Desmante

Existen varios métodos de desmante de mina, que varían según las características del terreno, el tipo de mineral a extraer y los recursos disponibles. Algunos de los métodos más comunes incluyen el desmante con explosivos, el desmante mecánico con excavadoras y cargadores frontales, y el desmante hidráulico con el uso de agua a alta presión (Belandria & Bongiorno, 2016).

2.3.6.3. Consideraciones Ambientales y de Seguridad

Es fundamental tener en cuenta los impactos ambientales y los riesgos para la seguridad durante el desmante de mina. Esto incluye la gestión adecuada de los residuos y la prevención de

la contaminación del suelo y el agua. Además, se deben implementar medidas de seguridad para proteger a los trabajadores y prevenir accidentes.

2.3.6.4. Importancia del Desmante de Mina en el Proceso Minero

El desmante de mina juega un papel crucial en el proceso minero al permitir el acceso a los depósitos minerales y facilitar su extracción. Sin una operación eficiente de desmante, la producción minera podría ser menos rentable y más difícil de llevar a cabo. Además, el desmante de mina puede influir en otros aspectos del proceso minero, como la planificación de la mina, la logística y la gestión ambiental.

2.3.7. Talud

Un talud es una superficie inclinada de la corteza terrestre que puede presentarse de forma natural o ser creada por actividades humanas, como excavaciones o construcciones. Se caracteriza por su pendiente, que puede variar desde suaves inclinaciones hasta pendientes muy pronunciadas. Los taludes son comunes en entornos geológicamente activos y pueden encontrarse en diferentes tipos de terreno, como montañas, laderas, carreteras, o incluso en estructuras artificiales como terraplenes o muros de contención (ARAYA ARRIOS, 2018).

Los taludes pueden experimentar procesos de erosión, deslizamiento o colapso debido a factores como la acción del agua, cambios en la carga del suelo, actividad sísmica, entre otros. Por esta razón, el estudio y la evaluación de la estabilidad de los taludes son de suma importancia en ingeniería geotécnica y en la planificación de obras civiles, ya que pueden representar riesgos para la seguridad de las personas y las infraestructuras si no se manejan adecuadamente.

2.3.7.1. Estabilidad de taludes

La estabilidad de los taludes es un aspecto crucial en la ingeniería geotécnica y la planificación de obras civiles. Se refiere a la capacidad de una superficie inclinada, como un talud natural o una pendiente creada artificialmente, para resistir los efectos de la gravedad y otros factores que puedan causar su colapso o deslizamiento. Este concepto es fundamental en la evaluación y el diseño de infraestructuras, como carreteras, presas, terraplenes y edificaciones, ya que taludes inestables pueden representar un riesgo para la seguridad de las personas y las propiedades.

Para determinar la estabilidad de un talud, se deben considerar una serie de factores geológicos, geotécnicos y ambientales, como la geometría del talud, las características del suelo o roca que lo compone, la presencia de agua subterránea, la carga aplicada sobre el talud, la acción del viento, la actividad sísmica, entre otros. Estos factores pueden influir en la resistencia y la cohesión del material del talud, así como en su capacidad para mantener su forma y evitar el movimiento no deseado.

La evaluación de la estabilidad de los taludes se realiza mediante estudios geotécnicos y análisis de ingeniería que pueden incluir inspecciones de campo, mapeo geológico, pruebas de laboratorio, modelado numérico y análisis de estabilidad. Con base en los resultados de estos estudios, se pueden diseñar medidas de estabilización y mitigación de riesgos, como la construcción de sistemas de drenaje, la instalación de estructuras de contención, la modificación de la geometría del talud o la implementación de monitoreo continuo.

2.3.8. Factor de seguridad

El factor de seguridad es un parámetro crucial en la ingeniería geotécnica y se utiliza para evaluar la estabilidad de estructuras y taludes. Este factor representa la relación entre la resistencia a la carga de una estructura o talud y las fuerzas que actúan sobre ella, como la gravedad, la presión del agua, la carga de la tierra o roca y otros efectos ambientales. En términos simples, el factor de seguridad indica cuánto más resistente es una estructura o talud en comparación con las fuerzas que tienden a provocar su colapso o deslizamiento.

Para calcular el factor de seguridad, se compara la resistencia del material del talud o estructura con las fuerzas que actúan sobre él. Si el factor de seguridad es mayor que 1, significa que la estructura o talud es estable y puede resistir las cargas aplicadas de manera segura. Por el contrario, si el factor de seguridad es menor que 1, indica que la estructura o talud es inestable y corre el riesgo de fallar bajo las condiciones de carga actuales.

El cálculo del factor de seguridad generalmente implica la realización de análisis geotécnicos y estructurales detallados, que pueden incluir pruebas de laboratorio, estudios de campo, modelado numérico y análisis de estabilidad. Es importante tener en cuenta que el factor de seguridad puede variar según las condiciones del sitio, las propiedades del material y otros factores, por lo que es necesario realizar evaluaciones periódicas para garantizar la seguridad a largo plazo de las estructuras y taludes.

2.3.9. Mecanismo de rotura

El mecanismo de rotura es un concepto fundamental en la ingeniería geotécnica que se refiere al proceso mediante el cual un talud o una estructura pierde su estabilidad y experimenta un colapso o deslizamiento. Este mecanismo se determina mediante el análisis de las fuerzas y las

condiciones que actúan sobre el material del talud o la estructura, así como de las propiedades geotécnicas del suelo o roca.

Existen diferentes tipos de mecanismos de rotura, que pueden variar según las características del sitio, la geometría del talud y otros factores. Algunos de los mecanismos de rotura más comunes incluyen el deslizamiento plano, el vuelco, la compresión, la tensión y la flexión. Cada uno de estos mecanismos puede ocurrir en diferentes condiciones y puede requerir enfoques de análisis específicos.

El análisis del mecanismo de rotura es crucial para evaluar la estabilidad de un talud o una estructura y para diseñar medidas de mitigación y prevención de riesgos. Mediante el estudio de los factores que influyen en el mecanismo de rotura, los ingenieros pueden identificar las áreas críticas y tomar las medidas adecuadas para garantizar la seguridad y la estabilidad a largo plazo de las obras geotécnicas.

a) Deslizamientos

Los deslizamientos son uno de los mecanismos de rotura más comunes en geotecnia y se refieren al movimiento de una masa de suelo o roca a lo largo de una superficie de deslizamiento. Este proceso puede ser desencadenado por una variedad de factores, como la sobrecarga, la saturación del suelo, la erosión, la actividad sísmica o la alteración del terreno natural.

El análisis de los deslizamientos implica la evaluación de la estabilidad de la masa de suelo o roca, considerando tanto las fuerzas que actúan sobre ella como sus propiedades geotécnicas. Se utilizan métodos como el método de las rebanadas, el método de equilibrio límite y análisis numéricos para determinar la probabilidad de que ocurran deslizamientos y calcular su magnitud potencial.

La prevención y mitigación de los deslizamientos son aspectos clave en la ingeniería geotécnica, y pueden incluir medidas como el drenaje adecuado, la construcción de estructuras de contención, la estabilización del terreno y la planificación adecuada del uso del suelo para evitar la sobrecarga y la erosión.

- **Deslizamientos traslacionales**

Los deslizamientos traslacionales son aquellos en los que la masa de suelo o roca se mueve a lo largo de una superficie de deslizamiento horizontal o ligeramente inclinada. Este movimiento es similar al deslizamiento de una baraja de cartas sobre una mesa. Los deslizamientos traslacionales pueden ocurrir en terrenos con estratos inclinados o debilitados, y pueden tener consecuencias graves para la estabilidad de las pendientes y las estructuras cercanas.

- **Deslizamientos rotacionales**

Los deslizamientos rotacionales implican un movimiento de la masa de suelo o roca alrededor de un eje de rotación, como una espiral o un arco. Este tipo de deslizamientos se observa comúnmente en pendientes con forma de media luna o en terrenos con estratos curvados. Los deslizamientos rotacionales pueden ser más complejos que los traslacionales y pueden generar formas de terreno características, como los toboganes de tierra.

2.3.9. Factores Condicionantes de Inestabilidad

Los factores condicionantes de inestabilidad se refieren a las condiciones físicas, geológicas y ambientales que predisponen a una pendiente o talud a sufrir un evento de inestabilidad, como un deslizamiento o un colapso. Estos factores pueden variar según el entorno geológico y las características específicas del terreno, pero algunos de los más comunes incluyen:

1. **Geología y Geomorfología:** La composición geológica del terreno, la presencia de estratos débiles o discontinuidades geológicas, y la configuración geomorfológica

de la zona pueden influir significativamente en la estabilidad de los taludes. Por ejemplo, las rocas sedimentarias poco consolidadas o los suelos arcillosos son más propensos a la erosión y los deslizamientos.

2. Hidrología: Los cambios en los patrones de humedad del suelo, como la infiltración de agua debido a la precipitación o la presencia de aguas subterráneas, pueden debilitar la cohesión del suelo y aumentar la presión de poros, lo que aumenta el riesgo de inestabilidad.
3. Topografía: La pendiente y la orientación del terreno son factores importantes que afectan la estabilidad de un talud. Las pendientes pronunciadas aumentan la gravedad de las fuerzas que actúan sobre el talud, mientras que las orientaciones favorables pueden predisponer a ciertos tipos de deslizamientos, como los rotacionales.
4. Actividades Humanas: La actividad humana, como la excavación de terrenos, la construcción de carreteras o edificaciones, la deforestación y la minería, puede alterar las condiciones naturales del terreno y aumentar el riesgo de inestabilidad. Las prácticas de manejo del suelo inadecuadas también pueden contribuir a la degradación de la estabilidad de los taludes.
5. Eventos Naturales: Los eventos naturales, como terremotos, tormentas intensas, huracanes o deshielos, pueden desencadenar procesos de inestabilidad al ejercer fuerzas adicionales sobre los taludes o al modificar las condiciones hidrológicas del área.

2.3.10. Métodos de calculo

Los métodos de cálculo utilizados para evaluar la estabilidad de los taludes pueden variar en función de las características del terreno, los objetivos del análisis y los datos disponibles. Dos de los enfoques más comunes son el método del equilibrio límite y las condiciones de análisis estáticas y pseudoestáticas.

2.3.10.1. Método de equilibrio limite

El método de equilibrio límite, también conocido como método de las fuerzas resistivas y los factores de seguridad, se basa en comparar las fuerzas que actúan sobre un talud con las fuerzas de resistencia del suelo. Este enfoque considera el equilibrio de fuerzas en el punto crítico de un talud para determinar si existe un margen de seguridad suficiente contra el colapso. Se utilizan modelos matemáticos para calcular los factores de seguridad y evaluar la estabilidad del talud bajo diferentes condiciones de carga y geometría.

2.3.10.2. Condiciones de análisis

Las condiciones de análisis son fundamentales para evaluar la estabilidad de los taludes de manera precisa y efectiva. En este contexto, se consideran dos condiciones principales: estática y pseudoestática.

a) Condición estática

En el análisis estático, se considera que el talud está en equilibrio bajo la acción de las fuerzas gravitatorias y las resistencias del suelo en un momento específico. Se evalúa la estabilidad del talud sin tener en cuenta la posible movilización de fuerzas adicionales debido a cambios en las condiciones de carga, como la presencia de agua o sismos.

b) Condición pseudo-estática

En el análisis pseudoestático, se tiene en cuenta la posibilidad de que se produzcan desplazamientos o movimientos del talud debido a fuerzas externas, como la presión del agua o los sismos. Se consideran factores dinámicos y se evalúa la estabilidad del talud bajo diferentes escenarios de carga y condiciones ambientales, teniendo en cuenta la movilización de fuerzas adicionales que pueden influir en su comportamiento.

2.4. Marco conceptual

Evaluación geotécnica: Es un proceso sistemático que implica la recopilación, análisis e interpretación de datos geotécnicos para evaluar la estabilidad de un sitio o estructura y determinar las medidas necesarias para mitigar los riesgos geotécnicos.

Reubicación: Se refiere al proceso de mover o trasladar una estructura, sitio o depósito de material a una nueva ubicación.

Depósito de material excedente: Es un área designada para almacenar los materiales excavados o sobrantes de una actividad minera u otro tipo de construcción. Estos materiales pueden incluir rocas, suelo, escombros u otros subproductos de la operación.

Mina: Es un sitio de excavación donde se extraen minerales, metales u otros recursos naturales del suelo o subsuelo para su posterior procesamiento o uso.

Geotecnia: Es una rama de la ingeniería civil que se enfoca en el comportamiento de la tierra y los materiales geológicos, así como en su interacción con las estructuras construidas sobre o dentro de ella.

Estabilidad geotécnica: Se refiere a la capacidad de un sitio o estructura para resistir las fuerzas geotécnicas, como la gravedad, la presión del agua, el movimiento del suelo y otros factores que pueden afectar su integridad y seguridad.

Riesgos geotécnicos: Son los peligros o amenazas que pueden surgir debido a la inestabilidad del suelo o la roca, como deslizamientos de tierra, hundimientos, erosión, entre otros.

Capítulo III

Metodología

3.1. Tipo de investigación

La investigación se limita principalmente a dos tipos según Ñaupas, et al. (2018): la investigación básica, pura o fundamental, y la investigación aplicada. La investigación aplicada tiene como objetivo generar conocimiento con una aplicación directa a los problemas de la sociedad o del sector productivo, basándose en los descubrimientos tecnológicos de la investigación básica y facilitando el proceso de conexión entre la teoría y el producto.

En este contexto, la investigación aplicada se caracteriza por su enfoque práctico y orientado a la resolución de problemas concretos en la sociedad o en el ámbito productivo. Se basa en la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos para desarrollar soluciones específicas que contribuyan al avance y mejoramiento de la realidad práctica.

Autores como Ñaupas, et al. (2018) destacan que la investigación aplicada desempeña un papel crucial en la generación de innovaciones y el desarrollo de tecnologías que tienen un impacto directo en la vida cotidiana y en la mejora de los procesos industriales. A través de este tipo de investigación, se busca transformar los conocimientos teóricos en aplicaciones prácticas que aborden problemas específicos y contribuyan al progreso socioeconómico.

En el presente estudio, se evalúo la influencia de la reubicación de material desmonte en la estabilidad de los taludes y, por ende, en la seguridad de las operaciones mineras y la preservación del entorno circundante. Esto implica un enfoque práctico y concreto para resolver un problema específico relacionado con la actividad minera.

Además, la metodología a emplear involucra la recopilación de datos geológicos y geotécnicos, así como la realización de investigaciones de campo y de laboratorio para obtener información detallada sobre las propiedades geotécnicas de los suelos y las rocas presentes en el área de ampliación del botadero. Estos datos se utilizarán para modelar el comportamiento del suelo, identificar áreas críticas y predecir el comportamiento futuro del terreno, lo que refuerza el carácter aplicado de tu investigación.

3.2. Enfoque de investigación

El enfoque de Investigación sugiere que el proceso investigativo puede ser abordado desde tres perspectivas distintas: cuantitativa, cualitativa y mixta. Cada una de estas perspectivas presenta características únicas en términos de cómo se comprende y se explora la realidad, así como en la manera en que se persiguen los objetivos de investigación. El enfoque cuantitativo se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos para describir y explicar fenómenos, mientras que el enfoque cualitativo se enfoca en comprender la complejidad de los procesos sociales desde la perspectiva de los participantes, a través de la observación y la interpretación de datos no numéricos. Por otro lado, el enfoque mixto combina elementos de ambos enfoques, permitiendo una comprensión más completa y profunda de la realidad estudiada al integrar datos cuantitativos y cualitativos. La elección del enfoque de investigación adecuado dependerá del tipo de realidad estudiada, los objetivos de investigación planteados y las estrategias metodológicas empleadas para abordar el fenómeno de estudio (Matta, 2019).

Basándonos en la teoría del Enfoque de Investigación, podemos fundamentar que esta tesis se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo. Esto se debe a que el estudio se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos para describir y explicar fenómenos específicos relacionados con la reubicación del depósito de material excedente en la ampliación del botadero de la mina Poderosa en 2023.

La naturaleza de la investigación, que se centra en la evaluación de la estabilidad de los taludes y su influencia en la seguridad de las operaciones mineras, se presta para un enfoque cuantitativo debido a la necesidad de cuantificar y medir variables clave como la resistencia del suelo, la pendiente de los taludes, la carga aplicada y otros parámetros geotécnicos relevantes.

Además, la metodología que se emplea implica la utilización de técnicas y herramientas cuantitativas, como análisis estadísticos, modelado numérico y cálculos de ingeniería, para analizar los datos recopilados y obtener conclusiones sólidas sobre la estabilidad de los taludes y los riesgos asociados con la reubicación del depósito de material excedente.

3.3. Alcance de investigación

Ñaupas, et al. , (2018), los alcances de un estudio están influenciados por la estrategia de investigación empleada, la cual puede combinar elementos de diferentes enfoques metodológicos para abordar de manera integral el problema de investigación. Este enfoque reconoce que los estudios pueden tener múltiples fases, cada una con objetivos y métodos específicos que se complementan entre sí para proporcionar una comprensión más completa del fenómeno estudiado.

En este sentido, el Diseño de Investigación Multifásico permite la integración de distintos alcances, como exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos, en un único estudio.

El presente estudio presenta los alcances exploratorio, descriptivo y correlacional y se fundamenta en la necesidad de abordar de manera integral la problemática geotécnica que estás investigando. El enfoque exploratorio permitió iniciar el estudio con una fase de reconocimiento y familiarización con la zona de estudio, dado que la información geomecánica era escasa. Esta etapa brindó la oportunidad de identificar posibles variables relevantes y generar hipótesis preliminares sobre la estabilidad del macizo rocoso.

Posteriormente, el alcance descriptivo permitió caracterizar en detalle las propiedades geomecánicas del área de estudio, utilizando técnicas de muestreo y análisis para describir las muestras obtenidas de manera minuciosa. Esta fase fue fundamental para comprender la composición y comportamiento del macizo rocoso, proporcionando una base sólida para el análisis posterior.

Finalmente, el enfoque correlacional permitió establecer relaciones entre las variables geomecánicas investigadas y las propuestas de estabilización del macizo rocoso. Al relacionar los resultados de la investigación con criterios de ingeniería, fue posible determinar la viabilidad de las propuestas de estabilización y su impacto potencial en la estabilidad del área de estudio.

En conjunto, estos tres alcances permitieron obtener una comprensión más completa de la problemática geotécnica abordada, desde la exploración inicial hasta la caracterización detallada y el análisis de relaciones entre variables clave. Esta combinación de enfoques metodológicos fortaleció la validez y la robustez de la investigación, permitiéndote alcanzar los objetivos establecidos de manera efectiva.

3.4. Diseño de investigación

Según Carrasco (2005), El diseño de investigación se refiere al plan detallado y estructura metodológica que se establece para llevar a cabo un estudio o proyecto de investigación. Este plan incluye una serie de decisiones y estrategias que guían la recopilación, análisis e interpretación de datos con el fin de responder a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos planteados.

En el diseño de investigación se define la naturaleza del estudio, incluyendo aspectos como el tipo de investigación (por ejemplo, exploratoria, descriptiva, correlacional o experimental), el enfoque metodológico (cuantitativo, cualitativo o mixto), la población y muestra a estudiar, las variables a medir, los instrumentos de recolección de datos, los procedimientos de análisis y las técnicas estadísticas o cualitativas a utilizar.

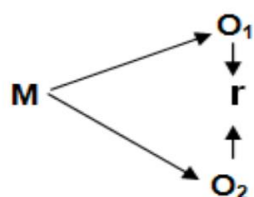
El diseño de investigación es fundamental porque proporciona una hoja de ruta clara para la realización del estudio, asegurando la validez, fiabilidad y relevancia de los resultados obtenidos. Además, permite anticipar posibles obstáculos y minimizar sesgos, garantizando la calidad y robustez del trabajo investigativo.

La investigación se caracteriza como no experimental debido a su enfoque en la evaluación y análisis de condiciones existentes, en lugar de la manipulación o intervención deliberada de variables. En el texto proporcionado, se describe el proceso de análisis y diseño de la estabilidad de taludes en un área específica, sin mencionar la realización de experimentos controlados o la aplicación de tratamientos variables.

En lugar de buscar establecer relaciones causa-efecto mediante la manipulación de variables independientes, la investigación se centra en describir y comprender la situación actual de los taludes, así como en proponer soluciones y estrategias para mitigar posibles problemas de

estabilidad. Esto implica la recolección de datos de campo, análisis de información existente, y la aplicación de métodos y técnicas de evaluación geotécnica y mecánica de suelos.

Al no requerir la manipulación deliberada de variables ni la implementación de condiciones experimentales controladas, la investigación se clasifica como no experimental. En su lugar, se utiliza un enfoque descriptivo y analítico para comprender la situación actual y proponer soluciones adecuadas para garantizar la estabilidad de los taludes en la zona de estudio.



Donde:

M = Muestra

O₁ = Observación de la V.1.

O₂ = Observación de la V.2.

r = Correlación entre dichas variables.

3.5. Población y muestra

Población

La población se refiere al conjunto completo de elementos o individuos que poseen las características o cualidades que se desean estudiar en un determinado contexto de investigación. Esta población puede variar en tamaño y composición dependiendo de la naturaleza del estudio y los objetivos de la investigación. Es importante delimitar claramente la población de estudio para garantizar la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos. Además, la identificación precisa

de la población de investigación facilita la selección de la muestra y la generalización de los hallazgos a la población en general. (Carrasco, 2005)

Las poblaciones en esta investigación estuvieron conformadas por los taludes del botadero de la mina Poderosa.

Muestra

La muestra, en el contexto de la investigación, se refiere a un subconjunto representativo de la población de estudio que se selecciona con el propósito de realizar inferencias sobre la población en su conjunto. La muestra es seleccionada cuidadosamente para garantizar que refleje adecuadamente las características de la población y que permita obtener conclusiones válidas y generalizables. (Carrasco, 2005)

Las muestras se obtendrán realizando calicatas de profundidades promedio de dos metros, de las cuales se recogerán muestras de suelo de cada calicata.

3.6. Hipótesis

3.6.1. Hipótesis general

La reubicación de depósito de material excedente influye significativamente en la ampliación del botadero de la mina poderosa 2023.

3.6.2. Hipótesis específica

- Los factores geomecánicos, hidrológicos y sinológicos en los taludes evaluados permiten significativamente para la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023.
- El criterio adecuado para la estabilidad física los taludes permiten desarrollar la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023.

- Existen compuestos químicos en el material excedente evaluado en el botadero en de la mina Poderosa 2023.
- La respuesta del análisis de estabilidad estático y pseudoestático del talud utilizando software Slide v.9, permite establecer el diseño de ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023.

3.7. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

Tabla 4:

Matriz de operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<u>Variable Independiente:</u>	La ampliación del botadero de la mina se refiere al proceso de expansión o aumento del área designada para la disposición de material excedente o desechos mineros, con el fin de gestionar de manera adecuada los volúmenes adicionales generados por las operaciones mineras. (Guzmán, 2009).	La ampliación del botadero de la mina se lleva a cabo mediante la preparación de nuevos sectores de depósito, la construcción de infraestructuras complementarias como terraplenes o sistemas de contención, y la implementación de medidas de gestión ambiental para garantizar la estabilidad y seguridad de las áreas afectadas.	Ampliación del botadero	• Dimensionamiento
Ampliación del botadero de la mina Poderosa				
<u>Variable Dependiente:</u>	La reubicación de depósito de material excedente se refiere al proceso de trasladar o cambiar la ubicación del área designada para la disposición de los desechos o materiales sobrantes generados por actividades mineras u otras operaciones industriales. Este proceso se lleva a cabo con el fin de optimizar la gestión ambiental, reducir impactos negativos en el entorno circundante y garantizar la seguridad de las instalaciones mineras. (Méndez, 2014).	La reubicación de depósito de material excedente implica la selección de un nuevo sitio adecuado, remoción y traslado de los materiales acumulados, así como la implementación de medidas de restauración ambiental.	Factores Geomecánicos	• Hidrología • Simología • Factores geomecánicos
Reubicación de depósito de material excedente			Estabilidad de taludes	• Análisis estático / pseudoestático • Factor de seguridad

3.8. Técnicas e instrumentos

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos son métodos específicos utilizados para obtener información relevante que contribuya a la investigación. Estas técnicas pueden variar según la naturaleza del estudio y los objetivos planteados. Algunas de las técnicas comunes incluyen la observación directa, los cuestionarios, las entrevistas, los grupos focales y el análisis de documentos. Cada técnica tiene sus propias características y aplicaciones, y la elección de la técnica adecuada depende de la naturaleza de los datos que se buscan, la población de estudio y los recursos disponibles. Es fundamental que las técnicas seleccionadas sean válidas y confiables para garantizar la calidad de los datos recopilados y, por ende, la validez de los resultados obtenidos en la investigación. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

Las técnicas utilizadas en este estudio fueron:

La técnica de revisión documental resulta fundamental para abordar temas sobre la reubicación del depósito de material excedente en la ampliación del botadero de la mina poderosa. Mediante esta técnica, se pudo acceder a una amplia gama de documentos relevantes, como informes técnicos, estudios geotécnicos previos, normativas ambientales y registros históricos de la mina. La revisión documental permitirá obtener antecedentes sólidos y contextualizar tu investigación en el marco teórico existente, identificando posibles desafíos, riesgos y oportunidades asociadas a la reubicación del depósito.

Por otro lado, la observación directa en el sitio de la mina es crucial para complementar la información obtenida a través de la revisión documental. Al observar directamente el terreno y las condiciones geológicas y geotécnicas, se pudo validar la información documental, identificar

aspectos no documentados y comprender mejor la realidad específica del área de estudio. Además, la observación te permitirá detectar posibles signos de inestabilidad, cambios en el terreno y otros factores relevantes que podrían influir en el proceso de reubicación del depósito de material excedente.

Instrumento

Los instrumentos de investigación, son herramientas o medios utilizados por el investigador para recolectar datos con el fin de responder a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos planteados. Estos instrumentos pueden variar según la naturaleza del estudio, los objetivos específicos y las características de la población o muestra. La selección y aplicación adecuada de los instrumentos de investigación son fundamentales para garantizar la validez y confiabilidad de los datos recopilados y, en última instancia, la calidad de los resultados del estudio (Carrasco, 2005).

Se emplearon diversos instrumentos para la recolección de datos durante la investigación geomecánica:

- **Protocolos de observación:** Estos protocolos son esenciales para analizar sistemáticamente las características de las formaciones rocosas. La Guía de Observación de Clasificación Geomecánica se utiliza para evaluar el tipo de roca, su grado de alteración y las discontinuidades presentes en el macizo. Mediante este instrumento, se recopilan datos detallados sobre la orientación y la inclinación de las discontinuidades, lo que permite realizar un análisis estadístico para identificar las familias de discontinuidades predominantes y su impacto en la estabilidad del macizo.

- Protocolos de observación en laboratorio: Estos protocolos se centran en métodos experimentales destinados a determinar las propiedades mecánicas de las rocas. La Guía de Observación en Laboratorio se enfoca en ensayos específicos, como la compresión uniaxial y la carga puntual, que permiten evaluar la resistencia y la deformabilidad de las rocas bajo diferentes condiciones de carga. Estos ensayos proporcionan datos valiosos para comprender el comportamiento mecánico de las formaciones rocosas y su respuesta ante sollicitaciones externas.

3.9. Métodos de análisis de datos

Investigaciones Básicas

- Evaluación geológica (mapeo litológico – estructural en superficie)
- Investigaciones geomecánicas de campo y laboratorio orientados a:
- Determinar la distribución espacial de los sistemas de discontinuidades estructurales (fallas y diaclasas) en cada uno de los dominios estructurales.
- Clasificar la masa rocosa, utilizando formatos de registro geológico mecánico según normas sugeridas por la I.S.R.M (internacional SOCIETY FOR ROCK MECHANICS) mediante la aplicación del criterio de clasificación geomecánica RMR 89 de Bieniawski.
- Estimar los parámetros de resistencia en los distintos dominios geomecánicos que conforman el modelo geomecánico de la mina.
- Dimensionar la ampliación del botadero de la mina Poderosa.
- Analizar la estabilidad global del botadero.

3.10. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.

Los datos recopilados y monitoreados serán sometidos a un riguroso análisis estadístico que comprenderá el cálculo de promedios y la determinación del factor de seguridad promedio en el sistema de pernos de sostenimiento empleado. Se elaborarán tablas comparativas para contrastar los resultados obtenidos con el diseño anterior y el nuevo estándar de trabajo implementado.

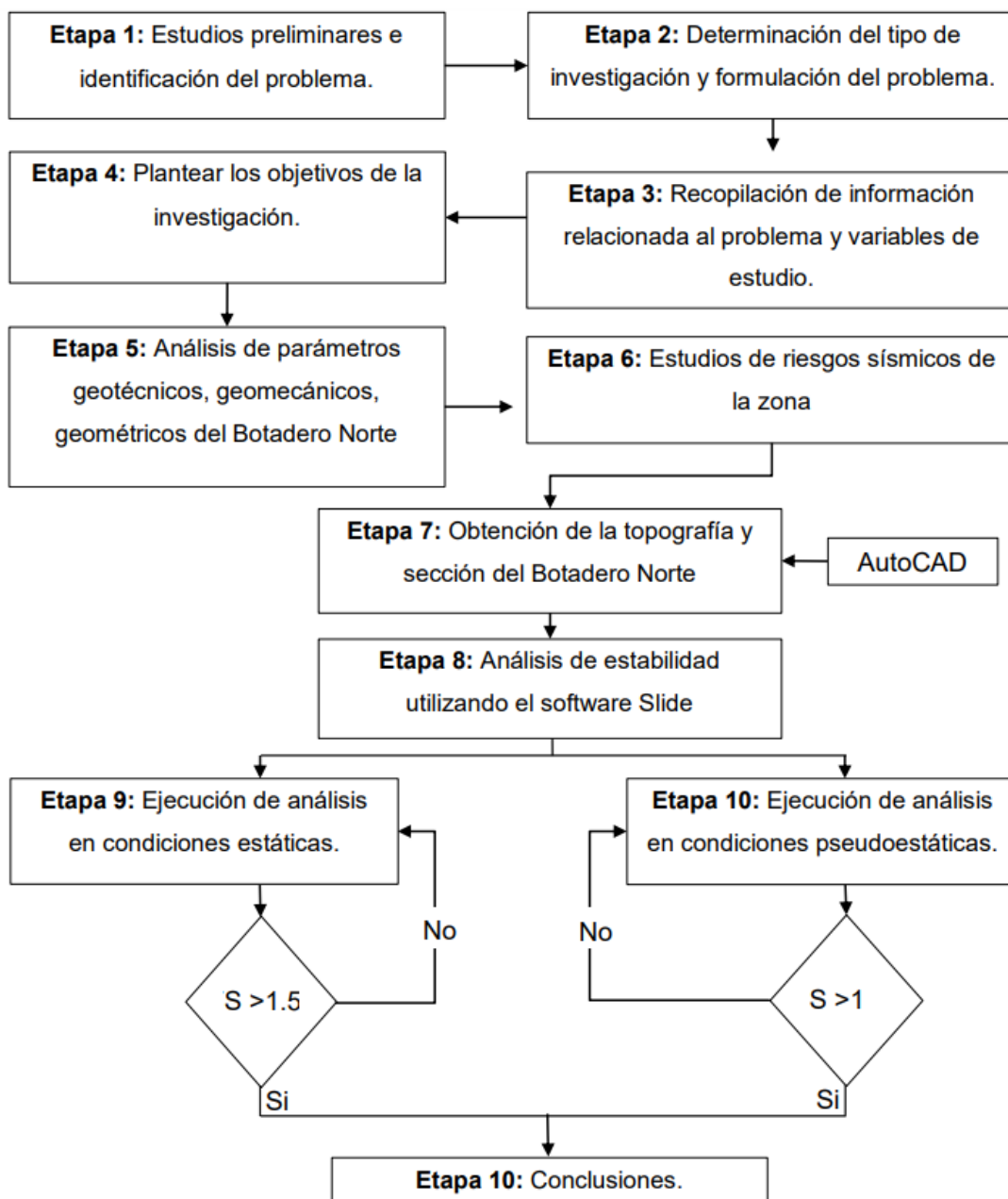
Una vez confirmada la normalidad de los datos, se procederá a realizar una prueba t de Student para evaluar la homogeneidad de la varianza entre los tratamientos estándar. En caso de encontrar similitud en las varianzas, se rechazará la hipótesis nula que indica que no hay diferencia entre las varianzas de ambos grupos si el valor p de la prueba t resulta ser menor que 0.05.

3.11. Desarrollo del trabajo de tesis

En el presente estudio, se han realizado investigaciones en campo, laboratorio y gabinete, las cuales se resumen en la siguiente figura

Figura 3:

Esquema de trabajo de investigación



3.11.1. Análisis de la cimentación

Condiciones de cimentación

Según las exploraciones llevadas a cabo en el terreno y el análisis estratigráfico realizado, se concluye que el subsuelo objeto de estudio exhibe condiciones de cimentación regulares, atribuidas principalmente a la consistencia compacta de naturaleza arcillosa.

Tipo y profundidad de cimentación

Basándonos en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, así como en los datos recopilados durante los trabajos de campo y la descripción del perfil geotécnico, y tomando en cuenta las características estructurales del proyecto, se concluye que la cimentación más adecuada será de tipo superficial.

Cálculo de la capacidad portante admisible

“Las capacidades portantes admisibles se determinaron en base a las características físico-mecánicas del suelo encontradas en las 9 calicatas. El cálculo se realizó utilizando la teoría de Terzaghi y, debido a tratarse de sedimentos compactados, se consideró conveniente utilizar la fórmula de Falla general para el caso”.

$$q_{adm.} = \frac{1}{F.S.} (cN_c + \gamma D_i N_q + 0.4\gamma B N_\gamma)$$

Donde:

q_{adm} : capacidad de carga admisible

c : cohesión (Kg/cm²)

γ : Densidad natural del suelo (gr/cm³)

D_f : Profundidad de la cimentación (m)

B : Ancho de la zapata (m)

N_c, N_q, N_γ : Coeficientes de capacidad de carga en función de ϕ

FS : Factor de seguridad

0.4: Factor de fórmula.

Φ : Angulo de fricción interna.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

4.1. Evaluación geotécnica

4.1.1. Calicatas

Se llevaron a cabo un total de nueve calicatas, cada una con dimensiones aproximadas de 3,00 m x 5,00 m y alcanzando una profundidad máxima de 6 m, estratégicamente ubicadas en el área de interés para el análisis geotécnico correspondiente. La excavación se realizó utilizando maquinaria mecánica, específicamente una retroexcavadora. Durante este proceso, se extrajeron muestras de suelo de cada calicata, las cuales fueron debidamente identificadas y almacenadas en bolsas de polietileno para su posterior análisis en el laboratorio de mecánica de suelos. Las muestras fueron sometidas a ensayos para evaluar tanto sus propiedades físicas como mecánicas, proporcionando información crucial para el estudio geotécnico y la planificación de la ampliación del botadero. Este exhaustivo análisis garantiza una caracterización adecuada del subsuelo y un conocimiento detallado de sus propiedades, aspectos fundamentales para la toma de decisiones informadas en relación al diseño y la estabilidad del proyecto.

Tabla 5:*Ubicación y detalles de las calicatas*

N°	Calicata	Este (m)	Norte (m)	Cota (msnm)	Nivel freático	Profundidad (m)	Cantidad de muestras
01	C - 01	829491.728	9133317.69	3310.087	NA	6	01
02	C — 02	829418.25	9133318.78	3284.191	NA	6	01
03	C - 03	829318.573	9133296.78	3252	NA	6	01
04	C - 04	829184.951	9133004.89	3264.644	NA	6	01
05	C — 05	829117.833	9133252.79	3214.893	NA	6	01
06	C — 06	829289.386	9133119.169	3258.161	NA	6	01
07	CA — 02	829287	9132545	3328	NA	3	01
08	CA — 03	829621	9132439	4412	NA	3	03
09	CA - 10	829871	9132150	3524	NA	2	01

4.1.2. Densidad

Se siguió un proceso metódico y organizado para determinar la densidad natural del suelo durante la ejecución de las calicatas. El suelo extraído se dispuso ordenadamente, dividiéndolo por estratos, y se empleó el método del cono de arena para medir la densidad en campo. Este método in-situ permite obtener la densidad seca y húmeda del suelo, información crucial para los ensayos de laboratorio. En total, se realizaron ensayos de densidad natural en siete calicatas, las cuales presentaban suelos con distintos niveles de densidad. Los datos obtenidos proporcionan una comprensión precisa de la densidad de los suelos en su estado natural, aspecto fundamental para entender su composición y comportamiento geotécnico en el área de la ampliación del botadero. Estos resultados constituyen una base sólida para la toma de decisiones en el diseño y planificación del proyecto, asegurando su estabilidad y seguridad (NTP 400.012, 2013).

Tabla 6:*Densidad natural del terreno*

Nº	Calicata	Suelo	Profundidad (m)	Densidad natural (g/cm3)	Humedad (%)	Densidad (g/cm3)
01	C - 01	Grava arcillosa	6	2.205	7	2.060
02	C – 02	Grava arcillosa	6	2.012	7	1.881
03	C - 03	Arcilla	6	1.880	10	1.709
04	C - 04	Arcilla	6	1.872	10	1.702
05	C – 05	Suelo residual	5.40	2.160	5	2.057
06	C – 06	Arcilla	6	1.878	10	1.707
07	CA -02	Limo arcilloso	1.45	1.920	10	1.74

4.1.3. Perforaciones

Se realizaron perforaciones y calicatas en el área designada para la ampliación del botadero de la mina Poderosa, siguiendo estrictas normas y procedimientos geotécnicos. Las muestras obtenidas durante estas actividades fueron meticulosamente analizadas en laboratorio para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas. Estos datos proporcionaron una comprensión detallada del subsuelo, identificando diferentes tipos de suelos y rocas presentes en la zona.

El análisis geotécnico reveló información crucial sobre la composición del terreno y su capacidad para soportar cargas. Esta información es fundamental para la toma de decisiones en el diseño y planificación de la ampliación del botadero, ya que permite evaluar la estabilidad del terreno y determinar las medidas de mitigación de riesgos necesarias.

Tabla 7:*Perforaciones*

Sondeo	Profundidad (m)	Norte	Este	Elevación (msnm)
PZ - 05	30	9133275.707	829109.317	3209.11
PZ - 09	25	9133324.594	829344.352	3264.029
PZ - 03	30	9132437	829621	3270.025
PZ - 06	30	9133122.655	828897.547	3195.825
PZ - 08	25	9132622.247	829333.208	3334.385
Total	140			

Las muestras obtenidas a través de las perforaciones diamantinas han sido cruciales para identificar y categorizar las diversas formaciones geológicas en la región de estudio. La estratigrafía de esta área se distingue principalmente por tres unidades distintas: depósitos coluviales, suelos residuales o saprolito, y basamento rocoso.

- Los depósitos coluviales consisten en capas de limo arenoso depositadas por procesos de erosión y sedimentación, con una profundidad máxima de 3,00 metros. Justo debajo de ellos se encuentran los suelos residuales o saprolito, formados por roca altamente alterada, con espesores entre 3,00 y 10,00 metros.
- La unidad más profunda es el basamento rocoso, compuesto por areniscas de la Formación Carhuaz, representando la base geológica de la zona. Esta formación exhibe fracturación variable, con un índice de calidad de la roca (RQD) que oscila entre 0 y 58%.
- El conocimiento detallado de estas unidades geológicas es crucial para el análisis geotécnico y la evaluación de la estabilidad de taludes en la expansión del botadero

de la mina Poderosa. Facilita la toma de decisiones informadas en el diseño y ejecución del proyecto, asegurando su seguridad y confiabilidad. Además, permite la implementación de medidas de mitigación de riesgos y la selección de técnicas precisas adaptadas a cada tipo de suelo y roca presentes en la zona.

4.1.4. Permeabilidad

Se llevó a cabo el ensayo de Lefranc para evaluar la permeabilidad de la roca fracturada en el área de interés. Este procedimiento se utiliza específicamente para determinar la permeabilidad local del terreno, siendo esencial para comprender la capacidad de conducción del agua en el suelo o roca. En estos ensayos, se midió el caudal de flujo de agua que ingresaba a la perforación, considerando las características estructurales del terreno y la información obtenida de los testigos de las perforaciones.

Tanto los ensayos de carga constante como los de carga variable fueron realizados, teniendo en cuenta el porcentaje de retorno de agua de perforación. El objetivo principal de estos ensayos radica en obtener datos precisos sobre la permeabilidad de la roca fracturada, fundamental para el análisis geotécnico y la evaluación de la estabilidad de los taludes en la ampliación del botadero de la mina Poderosa.

Tabla 8:

Permeabilidad

Perforación	N° de ensayo	Tramo de ensayo(m)	Tipo de ensayo	Permeabilidad (cm/seg)	Rango	Material
PZ - 05	1	4 - 5	Lefranc constante	2.370×10^{-4}	Moderado	Suelo Residual: arcilla limosa
	2	9 - 10	Lefranc constante	2.256×10^{-4}	Moderado	Roca fracturada
	3	14 - 15	Lefranc constante	7.445×10^{-4}	Moderado	Roca fracturada
	4	19 - 20	Lefranc constante	3.384×10^{-4}	Moderado	Roca fracturada
	5	24 - 25	Lefranc constante	2.256×10^{-4}	Moderado	Roca fracturada
	6	29 - 30	Lefranc constante	2.2369×10^{-4}	Moderado	Roca fracturada
PZ 07	1	4 - 5	Lefranc constante	1.566×10^{-5}	Baja	Suelo residual: arcilla limosa
	2	9 - 10	Lefranc constante	1.589×10^{-6}	Baja	Suelo residual: arcilla limosa
	3	14 - 15	Lefranc constante	5.058×10^{-5}	Baja	Suelo residual: arcilla limosa
	4	19 - 20	Lefranc variable	8.641×10^{-6}	Baja	Roca poco fracturada
	5	24 - 25	Lefranc variable	9.338×10^{-6}	Baja	Roca poco fracturada
	6	29 - 30	Lefranc constante	1.055×10^{-3}	Moderado	Roca fracturada ⁸

4.1.5. Calidad del macizo rocoso

Tabla 9:

Clasificación según Bienawski

Perforación	Tipo de roca	Valoración
0 - 20	V	Muy Mala
21 - 40	IV	Mala
41 - 60	III	Media
61 - 80	II	Buena
81 - 100	I	Excelente

Tabla 10:

Calidad del macizo rocoso

Perforación	Tramo(m)	Valoración R.M.R.	Tipo de roca	Calidad de roca
PZ - 05	8 — 9	28	Andesita - IV	Mala
	9 - 11	20	Arcilla - V	Muy mala
	11 - 14	32	Andesita - IV	Mala
	14 - 17	40	Andesita con clastos - III	Regular
PZ 06	17 - 30	28	Diorita - IV	Mala
	10 - 25	19	Saprolito - V	Muy mala
	11 — 13.50	26	Arenisca - IV	Mala
PZ 08	13.50 — 17	18	Lutita pizarrosa - V	Muy mala
	17 — 18.20	26	Andesita - IV	Mal
	18.20 - 25	18	Saprolito - V	Muy mala
PZ 07	17.80 - 19	31	Andesita - IV	Mala
	19 - 30	39	Saprolito - IV	Mala

4.1.6. Estaciones geomecánicas

Tabla 11:

Estaciones geomecánicas

Nº	Estación	Litología	Este (m)	Norte (m)	Altitud	RMR
	geomecánica					
1	EG - 01	Granítica	9133275.71	829109.317	3209.11	25
2	EG - 02	Arcilla	9133122.66	828897.547	319.8	20
3	EG - 03	Arenisca carbonosa	91333324.59	29344.352	254.029	43
4	EG - 04	Cuarcita	9132622.25	829333-204	3334.385	43

4.1.7. Ensayos de laboratorio

Los estudios realizados en laboratorio proporcionaron datos esenciales sobre las características físicas y mecánicas de los suelos y rocas presentes en el área de investigación. Estos datos permitirán tomar decisiones fundamentadas respecto a las medidas de seguridad necesarias para asegurar la integridad y estabilidad de las estructuras y obras planificadas en la zona de estudio.

Tabla 12:

Estaciones geomecánicas

Nº	Calicata	Muestra	Profundidad	Límites de consistencia (%)			Clasificación de suelos
				LL	LP	IP	
1	C - 01	M - 1	1.5 - 6	25.42	15.62	7.81	SC
2	C - 02	M - 1	1.5 - 5				GW
3	C - 03	M - 1	1.5 - 6	24	15.09	8.91	GC
4	C - 04	M - 1	1.5 - 6	27.4	15.3	12.1	CL

Tabla 13:*Nomenclatura SUCS*

Símbolo	Letra	Letra	Símbolo
G	GRAVA	P	Pobrementemente graduado
S	ARENA	W	Bien graduado
M	LIMO	H	Alta plasticidad
C	ARCILLA	L	Baja plasticidad
O	ORGANICO		

4.1.8. Ensayos especiales

En relación a los ensayos de permeabilidad, se extenderá el estudio de la conductividad hidráulica del suelo y/o roca, aspecto crucial para comprender cómo se desarrolla el flujo del agua en el subsuelo. Estos resultados adquieren relevancia al evaluar la capacidad de drenaje y detectar la posible presencia de zonas con alta permeabilidad que puedan incidir en la estabilidad del terreno.

Tabla 14:*Ensayos especiales*

Calicata	Muestra	Permeabilidad (cm/s)	Angulo de fricción	Cohesión (c')
C -02	M -1	1.4446X10-2	29	0
C -03	M -1	1.843X10-3	29	0

4.1.9. Material de desmonte

El material de desmonte destinado al botadero ha sido clasificado como GP-GM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Compuesto principalmente por grava (50-60%), arena (30-40%) y finos (7-15%), su granulometría lo hace permeable al agua y apto para el

botadero. Los ensayos de corte directo indican un ángulo de fricción de 38° , mostrando una buena resistencia al corte y compresión, aunque carece de cohesión propia. Con un peso específico de 20 kN/m^3 , su densidad confiere capacidad de carga. Estas propiedades son cruciales para la estabilidad del botadero y la prevención de posibles problemas de inestabilidad. En conclusión, el material de desmonte para el botadero posee características geotécnicas favorables, asegurando la estabilidad y seguridad de la ampliación del botadero en la mina Poderosa.

4.1.10. Suelo residual

Los depósitos de suelo residual en la zona de estudio muestran una uniformidad en su textura y se dividen en varios tipos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que incluyen arena arcillosa (SC), grava bien graduada (GW), grava arcillosa (GC) y arcilla de baja plasticidad (CL). Los ensayos triaxiales consolidados no drenados (CU) realizados en muestras extraídas de las calicatas C-02 y C-03 revelaron una cohesión c' de 0 Kg/cm^2 y un ángulo de fricción de 24.12° , y 0.30 Kg/cm^2 de cohesión y un ángulo de fricción de 27° para esfuerzos efectivos, respectivamente, en el fondo de las calicatas, específicamente en la interfaz entre el suelo residual y la roca fracturada.

Para tomar un enfoque conservador en el análisis, se emplearán valores promedio del estrato de suelo residual, estimando un ángulo de fricción de 24° y una cohesión de 20 kPa , con un peso específico de 19 kN/m^3 para estos suelos. Estas estimaciones facilitarán una evaluación geotécnica adecuada, asegurando la estabilidad durante la ampliación del botadero en la mina Poderosa.

4.1.11. Cimiento rocoso

El cimiento rocoso, compuesto por rocas volcánicas andesita de grano fino y roca diorita de grano medio, ha sido meticulosamente evaluado utilizando el sistema de clasificación RMR de

Bieniawski para determinar sus características geomecánicas. Según los resultados obtenidos, la roca volcánica andesita ha sido clasificada como Roca tipo IV de Mala Calidad Geomecánica, con un valor de RMR de 32. De manera similar, la roca diorita también ha sido clasificada como Roca tipo IV de Mala Calidad Geomecánica, con un valor de RMR de 28.

En cuanto a las propiedades geotécnicas estimadas, se ha determinado que estas rocas poseen una cohesión de 50 kPa, un ángulo de fricción de 29° y un peso específico de 30 kN/m³. Estos datos son fundamentales para el diseño y la planificación de la ampliación del botadero de la mina Poderosa, ya que la calidad geomecánica del cimiento rocoso puede influir significativamente en la estabilidad y seguridad del proyecto. Por lo tanto, es crucial considerar esta información al implementar medidas para garantizar una construcción segura y confiable en el área de estudio.

4.1.12. Ensayo de carga puntual

Tabla 15:

Ensayos especiales

N°	Lugar	Profundidad (m)	Resistencia a la compresión (MPa)		
			Máx.	Min.	Prom.
1	C - 02	1.5 - 5	47	10	29
2	C - 03	1.5 - 6	42	7	25

4.2. Estudio hidrológico

Un conocimiento detallado de la hidrogeología en la zona es imprescindible para el diseño y la construcción del botadero en la mina Poderosa, ya que la gestión eficiente del agua es fundamental para asegurar la estabilidad del depósito y prevenir problemas como inundaciones o erosión. Identificar las unidades hidrogeológicas y comprender su comportamiento hidrológico nos

permite tomar decisiones fundamentadas sobre el manejo y disposición del agua en el área del proyecto.

El caudal de diseño desempeña un papel crucial en la planificación hidrológica del Botadero Norte. Para la microcuenca donde se ubicará el botadero, se ha considerado un período de retorno de 50 años y 500 años para evaluar los caudales máximos esperados en eventos extremos.

Para un período de retorno de 50 años, se estima un caudal de diseño de 0,55 m³/s, lo que indica que durante eventos de alta intensidad y baja probabilidad de ocurrencia, se esperaría un máximo de 0,55 metros cúbicos por segundo en la microcuenca.

En cambio, para un período de retorno de 500 años, el caudal de diseño aumenta a 0,74 m³/s, lo que significa que en eventos aún más raros y extremos, se espera que el caudal máximo alcance los 0,74 metros cúbicos por segundo en la misma zona.

Estos valores de caudal de diseño son esenciales para dimensionar adecuadamente las estructuras de drenaje, los sistemas de manejo de aguas pluviales y la capacidad de almacenamiento necesaria para gestionar las aguas superficiales en el Botadero Norte. Además, son fundamentales para diseñar medidas de mitigación y protección contra inundaciones y erosión que puedan ocurrir debido a eventos climáticos extremos.

Tabla 16:*Duración de precipitación e intensidad*

Periodo de Retorno (años)	Duración (min)							
	5	10	15	20	30	60	90	120
	Intensidad (mm/hr)							
1000	100,9	75,5	61,6	52,7	41,8	27,4	21,2	17,6
500	100,0	74,8	61,0	52,2	41,4	27,2	21,0	17,4
200	98,6	73,8	60,1	51,5	40,8	26,8	20,7	17,2
100	97,5	73,0	59,5	50,9	40,4	26,5	20,5	17,0
50	96,2	72,0	58,7	50,2	39,8	26,2	20,2	16,8
25	94,9	71,0	57,9	49,5	39,3	25,8	19,9	16,5
10	92,8	69,5	56,6	48,4	38,4	18,6	19,5	16,2
5	90,9	68,1	55,5	47,5	37,7	24,7	19,1	15,9
2	87,6	65,5	53,4	45,7	36,2	23,8	18,4	15,3

Tabla 17:*Frecuencia de precipitación máxima en 24 horas del proyecto*

Zona	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Área del proyecto	53.7	65.2	72.1	80.4	86.2	91.8	97.2	104.2	109.5

4.3. Sismicidad

La consideración de la sismicidad es crucial en el diseño de proyectos e infraestructuras en áreas propensas a terremotos. El proyecto en cuestión está ubicado en la zona 3, caracterizada por una alta actividad sísmica, con un factor de zona de 0.35 que indica la posibilidad de sismos de cierta intensidad.

Basándose en estudios de peligro sísmico recientes utilizando métodos probabilísticos, se ha determinado una aceleración máxima del terreno en el basamento rocoso de 0.35 g (333 cm/s²) para un sismo de diseño con un período de retorno de 475 años. En términos prácticos, esto significa que se espera que, en un evento sísmico con una probabilidad de ocurrencia de 1 en 475 años, la aceleración máxima del terreno alcance 0.35 g.

Esta cifra de aceleración pico del terreno es esencial para el diseño estructural y geotécnico del proyecto, ya que permite evaluar cómo las construcciones y estructuras responderán a las fuerzas sísmicas anticipadas en la zona. Así, se pueden implementar medidas de mitigación y diseño adecuado para garantizar la seguridad y estabilidad de las infraestructuras frente a posibles eventos sísmicos.

Tabla 18:

Factores sísmicos de zona

Zona	Z
1	0.10
2	0.25
3	0.35
4	0.45

4.3.1. Coeficiente sísmico

El coeficiente sísmico es un parámetro esencial en los análisis de eventos sísmicos, ya que determina las fuerzas que actúan sobre una estructura o proyecto durante un sismo. Para este proyecto, se ha establecido una aceleración máxima del terreno (PGA) de 0,34 g para un sismo de diseño con un período de retorno de 475 años.

En este contexto, se utilizará un análisis sísmico pseudoestático con un coeficiente sísmico del 50% de la aceleración máxima, es decir, 0,17 g. Esto implica que las fuerzas sísmicas aplicadas a la estructura serán consideradas como el 50% de la máxima aceleración registrada en la zona.

4.4. Análisis químico

“En la tabla 19 se puede observar datos de prueba de laboratorio basados en un análisis físico químico, determinación de sulfatos, determinación de sulfuros, el potencial de acidez, la capacidad de neutralización, la capacidad de acidez, el índice ABA y el Ph”.

Tabla 19:

Análisis físico químico

Análisis Físicoquímico		Determinación de sulfatos Metodología NTP 335.178
Fe	0.82%	230 mg/kg
Al	6.31%	Determinación de sulfuros Método Volumétrico
Cu	0.5 %	No detectable
N	0	Determinación de Capacidad de Neutralización
Ca	0.09%	0.05 Kg/TM
Na	0.08%	Determinación de acidez Método volumétrico
Zn	0.20%	0.32 Kg/TM
B	18.69%	Determinación del índice ABA
Ti	0.28%	-0.27
K	2.14%	Determinación de ratio ácido/base
Si	7.97%	6.4
P	0.02%	
S	0.12%	
Cr	0	
Co	0	
Ni	0	
Se	0	
Mg	0.27%	

“En la tabla 20 se presenta el análisis de laboratorio que incluye cantidades expresadas en mg/kg de varios elementos como Fe, Al, Cu, Ca, Na, Zn, B, Ti, K, Si, P, S y Mg. Estos resultados

se convirtieron al Sistema Internacional de Unidades a partir de porcentajes y de una muestra total de 5000 g. Se realizaron conversiones utilizando factores de conversión estándar entre gramos (g), kilogramos (kg), miligramos (mg) y los límites máximos permitidos (LMP).”

En cuanto a la presencia de sulfatos, se indican en mg/kg, y no se detectó la presencia de sulfuros. Es importante destacar que el potencial de hidrógeno (pH) se expresa de manera adimensional.

Tabla 20:

Determinación del Límite Máximo Permisible (LMP)

Elementos	Prueba de laboratorio (mg/Kg)	LMP (mg/Kg)
Fe	0.016	2
Al	0.012	0.2
Cu	0.025	1
Ca	0.0018	0.2
Na	0.0012	0.14
Zn	0.024	1.2
B	0.8	4
Ti	0.0028	0.1
K	0.0642	3
Si	0.3	4
P	0.0004	2
S	0.06	5
Mg	0.0045	1.7
Sulfato	230.21	500
Sulfuro	0	5
pH	6.4	7

Según la comparación de los resultados de laboratorio del material de desmonte con los límites máximos permisibles, todos los elementos analizados se encuentran dentro de los límites permitidos. En cuanto a la presencia de sulfatos, también está dentro de los límites establecidos, y no se detectó la presencia de sulfuros, lo que sugiere que es probable que el pH esté en neutralización o cerca de ese rango. Además, el pH se encuentra dentro de los límites permitidos.

4.5. Criterios de diseño

A continuación, se presenta los criterios de diseño considerado para la ampliación del botadero norte:

Tabla 21:

Criterios de diseño del botadero

Descripción	Unidad	Valor
Datos de Operación		
Densidad del desmonte	Tm/m3	1.9
Capacidad de almacenamiento	m3	16.500,000
Tiempo de vida del botadero	Años	1.25
Parámetros sísmicos y factor de seguridad		
Período de retorno del sismo de diseño	Años	475
Aceleración pico del terreno (g: aceleración de la gravedad)	g	0.35
Coefficiente sísmico (para análisis pseudoestático)	g	0.17
Factor mínimo de seguridad estático	-	1.5
Factor mínimo de seguridad pseudoestático	-	1
Componentes del botadero de desmonte		
Estabilización de cimentación por remoción de material inadecuado	Si/No	Si
Relleno con material de desmonte compactado	Si/No	No

Dique de arranque y/o plataforma de contención	Si/No	Si
Sistema de sub drenaje	Si/No	Si
Sistema de drenaje superficial	Si/No	Si
Reubicación de la poza colectora	Si/No	No
Diseño de acceso interno	Si/No	Si
Reubicación de acceso vehicular externo	Si/No	No
Excavación de la cimentación		
Espesor de capa superficial / suelo de cobertura a eliminar	m	0.3
Espesor máximo de estrato arcilloso a retirar	m	1.5
Pendiente de talud de corte en estrato arcilloso	H: V	1.0:1.0
Dique de arranque		
Tipo de banquetas	-	1
Número de banquetas	-	1
Pendiente de conformación de banqueta 1	H: V	1.6:1.0
Cota de cresta de banqueta 1	msnm	3,275
Altura de dique de arranque	m	30
Volumen total de dique de arranque	m3	243,941.56
Sistema de subdrenes		
Tubería de sub drenaje nivel principal	Tipo	HDPE pared doble
Tubería de sub drenaje nivel secundario	Tipo	HDPE pared doble
Diámetro de tubería nivel principal	mm	300
Diámetro de tubería nivel secundario	mm	100
Conformación de zona de acumulación de desmonte		
Densidad de material de desmonte	Tm/m3	1.9
Talud de conformación de banquetas	H: V	1.6:1.0
Altura típica de banqueta	m	10
Ancho típico de plataforma de banqueta	m	5.4
Aguas superficiales: canal de conducción – trapezoidal		
Canal de coronación	Si/No	Si
Sección de diseño	Tipo	Trapezoidal
Pendiente mínima de diseño	%	1

Sobre elevación en curva	Si/No	Si
Borde libre mínimo	m	0.3
Radio mínimo de curvatura	Si/No	Si
Material de revestimiento para sección temporal	Tipo	TN
Material de revestimiento para condición de cierre	Tipo	Mampostería de piedra
Eficiencia hidráulica	%	75
Aguas superficiales: canal de conducción – cuneta de banquetas		
Cunetas	Si/No	Si
Sección de diseño	Tipo	Triangular
Ancho de cuneta	m	0.6
Profundidad de cuneta	m	0.6
Pendiente mínima de diseño	%	0.1
Borde libre mínimo	m	0.1
Monitoreo del botadero		
Hitos de monitoreo	Unid.	32
Prismas de monitoreo	Unid.	32
Estación	Unid.	1

Tabla 22:

Parámetros de diseño del botadero

Factores	Cantidad	Unidades
Ángulo de reposo del botadero	47	Grados
Ángulo de reposo en el tajo	53	Grados
Altura de banco del botadero	10	M
Banquetas o bermas	5	M
Rampa en botadero (pendiente)	10 – 12.5	%
Ancho de vías	11	M
Porcentaje de bombeo en vías	2	%
Ancho de cuneta	50	cm
Profundidad de la cuneta	0.3	m
Altura de muro de seguridad	1	M
Ángulo de reposo de taludes en el tajo	53	Grados
Área del botadero	560 000	m ²
Vida útil	1.25	años
Material de remoción	903.375	m ³
Sistema de subdrenaje (tubería de HDPE de pared doble con diámetro de:	100 y 300	mm

4.6. Análisis de cimentación del área del proyecto.**4.6.1. Cálculo de la capacidad portante admisible.**

- Al área de la Calicata C-2, le corresponde:

Densidad natural del suelo húmedo (gr/cm³): $\gamma_h = 1.80$

Densidad del suelo seco (gr/cm³) : $\gamma_s = 1.65$

Angulo de fricción interna : $\phi = 29^\circ$

Cohesión (kg/cm²) : $c = 0.01$

Profundidad de cimentación: $D_f = 1.10$

Ancho : B=1.40

Factor de seguridad : Fs= 3

Los factores de capacidad de carga para $\phi=29^\circ$, según vesic-hansen son:

$$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) e^{\pi \tan \phi} = 16.44$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 27.86$$

$$N_y = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi = 12.84$$

Con lo que al usar la formula:

$$q_{adm.} = \frac{1}{F.S.} (cN_c + \gamma D_i N_q + 0.4 \gamma B N_y)$$

$$q_{adm} = \frac{1}{3} \left(0.01 \times 27.86 + \frac{1.65 \times 110 \times 16.44}{1000} + \frac{0.4 \times 1.65 \times 140 \times 12.84}{1000} \right)$$

$$q_{adm} = \frac{1}{3} (0.2786 + 2.98 + 1.18)$$

$$q_{adm} = \frac{1}{3} (4.43)$$

Se obtiene la siguiente capacidad portante admisible:

$$q_{adm.} = 1.48 \text{ kg/cm}^2$$

- Al área de la Calicata C-3, le corresponde:

Densidad natural del suelo húmedo (gr/cm³): $\gamma_h = 1.78$

Densidad del suelo seco (gr/cm³) : $\gamma_s = 1.61$

Angulo de fricción interna : $\phi = 29^\circ$

Cohesión (kg/cm²) : c=0.01

Profundidad de cimentación: $D_f=1.10$

Ancho : B=1.40

Factor de seguridad : $F_s=3$

Los factores de capacidad de carga para $\phi=29^\circ$, según vesic-hansen son:

$$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) e^{\pi \tan \phi} = 16.44$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 27.86$$

$$N_y = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi = 12.84$$

Con lo que al usar la formula:

$$q_{adm.} = \frac{1}{F_s} (c N_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_y)$$

$$q_{adm} = \frac{1}{3} \left(0.01 \times 27.86 + \frac{1.61 \times 110 \times 16.44}{1000} + \frac{0.4 \times 1.61 \times 140 \times 12.84}{1000} \right)$$

$$q_{adm} = \frac{1}{3} (0.2786 + 2.91 + 1.15)$$

$$q_{adm} = \frac{1}{3} (4.33)$$

Se obtiene la siguiente capacidad portante admisible:

$$q_{adm.} = 1.45 \text{ kg/cm}^2$$

resumiendo, se tiene los siguientes resultados:

Tabla 23:

Resultados de capacidad portante.

Calicata	Estrato	ϕ (°)	c.(kg/cm ²)	Df (mts)	B(mts)	q adm. (kg/cm ²)
C-2	E-1	29	0.01	1.10	1.40	1.48
C-3	E-1	29	0.01	1.10	1.40	1.45

4.7. Análisis de estabilidad física del botadero

Para llevar a cabo el análisis exhaustivo de la estabilidad física de los taludes en el área de expansión del botadero de la mina Poderosa, hemos empleado el software Slide v 9. Esta herramienta nos ha permitido interactuar con la geometría del terreno y definir las propiedades de los materiales involucrados de manera precisa y detallada.

Haciendo el uso del concepto equilibrio limite y aplicando dos metodologías de análisis simultaneas: se calcula el factor de seguridad llevándolo a dos dimensiones el método Bishop simplificado, que considera superficies circulares de falla, y el método de Spencer, que evalúa superficies de falla en bloque. Ambos enfoques son adecuados para evaluar la estabilidad de los taludes y analizar la relación entre las fuerzas normales y cortantes presentes en ellos.

Específicamente, en el análisis pseudoestático, hemos asumido que la masa del talud está sujeta a una aceleración horizontal equivalente, la cual se calcula multiplicando un coeficiente sísmico por la aceleración de la gravedad. En nuestro caso, hemos utilizado un coeficiente sísmico horizontal de 0,17 para este propósito.

Es crucial destacar que el análisis de estabilidad de los taludes es fundamental para evaluar y mitigar el riesgo de deslizamientos y colapsos en el área de estudio. Al emplear metodologías rigurosas como las mencionadas anteriormente, buscamos garantizar que tanto la infraestructura

como las operaciones planificadas sean seguras y estables ante condiciones geotécnicas y sísmicas adversas. Los resultados obtenidos nos han permitido establecer el factor de seguridad y tomar las medidas necesarias para asegurar la estabilidad de los taludes en la zona de expansión del botadero de la mina Poderosa.

4.7.1. Propiedades del material

Los ensayos de laboratorio han sido la piedra angular en nuestro riguroso proceso de evaluación de la estabilidad del talud para la expansión del botadero. Al analizar las propiedades geotécnicas y mecánicas obtenidas de estos ensayos, hemos podido trazar un camino hacia una construcción más segura y confiable. En este contexto, la implementación estratégica del dique de arranque ha surgido como una medida adicional de seguridad, diseñada para fortalecer aún más la estabilidad del entorno.

Cada dato extraído y cada medida implementada han sido cuidadosamente considerados en nuestro enfoque integral hacia la protección y seguridad en el proyecto de expansión del botadero. Nuestro objetivo principal ha sido garantizar no solo la estabilidad física del talud, sino también la salvaguarda de todo el entorno circundante. En cada paso, nos hemos comprometido a cumplir con los más altos estándares de seguridad de la industria, asegurando así un desarrollo robusto y sostenible del proyecto.

4.7.2. Dique de arranque

Las propiedades del material utilizado en el análisis de estabilidad, incluyendo las del dique de arranque, son las siguientes:

Material de Desmante:

- Ángulo de fricción interna: 30°
- Cohesión: 10 kPa
- Peso específico: 20 kN/m³

Dique de Arranque:

- Ángulo de fricción interna: 30°
- Cohesión: 10 kPa
- Peso específico: 22 kN/m³ (debido a la compactación en capas de 30 cm de espesor)

Las propiedades del material de desmante y del dique de arranque fueron pilares fundamentales en los rigurosos análisis de estabilidad realizados. Desde condiciones estáticas hasta sísmicas, estos datos fueron clave en cada sección geotécnica evaluada, asegurando la integridad del botadero de desmante en todas las etapas. Este enfoque exhaustivo garantiza una infraestructura robusta y resistente, cumpliendo con los más altos estándares de seguridad y fiabilidad para el proyecto. La combinación de estos elementos proporciona una base sólida para la construcción y operación del botadero, ofreciendo tranquilidad y confianza en su estabilidad a lo largo del tiempo.

Tabla 24:

Resumen de las propiedades de los materiales

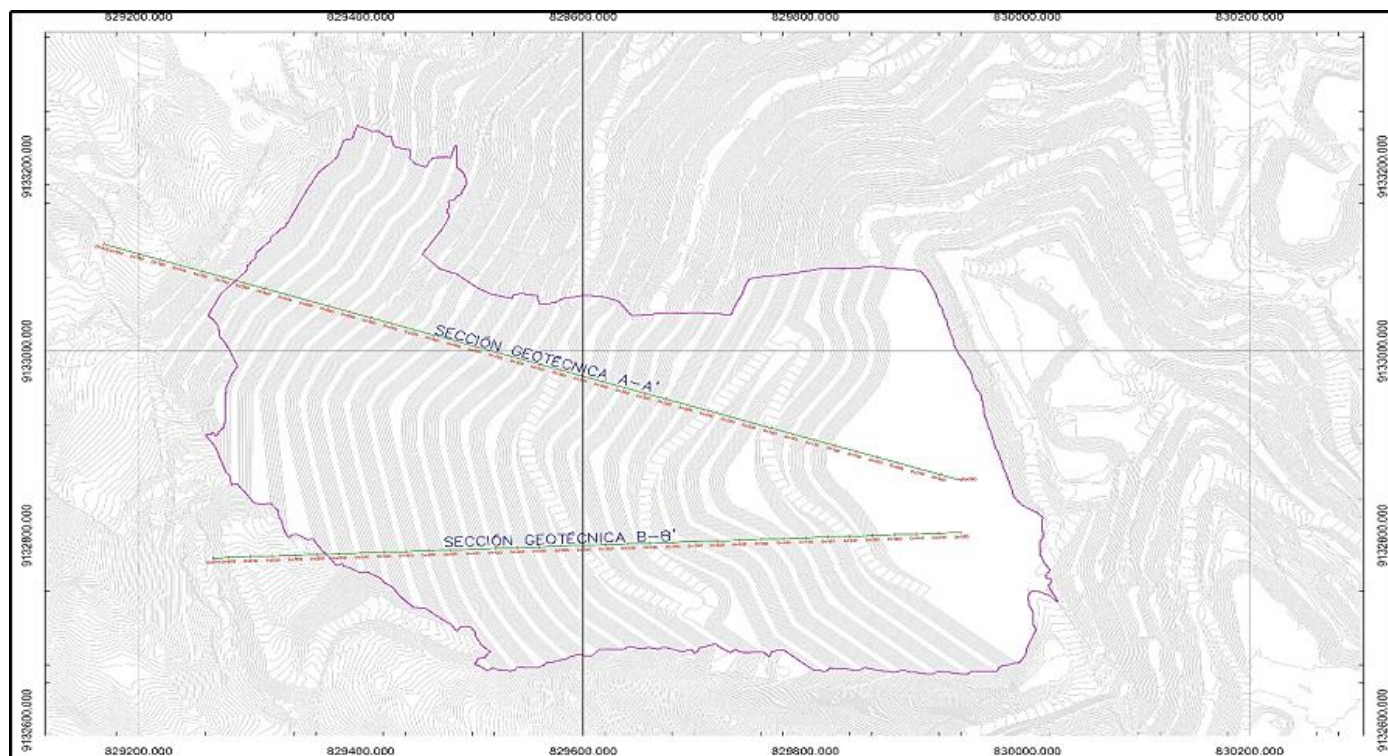
Material	Símbolo	Peso específico (γ)Kn/m ³	C'kPa	ϕ'°
Cimiento Roca	Roca	23	500	30
Suelo residual	SC – GW – GC- CL	19	20	26
Apilamiento desmonte	GP - GM	20	10	30
Dique de arranque	GP - GM	22	10	30

4.8. Resultados del análisis de estabilidad (software Slide)

A continuación, se resumen los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad realizados:

Figura 4:

Secciones de análisis



4.8.1. Resultados del análisis estático

Figura 5:

Análisis estático sección A – A´

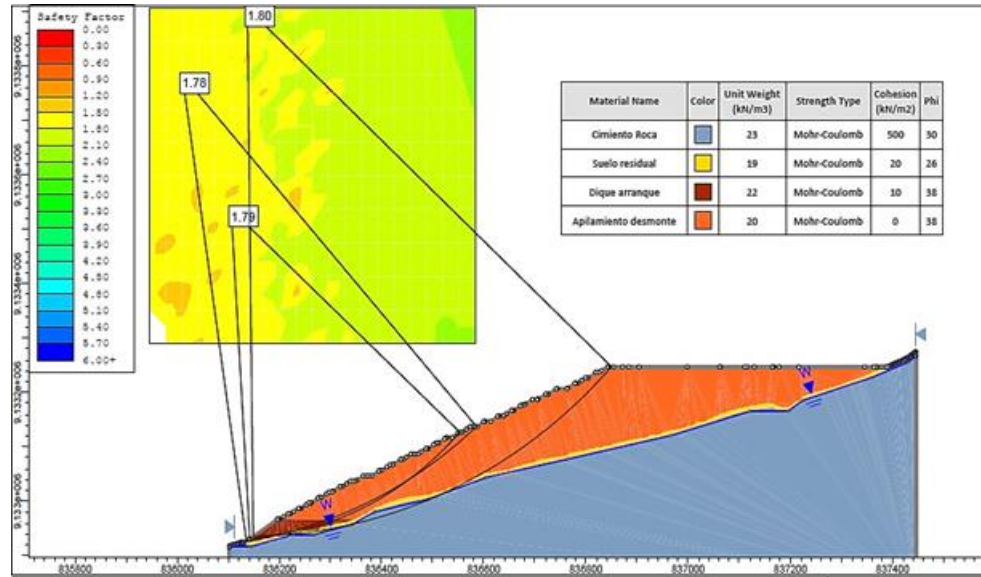


Figura 6:

Análisis estático sección B – B´

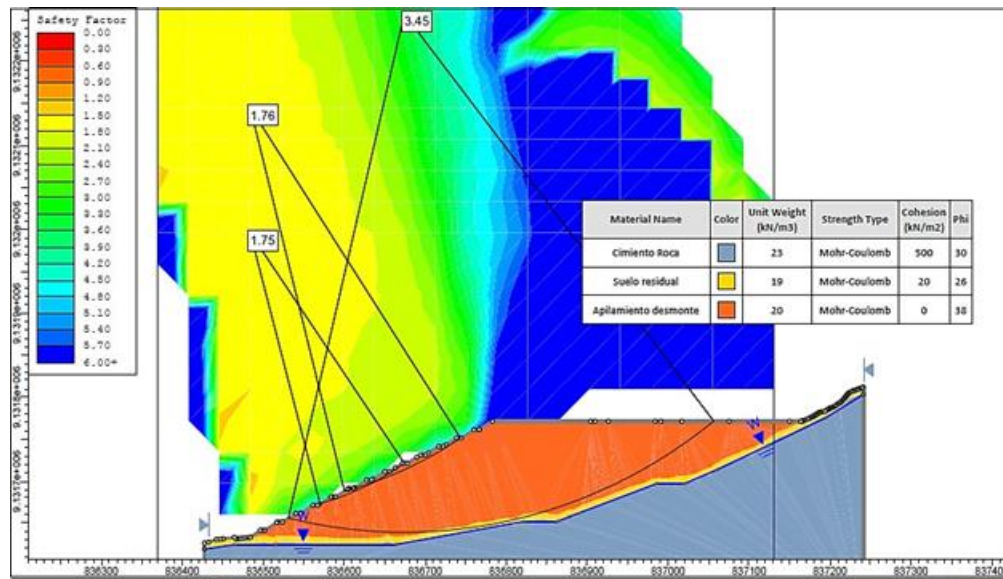


Tabla 25:

Resumen de resultados de análisis estático

Sección geotécnica	Análisis estático (FS > 1.5)
A – A'	1.78
B – B'	1.75

4.8.2. Resultados del análisis pseudo estático

Figura 7:

Análisis pseudo estatico sección A – A'

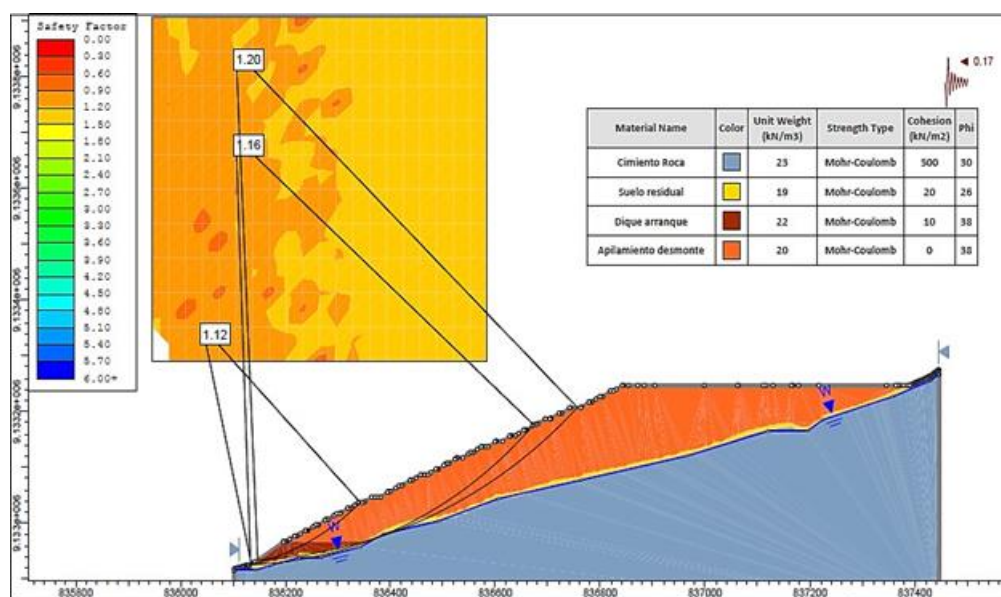
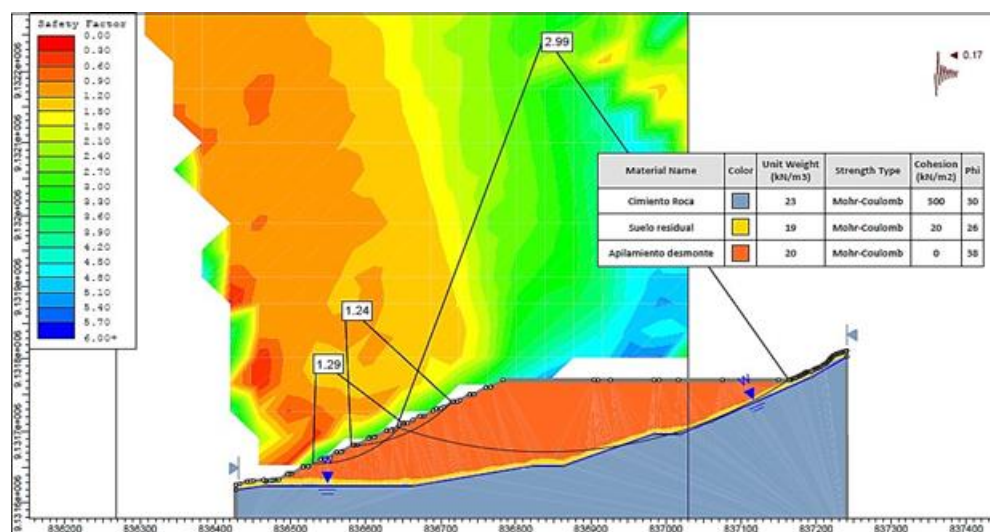


Figura 8:*Análisis pseudo estatico sección B – B'***Tabla 26:***Resumen de resultados de análisis Pseudo estático*

Sección geotécnica	Análisis pseudo-estático (FS > 1)
A – A'	1.12
B – B'	1.24

4.9. Prueba de hipótesis

Se aplicaron pruebas de normalidad utilizando los datos estadísticos correspondientes a la hipótesis general y específica formulada. Estas pruebas, ejecutadas mediante el método de Shapiro-Wilk, confirman que los datos del factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas cumplen con la distribución normal. Los resultados obtenidos, con valores superiores a 1.5 en condiciones estáticas y superiores a 1 en condiciones pseudoestáticas, respaldan la estabilidad del macizo rocoso. Estos hallazgos consolidan la fiabilidad de los análisis estáticos y pseudoestáticos realizados, fundamentales para garantizar la seguridad en el diseño y la construcción del proyecto.

Hipótesis General.

Se presentan en la Tabla 27 los datos correspondientes al promedio del factor de seguridad obtenido en el análisis estático y pseudoestático de las secciones analizadas. Estos cálculos fueron realizados utilizando el software SPSS Statistics 25.

Tabla 27:

Prueba de normalidad.

Shapiro-Wilk		
Estadístico	gl	Sig.
0,964	3	0,637
0,750	3	0,500
0,964	3	0,637
1,000	3	1,000

“Conclusión: Tras analizar los datos y realizar pruebas estadísticas, se acepta la hipótesis nula, ya que los niveles de significación asintótica bilateral (0.637, 0.500, 0.637 y 1.00) obtenidos son mayores que el nivel de significación establecido ($\alpha = 0.050$). Por lo tanto, se concluye que la distribución de la variable factor de seguridad estático y pseudoestático no se desvía de la distribución normal. En consecuencia, se recomienda utilizar una prueba paramétrica para probar la hipótesis”.

“Para nuestro análisis, basado en 4 registros de datos de la simulación estática y pseudoestática, se realizó la prueba de normalidad utilizando el método de Shapiro-Wilk con el software SPSS Statistics 25. Se obtuvieron valores superiores a 1.5 en condiciones estáticas y superiores a 1 en condiciones pseudoestáticas como factor de seguridad, lo que confirma la estabilidad del macizo rocoso bajo estudio”.

Tabla 28:*Prueba T para muestras independientes*

Valor de prueba FS = 1.5/ 1.2	t	gl	Sig. (bilateral)
Seccion A – A' Estatico	-19,053	2	0,003
Seccion B – B' Estatico	-8,693	2	0,013
Seccion A – A' Pseudo estatico	-17,321	2	0,003
Seccion B – B' Pseudo estatico	-17,000	2	0,003

Para un nivel de confianza del 95%, se rechaza la hipótesis nula, lo que implica que podemos afirmar con certeza que el factor de seguridad global, evaluado tanto en estados estáticos como pseudoestáticos, supera los límites máximos permisibles establecidos. Este resultado indica que las estructuras analizadas poseen una capacidad de resistencia adecuada frente a cargas estáticas y sísmicas, proporcionando una sólida garantía de estabilidad y seguridad en las condiciones operativas y ante posibles eventos extremos.

CONCLUSIONES

1. Con respecto al objetivo general, Los resultados obtenidos a partir de los estudios geomecánicos, demuestran que el talud evaluado es adecuado para la reubicación y ampliación del depósito de material excedente del botadero en la mina Poderosa en 2023. Se han identificado los factores y parámetros como la capacidad portante, el Angulo de fricción, la permeabilidad y la cohesión. adicionando como infraestructura un muro de contención en la base del talud para poder obtener mayor altura y Angulo de inclinación del talud.
2. El cálculo de la capacidad portante en las diferentes calicatas y obteniendo los resultados de capacidades admisibles por encima de 1kg/cm^2 determinan que la estabilidad de los suelos y el talud son favorables para la ampliación del botadero
3. La aplicación de criterios adecuados para la estabilidad física de los taludes ha sido determinante para asegurar que el factor de seguridad mínimo a largo plazo sea de 1.5, lo que proporciona un margen de seguridad adecuado para la expansión del botadero. Además, el uso de un coeficiente sísmico pseudoestático del 0,17 ha permitido garantizar que el botadero mantenga su integridad durante un sismo de diseño de 475 años de retorno.
4. El análisis estático y pseudoestático de los taludes mediante el uso del software Slide 0.6 ha permitido detectar la respuesta del terreno frente a diferentes escenarios y condiciones. Esto ha sido fundamental para establecer el diseño óptimo de la ampliación del botadero en la mina Poderosa en 2023, asegurando una operación segura y eficiente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar los resultados obtenidos de los estudios geomecánicos, como base para la toma de decisiones en el diseño, reubicación y expansión del botadero en la mina Poderosa en 2023. Es crucial considerar los factores como capacidad portante, ángulo de fricción, cohesión y permeabilidad, que influyen en la estabilidad de los taludes para garantizar la seguridad y eficacia de la reubicación y ampliación del botadero.
2. Es importante aprovechar las condiciones favorables identificadas en los estudios de factores geomecánicos, en el sitio seleccionado para la reubicación y ampliación del botadero. Se deben implementar medidas adecuadas, como el uso de materiales de desmonte apropiados y la construcción de estructuras de refuerzo, como el dique de arranque y muros de contención en la base del talud, para garantizar la estabilidad física de la nueva área del botadero.
3. Se recomienda seguir aplicando criterios rigurosos para evaluar la estabilidad física de los taludes, asegurando que el factor de seguridad mínimo a largo plazo sea de al menos 1.5. Además, es fundamental mantener actualizados los coeficientes sísmicos y realizar evaluaciones periódicas para garantizar que el botadero pueda resistir eventos sísmicos de diseño.
4. Se sugiere continuar utilizando herramientas avanzadas de análisis, como el software Slide 0.6, para realizar análisis estáticos y pseudoestáticos de los taludes. Estos análisis son fundamentales para comprender la respuesta del terreno ante diferentes condiciones y escenarios, lo que facilita el diseño óptimo de la ampliación del botadero y asegura una operación segura y eficiente en la mina Poderosa en 2023.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arenas Lope, F. (2019). Evaluación geomecánica del macizo rocoso con fines de estabilización de talud en la Cantera Mucra, Juliaca. *Tesis*. Repositorio UNA, Puno. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3279495>
- Belandria , & Bongiorno. (2016). EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y ESTRUCTURAL DEL SECTOR LA ROCA, MUNICIPIO ZEA, ESTADO MERIDA, VENEZUELA. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/322644587_Analisis_del_riesgo_geotecnico_en_la_carretera_Tovar_-_Zea_sector_La_Roca_Estado_Merida_Venezuela
- Carrasco, S. (2005). *Metodologia de La Investigacion Cientifica*. Obtenido de https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_
- Carrion Aguilar, C. (2019). Análisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector Sausacocha - Pallar km. 8+000 al 9+000 provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, 2017. *Tesis*. Repositorio USAT. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1788>
- Das, B. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Vol. 4). Mc . Obtenido de https://issuu.com/cengagelatam/docs/fundamentos_de_ingenieria_low_1_iss/10
- Diaz , J. (2010). *Factor de seguridad*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/factor-de-seguridad-9-pdf-free.html>
- Flores Barrenechea , A. (2019). Propuesta metodológica de instrumentación y monitoreo para evaluar la estabilidad física de un depósito de relaves abandonado en Chile. *Tesis*. Repositorio U de Chile, Santiago. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/174908>
- Hoek, Brow, & Crranza. (2002). *Criterio de falla de Hoek-Brown*. Obtenido de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-oriente-venezuela/fisica/hoek-brown-failure-criterion-2002/44925187>
- Iberico, R. (2015). Estabilización y recuperación de taludes en carreteras, caso "IIRSA Norte Tramo nº 1 km 45+690 – km 45+830". *Tesis*. Repositorio URP, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2403>
- Matta, L. (2019). *Investigalia*. Obtenido de <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-de-investigacion-la-naturaleza-del-estudio/>
- Medina , C. (2001). Paradigmas de la investigación. *Ciencia e ingeniería*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/911/91101010.pdf>
- NTP 339.18. (2013). *Agregado. Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.012. (2013). *Agregados. Analisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima: INDECOPI.

- NTP 400.021. (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.022. (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (Peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima: INDECOPI.
- ÑAUPAS, H., VALDIVIA, R., PALACIOS, J., & ROMERO, H. (2018). *Metodología de la investigación Científica*. Bogota, Colombia: Ediciones de la U. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf
- OSINERGMIN. (2018). *Memoria anual 2018*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/694153/Memoria-Institucional-Osinergmin-2018.pdf>
- Puell, F. (2003). Puell et al. (2004) mencionan que al utilizar los parámetros de cálculo basados en el modelo de Mohr-Coulomb, pero teniendo en cuenta el criterio de rotura de Hoek-Brown. *Tesis*. Repositorio Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Obtenido de <https://oa.upm.es/229/1/04200310.pdf>
- Ramos Cabrera, J. (2023). Rediseño de Taludes con Material de Desmonte para Mejorar la. *Tesis*. Repositorio UCSS, Lima. Obtenido de https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/1981/1.%20TSP_RAMOS%20CABRERA%2C%20JOHEL%20KENNET.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reyes , Y. (2019). ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES APLICANDO DIFERENTES TÉCNICAS DE REVEGETALIZACIÓN. *Tesis*. Repositorio UPT, Colombia. Obtenido de https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/3454/Analisis_de_estabilidad_de_taludes.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Santander Jopia, C. (2019). Metodología Rock Engineering System para determinar estabilidad geomecánica en taludes mineros. *Tesis*. Repositorio U de Chile, Santiago. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/xmlui/bitstream/handle/2250/174807/Metodolog%C3%ADa-rock-engineering-system-para-determinar-estabilidad-geomec%C3%A1nica-en-taludes-mineros.pdf?sequence=1>
- Santivañez Suarez , Z. (2019). Estudio de impacto ambiental para el proyecto puente comuneros en los distritos de Huancayo y Huamancaca Chico. *Tesis*. Repositorio UNCP, Huancayo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8696>
- Smith , & Jones. (2020). *Apuntes de Geotecnia con Énfasis en Laderas*. Obtenido de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt72.pdf>
- Tierra, L., & Toapanta , S. (2020). Ensayo de compresión en rocas para determinar la carga máxima que soporta un pilar de contención en una. *Ciencias naturales*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7539803.pdf>

Vega Solis , R. (2022). Evaluación Geotécnica del Depósito de Desmonte Excelsior de Cerro de Pasco, 2020. *Tesis*. Repositorio Universidad Daniel Alcides Carrion, Cerro de Pasco. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2707>

Vilca Arredondo, A. (2019). Estudio geotécnico para la estabilidad del talud del depósito de desmonte Santa Rosa del proyecto Santa Rosa - Arequipa. *Tesis*. Repositorio UNSAC, Cusco. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4166>

ANEXOS

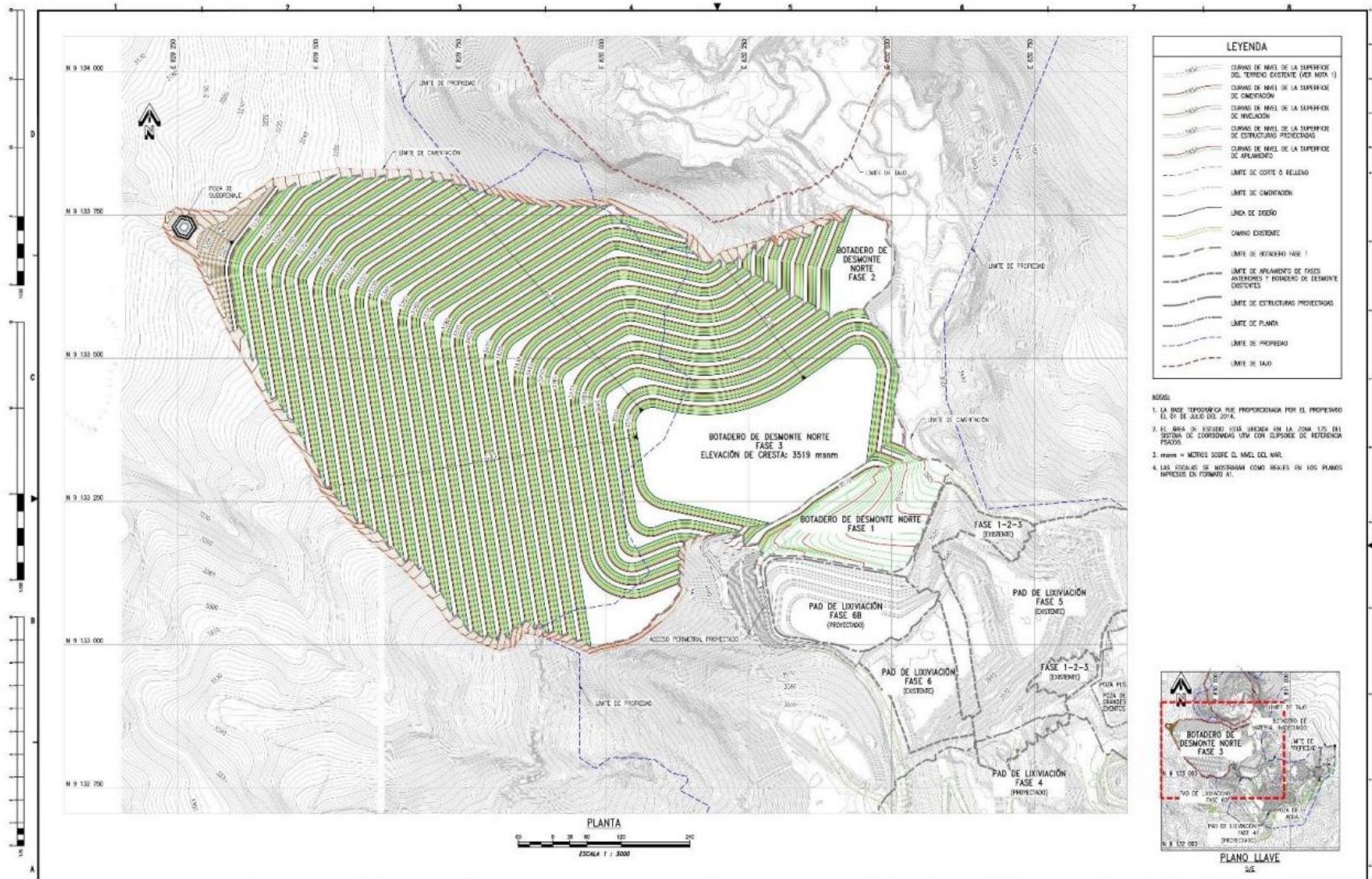
Anexo 1: Matriz de consistencia

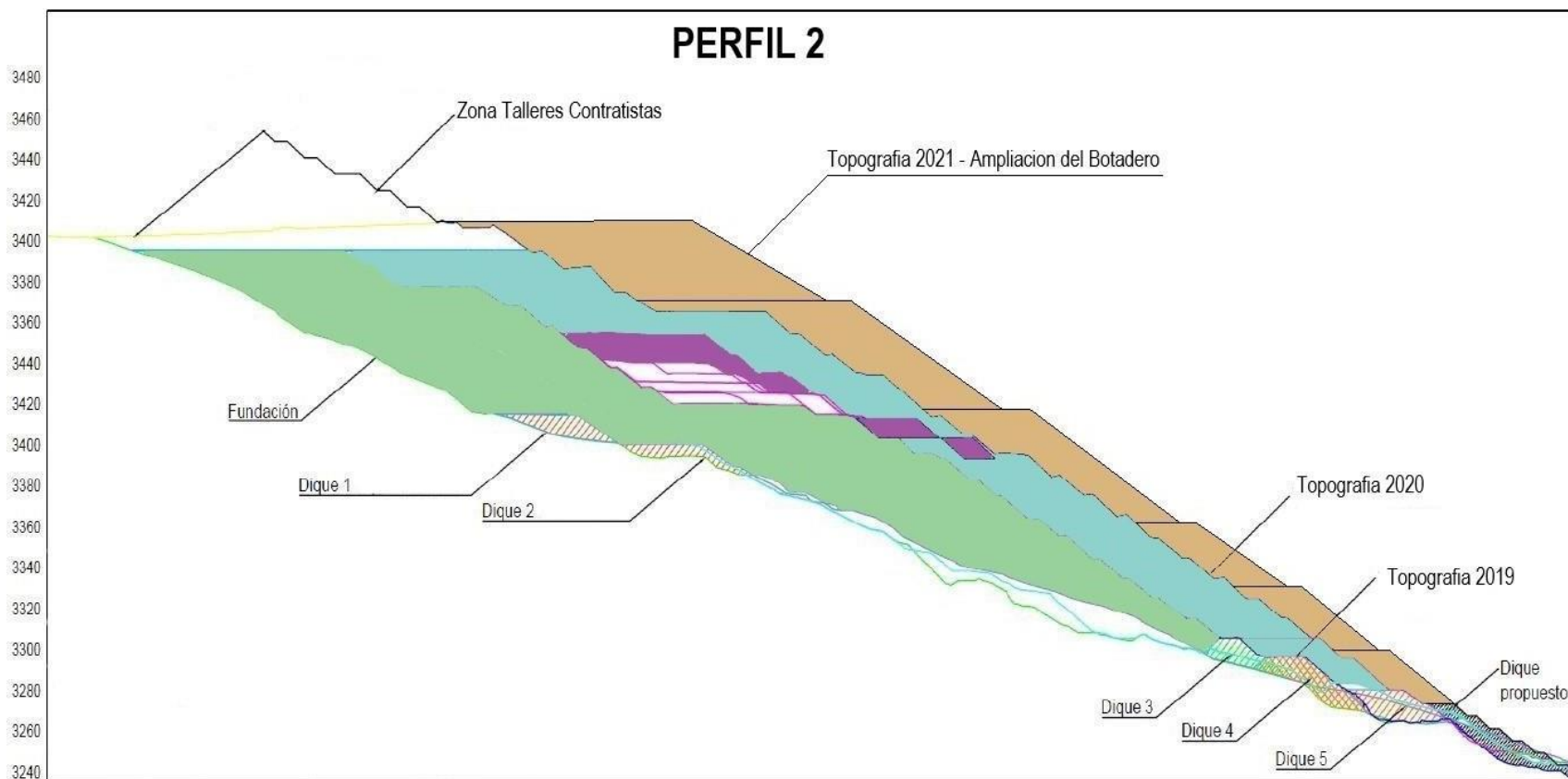
MATRIZ DE CONSISTENCIA

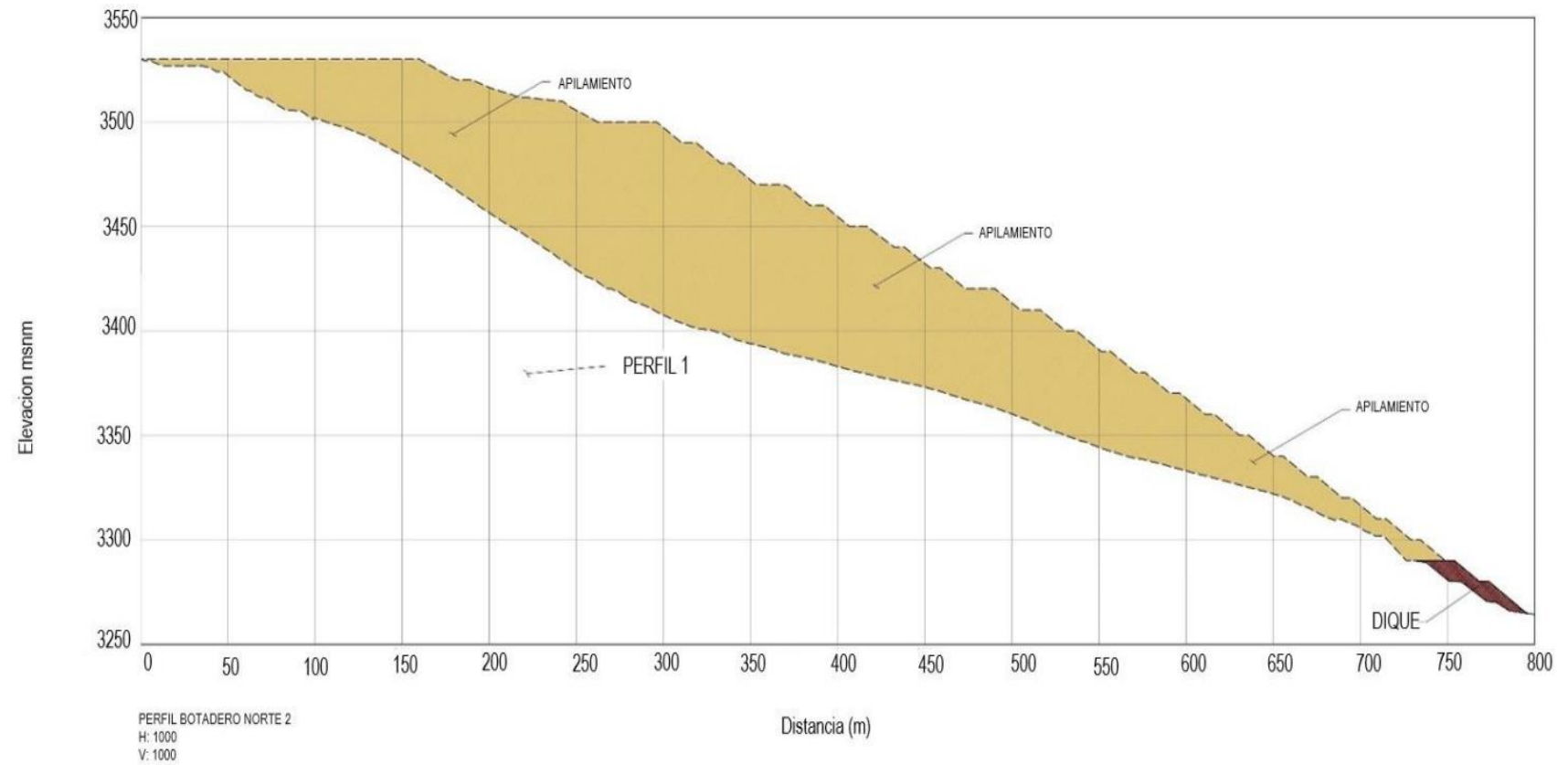
TITULO: “Evaluación geotécnica de la reubicación del depósito de material excedente de la mina Poderosa, 2023”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
Problema general ¿Cómo influye la reubicación de depósito de material excedente en la ampliación del botadero de la mina poderosa 2023?	Objetivo general Evaluar la influencia de la reubicación de depósito de material excedente en la ampliación del botadero de la mina poderosa 2023.	Hipótesis general La reubicación de depósito de material excedente influye significativamente en la ampliación del botadero de la mina poderosa 2023.	Ámbito: – Temporal : 2023 Espacial : Mina Poderosa Tipo de investigación Aplicada Nivel de investigación Explicativo Método de investigación General: Científico Específico: Inductivo–deductivo Diseño de estudio Cuasi Experimental Instrumento y técnica ficha de mapeo Observación Procesamiento Presentación descriptiva con tablas de frecuencia, gráficos y estadística inferencial.
Problemas específicos – ¿Cuáles son los factores geotécnicos, hidrológicos y sismológicos en los taludes evaluados permiten la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023? – ¿Cuáles son los compuestos químicos del material excedente evaluado en el botadero en de la mina Poderosa 2023? – ¿Cuál es el criterio adecuado para la estabilidad física los taludes que permiten la ampliación del botadero en la mina Poderosa 2023? – ¿Cuál será la respuesta del análisis de estabilidad estático y pseudoestático del talud utilizando software Slide v.9, para establecer la reubicación de depósito de material excedente en la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023?	Objetivos específicos – Determinar los factores geomecánicos, hidrológicos y sismológicos en los taludes evaluados permiten la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023. – Conocer los compuestos químicos del material excedente evaluado en el botadero en de la mina Poderosa 2023. – Establecer el criterio adecuado para la estabilidad física los taludes que permiten la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023. – Evaluar la respuesta del análisis de estabilidad estático y pseudoestático del talud utilizando software Slide v.9, para establecer el diseño de ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023.	Hipótesis específicas – Los factores geomecánicos, hidrológicos y sinológicos en los taludes evaluados permiten significativamente para la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023. – El criterio adecuado para la estabilidad física los taludes permiten desarrollar la ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023. – Existen compuestos químicos en el material excedente evaluado en el botadero en de la mina Poderosa 2023. – La respuesta del análisis de estabilidad estático y pseudoestático del talud utilizando software Slide v.9, permite establecer el diseño de ampliación del botadero en de la mina Poderosa 2023.	

Anexo 2: Diseño del botadero.



Anexo 3: Perfil del botadero actual.

Anexo 4: Perfil Longitudinal, apilamiento por secuencia de la ampliación

Anexo 5: Analisis de calicatas



Calicata C-01

La calicata C-01 ubicada en las coordenadas: 9133317.686N, 829491.728E, a una altitud de 3310.087 msnm, presenta el siguiente perfil de suelos:

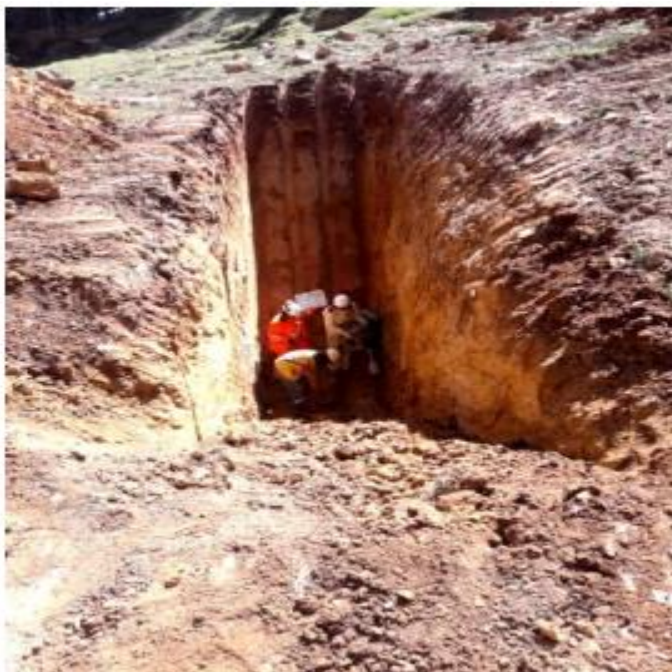
- 0.40 m: Cobertura superficial, limo arcilloso arenoso, ligera humedad, medianamente compacto, color beige.
- 0.40 - 6.00 m: Grava arcillosa de origen residual a roca muy alterada, húmeda a muy húmeda, con presencia sub angulosas de tamaño máximo a 2"



Calicata C-02

La calicata C-02 ubicada en las coordenadas: 9133318.775N, 829418.25E, a una altitud de 3284.191 msnm, presenta el siguiente perfil de suelos:

- 1.60 m: Cobertura superficial, limo arcilloso arenoso, ligera humedad, medianamente compacto, color beige.
- 1.60 - 6.00 m: Grava arcillosa de origen residual a roca muy alterada, húmeda a muy húmeda, con presencia sub angulosas de tamaño máximo a 3".



Calicata C-03

La calicata C-03 ubicada en las coordenadas: 9133296.782 N, 829318.573 E, a una altitud de 3252 msnm, presenta el siguiente perfil de suelos:

- 0.30 m: Material de cobertura: Arena arcillosa con presencia de raíces y vegetación muy húmeda, suelta, de color marrón oscuro.
- 0.30 - 6.00 m: Arcilla de color pardo amarillento a pardo rojizo de media a alta plasticidad, de compacidad media a alta conforme se va profundizando, de mediano contenido de humedad.



Calicata C-04

La calicata C-04 ubicada en las coordenadas: 9133004.894 N, 829184.951 E, a una altitud de 3264.644 msnm, presenta el siguiente perfil de suelos:

- 0.30 m: Material de cobertura: Arena arcillosa con presencia de raíces y vegetación muy húmeda, suelta, de color marrón oscuro.
- 0.30 - 6.00 m: Arcilla Inorgánica de color café oscuro, húmedo de rápida dilatancia, de tenacidad media, de mediana resistencia en estado seco, propensa a cambios volumétricos en los estados de seco a húmedo.



Calicata C-05

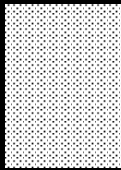
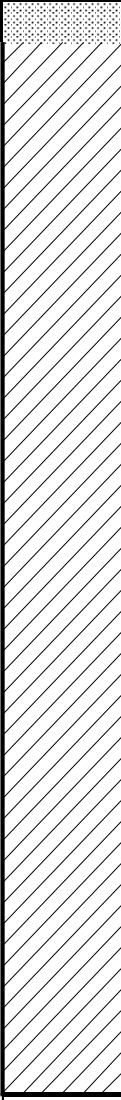
La calicata C-05 ubicada en las coordenadas: 9133252.788 N, 829117.833 E, a una altitud de 3214.893 msnm, presenta el siguiente perfil de suelos:

- 0.30 m: Material de cobertura: Arena limosa con presencia de raíces y vegetación muy húmeda, suelta, de color marrón oscuro.
- 0.30 - 6.00 m: Conformado por material gravo arcilloso con matriz de roca meteorizada de mediana compacidad de color pardo amarillento con presencia de partículas sub angulosas.

REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO :
 SOLICITA :
 UBICACIÓN :
 ESTRUCTURA : Cimentación
 CALICATA : C-2 (Lado Derecho del Área)

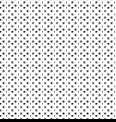
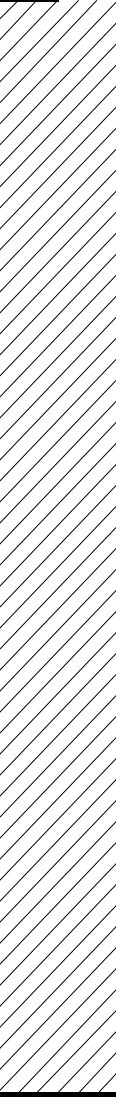
FECHA :

CLASIFIC. (S.U.C.S.)	SIMBOLO (GRAFICO)	MUESTRA (ESTRATO)	DENSIDAD (gr/cm3)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	PROF. (m)
ML				ESTRATO 0.- 0.40 m: Cobertura superficial, limo arcilloso arenoso, ligera humedad, medianamente compacto, color beige.	0.10
					0.20
					0.30
					0.40
CL		E-0			0.60
					0.80
					1.00
					1.20
					1.40
					1.60
					1.80
					2.00
					2.20
					2.40
					2.60
					2.80
					3.00
					3.20
					3.40
					3.60
					3.80
					4.00
					4.20
					4.40
					4.60
					4.80
					5.00
					5.20
					5.40
					5.60
					5.80
					6.00

REGISTRO DE EXCAVACIONES

PROYECTO :
 SOLICITA :
 UBICACIÓN :
 ESTRUCTURA : Cimentación
 CALICATA : C-3 (Lado Izquierdo del Área)

FECHA :

CLASIFIC. (S.U.C.S.)	SIMBOLO (GRAFICO)	MUESTRA (ESTRATO)	DENSIDAD (gr/cm3)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	PROF. (m)
ORG.				ESTRATO 0.- 0.30 m: Material de cobertura: Arena limosa con presencia de raíces y vegetación muy húmeda, suelta, de color marrón oscuro.	0.10
					0.20
					0.30
CL		E-0			0.40
					0.60
					0.80
					1.00
					1.20
					1.40
					1.60
					1.80
					2.00
					2.20
					2.40
					2.60
					2.80
					3.00
					3.20
					3.40
					3.60
					3.80
					4.00
					4.20
					4.40
					4.60
					4.80
					5.00
					5.20
					5.40
					5.60
		E-1	1.80		3.00
					5.80
					6.00

Anexo 6: Análisis Químico del suelo



INFORME DE ENSAYO - SUELOS



N° de Análisis	S-22/011655	Registrado en Cámara Análisis	AGQ PERU	Fecha Recepción	15/05/2022
Tipo Muestra	S PR 0067	Fecha Muestreo	AGQ PERU		
	ANÁLISIS DE SUELO	Fecha Inicio	16/05/2022		
Lugar de Muestra	MARGEN IZQUIERDO DEL RIO RIMAC			Fecha Rec	16/05/2022
Punto de Muestra	11° 45' 50.02" / 78° 21' 19.94"				
Muestreado por	Jose Franco Uribe Bricento	Cliente		Contrato	QMT - 2665789
Cliente	Jose Franco Uribe Bricento	Domicilio	Urb. Las Mercedes F - 29		

FERTILIDAD FISICA

clase	clase
Arcilla	15 %
Tipo Muestra	26%
Arena	15.0%



FERTILIDAD

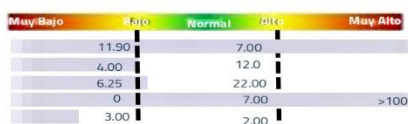
Parametro	Resultados	Unidades
Materia Organica	0.37	%
P Total	<155	mg/kg ums
Fosforo Disponible	<9.85	mg/kg
Caliza Activa	1	% CaCO ₂
Caliza	11.5	mnq/250g
Magnesio Disponible	1.32	mnq/100g
Potasio Disponible	1.32	mnq/100g
Sodio Disponible	5.06	mnq/100g
Cont.	2 331	cm a 20 °C
Per (tamaño 1/2)	0.25	Unidades
Suma de Datos Disponibles	25.2	mnq/100g



Materiales	mT
Contribucion	JEC - 2129
	JEC - 014
Clase	JEC - 2125
Dioxilato Americio 0.2N	JEC - 004
Ac NH14	JEC - 000
Ac NH16	JEC - 000
Ac NH18	JEC - 000
Ac NH20	JEC - 000
	JEC - 2128
	JEC - 2125
	JEC - 200

MICROELEMENTOS

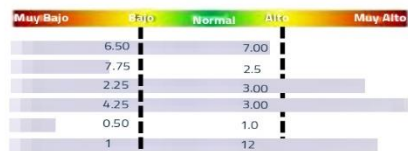
Parametro	Resultados	Unidades
Boro	2.75	mg/kg
Hierro (DTPA)	<4.05	mg/kg
Carbono	14	mg/kg
Arsenico	<122	mg/kg
Zinc (DTPA)	0.45	mg/kg



Materiales	mT
Extrac. Acuario	JC - 2326
DTPA	JEC - 002
DTPA	JEC - 002
DTPA	JEC - 002
DTPA	JEC - 002

COMPLEJO DE CAMBIO

Parametro	Resultados	Unidades
Calcio Cambio	11.7	maq/100g
Magnesio de Cambio	1.06	maq/100g
Potasio Cambio	1.10	maq/100g
Sodio Cambio	2.52	maq/100g
Aluminio de Cambio	0.55	maq/100g
CIC	18	maq/100g
Lla de Cambio	18.0	maq/100g



Materiales	mT
Ac NHg	JEC - 000
Ac NHg	JEC - 000
Ac NHg	JEC - 000
Ac NHg	JEC - 000
Ac NHg	JEC - 000
Ac NHg	JEC - 000
Ac NHg	JEC - 010
Ac NHg	JEC - 000

RELACIONES DE INTERES

Parametro	Resultados	Unidades
Relacion C/N	< 0.08	
Relacion ICarg Mg / K O	11.3	



Materiales	mT
	JEC - 041
	JEC - 041



INFORME DE ENSAYO - SUELOS



N° de Analisis	5-22/011655	Registrado en	AGQ PERU	Fecha Recepcion	15/05/2022
Tipo Muestra	ANALISIS DE SUELO	Camara Analisis	AGQ PERU		
		Fecha Muestreo	16/05/2022		
		Fecha Inicio	16/05/2022		
Lugar de Muestra	MARGEN IZQUIERDO DEL RIO RIMAC			Fecha Rec	16/05/2022
Punto de Muestra	11°45'50.02" / 78°21'19.94"				
Muestrado por	Jose Franco Uribe Bricento	Cliente		Contrato	QMT - 2665789
Cliente	Jose Franco Uribe Bricento	Domicilio	Urb. Las Mercedes F - 29		

FERTILIDAD FISICA

clase	clase
Arcilla	15 %
Tipo Muestra	26%
Arena	15.0%



FERTILIDAD

Parametro	Resultados	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Materiales	mT
Materia Organica	0.37	%		2.25		2.00		Contribucion	JC - 2129
P Total	<155	mg/kg ums		1 000		1 300		JEC - 014	JC - 2125
Fosforo Disponible	<9.85	mg/kg		211.0		60.0		Clase	JEC - 004
Caliza Activa	I	% CaCO2		3		4		Dixlato Americio 0.2N	JEC - 000
Caliza	14.5	mnq/250g		1.20		1.60		Ac NH14	JEC - 000
Magnesio Disponible	1.32	mnq/100g		1.72		2.50		Ac NH16	JEC - 000
Potasio Disponible	1.32	mnq/100g		6.25		5.5		Ac NH18	JEC - 000
Sodio Disponible	5.06	mnq/100g		6.25		7.25		Ac NH20	JEC - 000
Cont.	2 331	cm a 20 °C						JC - 2128	JC - 2125
Per (tamaño 1/2)	0.25	Unidades						JEC - 200	
Suma de Datos Disponibles	25.2	mnq/100g							

MICROELEMENTOS

Parametro	Resultados	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Materiales	mT
Boro	2.75	mg/kg		11.90		7.00		Extrac. Acuario	JC - 2326
Hierro (DTPA)	<4.05	mg/kg		4.00		12.0		DTPA	JEC - 002
Carbono	>53	mg/kg		6.25		22.00		DTPA	JEC - 002
Arsenico	<122	mg/kg		0		7.00	>100	DTPA	JEC - 002
Zinc (DTPA)	0.45	mg/kg		3.00		2.00		DTPA	JEC - 002

COMPLEJO DE CAMBIO

Parametro	Resultados	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Materiales	mT
Calcio Cambio	13.7	maq/100g		6.50		7.00		Ac NHg	JEC - 000
Magnesio de Cambio	1.06	maq/100g		7.75		2.5		Ac NHg	JEC - 000
Potasio Cambio	1.10	maq/100g		2.25		3.00		Ac NHg	JEC - 000
Sodio Cambio	2.17	maq/100g		4.25		3.00		Ac NHg	JEC - 000
Aluminio de Cambio	0.11	maq/100g		0.50		1.0		Ac NHg	JEC - 000
ClC	18	maq/100g		1		12		Ac NHg	JEC - 010
Lla de Cambio	15.0	maq/100g						Ac NHg	JEC - 000

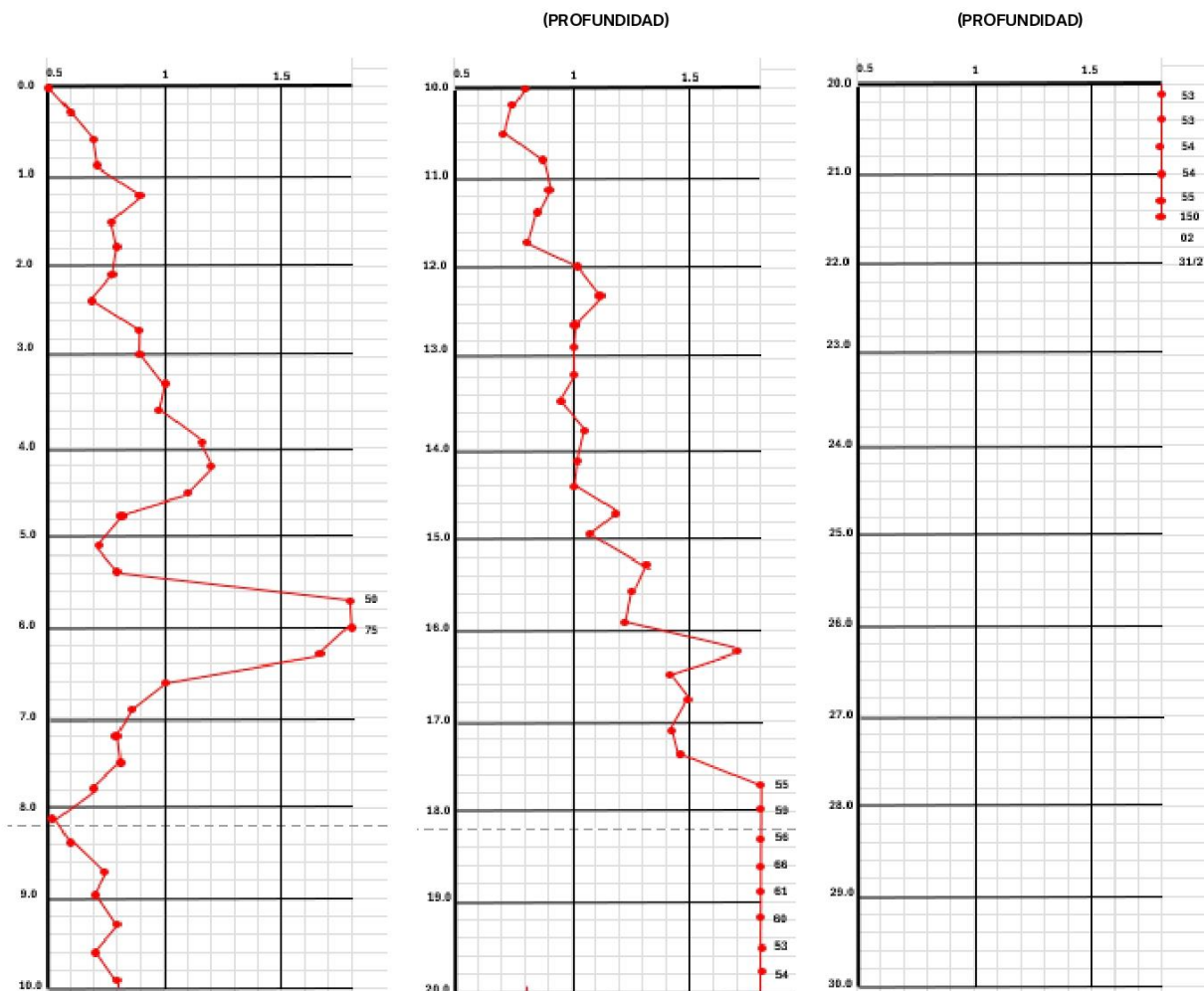
RELACIONES DE INTERES

Parametro	Resultados	Unidades	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto	Materiales	mT
Relacion C/N	< 0.06			10.0		15.0		JEC - 041	JEC - 041
Relacion I Carg Mg / K O	15.3								

Anexo 7: Análisis de las calicatas evaluadas

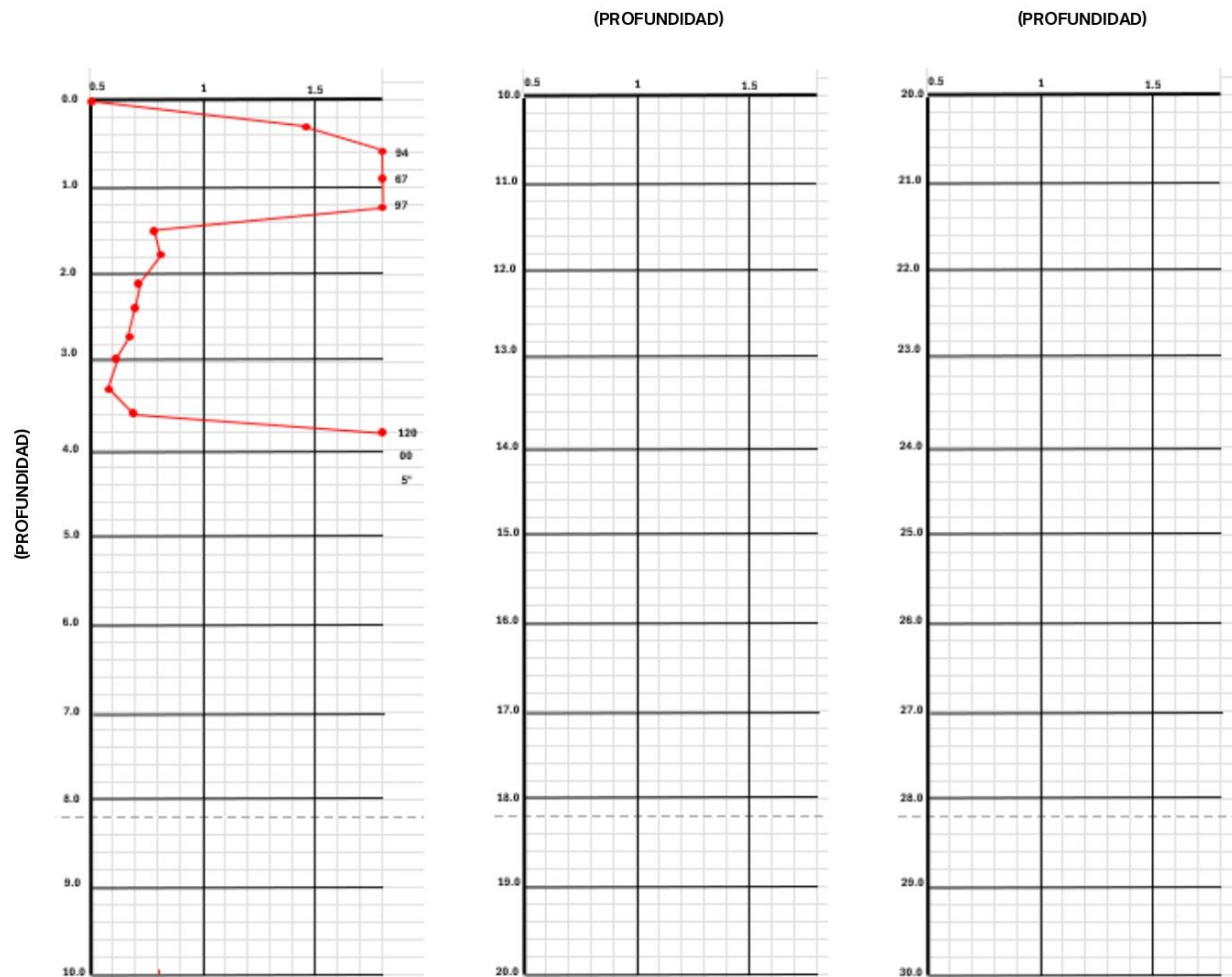
	REGISTRO DE AUSCULTACIÓN	AUSCULTACIÓN: C-01
CLIENTE: COMPAÑIA MINERA SA		UBICACIÓN: PATAZ
PROYECTO: INGENIERIA DE DETALLE DEPOSITO DE RELAVES "LA BRAVA"		
TIPO DE AUSCULTACIÓN: CONO DE PECK	COORDENADAS:	COTA DE TERRENO: 2840.00 m.s.n.m.
EJECUTADO POR: C.A.F.L.	REVISADO POR: M.S.J.	FECHA: FEBRERO 2022

Golpes / 30 cm de penetración



	REGISTRO DE AUSCULTACIÓN	AUSCULTACIÓN: C- 02
CLIENTE: COMPAÑIA MINERA SA		UBICACIÓN: PATAZ
PROYECTO: INGENIERIA DE DETALLE DEPOSITO DE RELAVES "LA BRAVA"		
TIPO DE AUSCULTACIÓN: CONO DE PECK	COORDENADAS:	COTA DE TERRENO: 2840.00 m.s.n.m.
EJECUTADO POR: C.A.F.L.	REVISADO POR: M.S.J.	FECHA: FEBRERO 2022

Golpes / 30 cm de penetración



Anexo 8: Resumen de Perforaciones Diamantinas

SONDEO	COORDENADAS UTM WGS-84		PROF. (m)
	ESTE	NORTE	
S - 2	328,419	8' 291,514	14.45
S - 3	328,346	8'291,506	14.45
S - 4	328,282	8'291,534	13.20
S - 5	328,223	8'291,626	13.30
S - 6	328,251	8'291,670	14.45
S - 7	328,280	8'291,710	14.45
S - 8	328,251	8'291,632	10.30
S - 9	328,439	8'291,722	10.30
SS - 1	328,492	8'291,500	14.60
SS - 2	328,478	8'291,441	14.45
SS - 3	328,439	8'291,402	14.45
S - 1	328,226	8' 291,640	15.00
S - 2	328,275	8' 291,716	15.00
S - 3	328,332	8' 291,774	15.00
S - 4	328,206	8 291,652	10.00
S - 5	328,	8 291,725	10.00

Anexo 9: Resumen de ensayos de campo

SECTOR	CALICATA	PROF. (m)	SUCS	DENSIDAD NATURAL (gr/cm ³)	HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
Estribo Izquierdo	C - 1	1.80	SM	2.13	3.37	2.06
Sector Central	C - 2	1.60	SM	1.89	3.54	1.82
Sector Central	C - 3	1.70	SP-SM	1.66	10.39	1.50
Estribo Derecho	C - 4	1.60	SP-SM	1.45	1.33	1.43
Aguas Arriba	C - 5	1.60	GC	1.44	4.52	1.38
Aguas Arriba	C - 6	1.70	GC	1.67	2.96	1.63
Aguas Arriba	C - 7	1.90	GC	1.47	4.61	1.40
Aguas Arriba	C -	1.40	GC	2.02	1.43	1.99

Anexo 10: Resumen de ensayos de DPL

SONDEO	COORDENADAS UTM WGS-84		PROF. (m)
	ESTE	NORTE	
DPL – 1	328,189	8'291,571	5.00
DPL – 2	328,208	8'291,632	5.00
DPL – 3	328,252	8'291,699	4.90
DPL – 4	328,315	8'291,761	5.00
DPL – 5	328,443	8'291,745	5.50
DPL – 6	328,508	8'291,606	0.50
DPL – 7	328,510	8'291,470	0.50
DPL – 8	328,401	8'291,387	0.40
DPL – 9	328,160	8'291,618	5.50
DPL – 10	328,197	8'291,675	4.80
DPL – 11	328,276	8'291,768	4.80
DPL – 12	328,397	8'291,757	3.90
DPL – 1	328,426	8'291,401	0.80
DPL – 2	328,512	8'291,475	0.20
DPL – 3	328,510	8'291,497	0.50
DPL – 4	328,506	8'291,554	0.30
DPL – 5	328,276	8'291,759	9.60
DPL – 6	328,176	8'291,552	5.80
DPL – 7	328,468	8'291,414	2.80

Anexo 11: Resumen de los Parámetros Geotécnicos de los Materiales

MATERIAL	Peso Unitario kN/m ³	ESFUERZOS TOTALES	
		COHESIÓN (KPA)	FRICCIÓN (°)
Relave Fino	16.00	15.00	15.00
Material de Préstamo	21.00	15.00	35.00
Relave Grueso	16.00	0.00	33.00
Dique de Arranque	20.00	0.00	31.00
Dren	18.00	0.00	34.00
Cimentación	22.00	0.00	38.00

Anexo 12: Lista de Ensayos de Laboratorio

ENSAYO	NORMA	JMF	ACOMISA	HYGEOMIN	AGQlabs	SVS INGENIEROS
Abrasión	ASTM-C-131				X	
Análisis Granulométrico	ASTM D422 – 63	X	X	X	X	
Análisis Químico					X	
Clasificación SUCS	ASTM D2487 – 98	X	X	X	X	
Compresión Triaxial CU	ASTM D2850		X		X	
Compresión Triaxial UU	ASTM D2850		X			
Contenido de Humedad	ASTM D2216 – 98	X	X	X		
Corte Directo	ASTM D3080	X		X		
Densidades Máximas y Mínimas	ASTM D4253, D4254	X				
Durabilidad	ASTM-C-88					X
Peso Específico de Sólidos	ASTM D854					X
Gravedad Específica y Absorción	ASTM-C-27/ASTM-C-128	X				X
Límites de Atterberg	ASTM D4318 – 98	X	X	X		X
Material más Fino que el Tamiz N°200	ASTM-C-117					X
Permeabilidad	ASTM-D-5084		X			X
Peso Volumétrico Suelto	ASTM-C-29					X
Peso Volumétrico Varillado Seco	ASTM-C-29					X
Proctor Estándar	ASTM D696			X		X
Proctor Modificado	ASTM D1557	X	X	X		
Auscultación con cono de peck	NTP E050					X

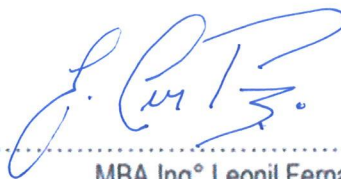
CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

El que suscribe; en mi calidad de Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación y encargado de certificar la originalidad de la tesis abajo indicado y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de pregrado en primera instancia, en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación UNSCH, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : BREAS VILLAR, LELIS
- Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Título de Tesis : **"EVALUACIÓN GEOTECNICA DE LA REUBICACIÓN DEL DME DE LA MINA PODEROSA, 2023"**
- Evaluación de la originalidad : 28 % de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente el certificado de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 08 de agosto de 2024



MBA Ing° Leonil Fernando Quispe Aronés
Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación

**ACTA N° 030-2024-FIMGC: ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS**

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL No 246-2024-FIMGC-D**, a los cuatro días del mes de abril de 2024, siendo las 4:00 p.m, reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Minas, bajo la presidencia del Dr.Ing. Andrés PORTUGAL PAZ (encargado) por el Decano de la FIMGC y los miembros; Ing. Grover RUBINA SALAZAR, Ing. Miguel PRADO ARONES, actuando como secretario docente el Mg. Richar Ruben JORGE BERROCAL, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas:

LELIS BREAS VILLAR

Quien presentó la tesis denominada:

“EVALUACIÓN GEOTECNICA DE LA REUBICACIÓN DEL DME DE LA MINA PODEROSA, 2023”

Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO CON NOTA: 14

Siendo las 5:40 p.m. del día 04 de abril de 2024, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

Dr.Ing. Andres PORTUGAL PAZ
Presidente

Ing. Grover RUBINA SALAZAR
Miembro

Ing. Miguel PRADO ARONES
Miembro

Mg. Richar Ruben JORGE BERROCAL.
Secretario docente de la FIMGC

cc:
Archivo

“EVALUACIÓN GEOTECNICA DE LA REUBICACIÓN DEL DME DE LA MINA PODEROSA, 2023”

por Lelis Breas Villar

Fecha de entrega: 08-ago-2024 08:41p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2429278556

Nombre del archivo:

EVALUACIÓN_GEOTÉCNICA_DE_LA_REUBICACIÓN_DEL_DME_DE_LA_MINA_PODEROSA_2023.pdf (4.65M)

Total de palabras: 17243

Total de caracteres: 95026

"EVALUACIÓN GEOTECNICA DE LA REUBICACIÓN DEL DME DE LA MINA PODEROSA, 2023"

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

24%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

19%

2

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.undac.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.ucss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Anahuac México
Sur

Trabajo del estudiante

<1%

9	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
10	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to National University College - Online Trabajo del estudiante	<1 %
13	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo