

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**Evaluación geomecánica para el diseño del sostenimiento de
labores mineras en la mina Jakama Concepción - Compañía
Minera Virgen de Pauranga S.A. - 2023.**

PRESENTADO POR:

Bach. Christian Carlos HUAUYA HUAMANI

Asesor:

Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO

Para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

AYACUCHO - PERÚ

2023

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo aplicar la geomecánica en el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina Jakama Concepción – Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A. – Año 2023. La metodología responde al tipo aplicada, con un diseño descriptivo, considerando la muestra de estudio al macizo rocoso de las labores mineras de la Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A. Las principales conclusiones fueron que la evaluación geomecánica se llevó a cabo en dos niveles, el Nv 2 con aproximadamente 490 metros, el Nv 4 con 420 metros, que ayudaran en la zonificación geomecánica.

En cuanto a las propiedades mecánicas se ha observado que la resistencia promedio de la roca está entre 40 y 60 MPa, a partir de este dato podemos demostrar que la roca es de buena calidad porque tiene buena resistencia, cambia cuando encontramos roturas o discontinuidades en desarrollo de labores sobre minerales. Las rocas tratadas no tienen buena resistividad y en muchos casos son de mala calidad debido a la mineralización alterada. Para el apoyo, dependiendo de la clasificación geomecánica estudiada, se deben utilizar pernos de 5 pies, pero Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A. No se pueden utilizar pernos, esto se debe a que la mina y la comunidad tienen un contrato para comprar eucalipto, y no se puede utilizar porque no tenemos los equipos necesarios, como mezcladoras y morteros, y la barrera metálica es el soporte y la razón por la que no se puede debido a que la sección es de 2.1m x 2.1m y estas dimensiones no tienen viga, por todo ello las opciones de apoyo en la mina se realizarán con diferentes tipos de madera.

Palabras clave: Geomecánica; Sostenimiento; Estabilidad

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, comienza analizando la alta accidentabilidad que la gerencia de línea y su personal deben controlar durante el mantenimiento para asegurar la estabilidad de las operaciones mineras subterráneas. Esta investigación se sustenta tanto en la teoría como en la práctica. El marco teórico es confirmado por artículos de investigación, disertaciones, revistas. En la práctica, el apoyo lo brindan los resultados obtenidos en las aplicaciones de la geomecánica. El método utilizado para realizar esta investigación es la investigación cuasi-experimental, el método utilizado es analítico sintético porque obtenemos conocimiento de lo específico y conocimiento sintético del general; el procedimiento de investigación utilizado es interpretativo ya que implica procesar, clasificar y evaluar la información recopilada para el trabajo de investigación y al usar estos conceptos podemos controlar mejor el diseño del soporte para garantizar la estabilidad de la excavación. Para la elaboración de este informe se realizó una investigación y recolección de los datos más relevantes en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. Se refiere al proyecto de apoyo a las labores mineras. Considerando que la mayoría de los accidentes son causados por una inadecuada y adecuada identificación, evaluación y control de peligros, esto nos obliga a utilizar modernos métodos de instalación de soportes para lograr los objetivos y controlar adecuadamente la estabilidad de las excavaciones subterráneas, en su aplicación, una serie de trabajos se llevo a cabo. Su finalidad es identificar las condiciones (individuales y combinadas) que existen en diferentes minas subterráneas para comprender mejor los procesos que tienen lugar en ellas y poder determinar las variables de aplicabilidad más adecuadas o el uso de sistemas de apoyo. En los resultados obtenidos de la experiencia de investigación, diseño del sistema y construcción de cada elemento o sistemas de apoyo durante

la fase de instalación, modificación interactiva de los parámetros requeridos para un mejor desempeño de las herramientas de gestión de la seguridad. En este estudio también nos referimos a las conclusiones generales del estudio, recomendaciones de casos, la bibliografía pertinente y anexos, así como los problemas que surgieron durante la elaboración del estudio.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi familia, que siempre conté con su apoyo y sus bendiciones.

Especialmente de mi madre Huamani Salazar Reyna y mi padre Huauya Tomaylla Carlos.

Índice general

PORTADA	¡Error! Marcador no definido.
ASESOR.....	ii
RESUMEN.....	iii
INTRODUCCIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	¡Error! Marcador no definido.
Índice general	vi
Índice figuras.....	x
Índice de cuadros o tablas	xi
Glosario	2
Capítulo I.....	2
Planteamiento del problema	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.1.1. Realidad problemática	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación en importancia	4
1.4.1. Justificación teórica	4
1.4.2. Justificación práctica.....	5
1.4.3. Justificación metodológica.....	5
1.5. Hipótesis y descripción de variables	5
1.5.1. Hipótesis	5
1.5.2. Identificación de variables	6
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes del problema.....	8

2.1.1	Antecedentes internacionales	8
2.1.2	Antecedentes nacionales	9
2.2.	Bases teóricas	10
2.2.1.	Labores Mineras.....	10
2.2.2.	Macizo rocoso.....	10
2.2.3.	Diferencia entre suelo y roca:	11
2.2.4.	Clasificación geológica general de las rocas.	12
2.2.5.	Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos	12
2.2.6.	Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos.	12
2.2.7.	Clasificación Geomecánica RMR.....	13
2.2.8.	Clasificación Geomecánica GSI	16
2.2.9.	Diseño de sostenimiento	16
2.2.10.	Sostenimiento con pernos de anclaje	20
2.2.11.	Sostenimiento con Shotcrete.....	20
2.2.12.	Factor de seguridad	21
2.3.	Definición de términos básicos.....	22
CAPITULO III		24
METODOLOGÍA		24
3.1.	Método y alcance de la investigación.....	24
3.2.	Tipo de investigación.....	24
3.3.	Nivel de la investigación	25
3.4.	Método de investigación.....	25
3.5.	Diseño de la investigación.....	25
3.6.	Población y muestra.....	26
3.6.1.	Población.....	26
3.6.2.	Muestra	26
3.6.3.	Muestreo	26
3.6.4.	Unidad muestral	27
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.7.1.	Técnicas de recolección de datos	27
3.7.2.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos	27
3.7.3.	Procesamientos de datos	27
3.8.	Equipos utilizados de recolección y procesamiento de datos.....	28

3.8.1. Equipos utilizados en la recolección de datos.....	28
3.9. Desarrollo de la investigación	30
3.10. Generalidades.....	33
3.10.1. Ubicación	33
3.10.2. Clima y vegetación	33
3.10.3. Accesibilidad.....	35
3.10.4. Geología.....	36
3.10.5. Geología regional.....	37
3.10.6. Geología estructural	40
3.10.7. Geología económica.....	40
3.10.8. Minerología.....	41
3.10.9. Geometría del yacimiento	41
CAPITULO IV	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1. Evaluación geomecánica	43
4.1.1. Análisis de discontinuidades.....	43
4.2. Análisis de Propiedades Físicas y mecánicas de la roca.....	53
4.3. Evaluación de la estabilidad de labores de minado	54
4.3.1. Determinación de esfuerzos en la mina	55
4.4. Clasificaciones Geomecánicas.....	59
4.4.1. Clasificación Geomecánica con RMR	59
4.4.2. Clasificación Geomecánica con Q	63
4.4.3. Clasificación geomecánica con GSI.....	65
4.4.4. Resumen de características geomecánicas de la mina	66
4.5. Sostenimiento	66
4.5.1. Selección del tipo del sostenimiento	66
4.6. Prueba de hipótesis	70
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS.....	78
Anexo 1: Matriz de consistencia	78

Anexo 2: Ficha de mapeo geomecanico.....	79
Anexo 3: Simbología cromática por calidad de roca (Osinergmin, 2017).....	80
Anexo 4: Ficha técnica de pernos	80
Anexo 5: Diseño de mezcla en el Shotcrete	84

Índice figuras

Figura 1: <i>Caracterización de un macizo rocoso</i>	11
Figura 2: Diferencia física entre suelo y roca	11
Figura 3: Estimación del Índice de Resistencia Geológica.....	16
Figura 4: Ruta de acceso a la mina Jakama concepción	36
Figura 5: Geología regional Mina Animon.....	39
Figura 6: Mapeo geomecanico por línea de detalle	44
Figura 7: Sistema de discontinuidades del nivel 2.....	46
Figura 8: Orientacion de discontinuidad respecto al eje del nivel 2	47
Figura 9: Sistema de discontinuidades nivel 4.....	49
Figura 10: Orientacion de discontinuidad respecto al eje del nivel 4	50
Figura 11: Esfuerzos verticales	54
Figura 12: Variacion de K con respecto a la profundidad	55
Figura 13: Clasificación GSI	62
Figura 14: Tiempo de autosoporte	65
Figura 15: Clasificacion de Q de Barton.....	67
Figura 16: Selección del sostenimiento	68

Índice de cuadros o tablas

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	7
Tabla 2: Parámetros de clasificación RMR	14
Tabla 3: Corrección por orientación de discontinuidades.....	15
Tabla 4: Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR89	15
Tabla 5: Sostenimiento a partir de índice RMR89.....	19
Tabla 6: Recomendación de sostenimiento según el índice RMR del proyecto.....	20
Tabla 7: Características de pernos de anclaje	21
Tabla 8: Mezcla referencial de concreto lanzado resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$	22
Tabla 9: F.S. recomendado según plazo de estabilidad	23
Tabla 10: Línea de detalle del nivel 2	32
Tabla 11: Línea de detalle del nivel 4	32
Tabla 12: Detalles de la concesión donde se ubica el proyecto.....	33
Tabla 13: <i>Especies de Flora Identificadas en la Zona de Estudio</i>	34
Tabla 14: Accesibilidad a Unidad Operativa.....	35
Tabla 15: Línea de detalle del nivel 2	43
Tabla 16: Línea de detalle del nivel 4	44
Tabla 17: Sistemas de discontinuidades en el Nivel 2	45
Tabla 18: Sistemas de discontinuidades en el nivel 4.....	48
Tabla 19: Propiedades físicas de la roca	51
Tabla 20: Propiedades mecánicas de la roca	52
Tabla 21: Monitoreo de convergencia	53
Tabla 22: Tensiones verticales Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A.....	55
Tabla 23: Tensiones verticales y horizontales Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A.....	56
Tabla 24: Mapeo Geomecánico Bieniawski Nivel 2	57

Tabla 25: Mapeo Geomecánico Bieniawski Nivel 4	58
Tabla 26: Mapeo Geomecánico Bieniawski Zona mineralizada	59
Tabla 27: RQD.....	60
Tabla 28: Índice Jn.....	60
Tabla 29: Índice Jr	60
Tabla 30: Índice Ja	61
Tabla 31: Índice de reductor de agua Jw	61
Tabla 32: Influencia de estado tensional SRF	61
Tabla 33: Resultados clasificación Sistema Q.....	61
Tabla 34: Análisis con Sistema GSI	63
Tabla 35: Resumen características geomecánicas.....	63
Tabla 36: SPAM de labores de minado.....	64
Tabla 37: Tiempo de soporte en labores de minado	66
Tabla 38: Resumen de sostenimiento de Q de Barton	67
Tabla 39: Resumen de sostenimiento con GSI.....	68
Tabla 40: Sostenimiento de los diferentes niveles	69
Tabla 41: Resumen de sostenimiento	69
Tabla 42: Prueba de normalidad de la variable trabajabilidad	70
Tabla 43: Prueba T para comparar una muestra a un valor.....	71

Glosario

RMR : Rock Mass Rating

GSI : Índice de Resistencia Geológica

RQD : Índice de calidad de roca

UCS : Resistencia a la Compresión Simple

DIP : Buzamiento

DIP DIRECTION : Dirección del Buzamiento

FS : Factor de seguridad

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

1.1.1. Realidad problemática

En la actualidad a nivel internacional se busca en las labores subterráneas el mejor diseño de sostenimiento para evitar posibles accidentes por desprendimiento de rocas. Estadísticamente hablando, los accidentes que ocurren en la minería subterránea en nuestro país son por desprendimiento de roca según (MINEM, 2018).

La minería subterránea consta de estructuras complejas; estas tareas requieren el mayor conocimiento del macizo rocoso. Para entender que existen muchas clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos, las principales son: Deere (RQD), Bieniawski (RMR89), Barton (Q), Hoek (GSI), las cuales determinan la calidad del macizo rocoso y pretenden dividir el roca en áreas estructurales con propiedades similares, como litología, espaciamiento de juntas, etc., donde los límites del dominio estructural coinciden con características geológicas como fallas o diques.

Es bien sabido que las minas subterráneas deben explorarse y trabajarse más profundamente para encontrar nuevas reservas y prolongar la vida útil de los equipos de minería. En las minas a cielo abierto, el macizo rocoso puede hacer frente a diferentes grados de comportamiento de la roca debido a la geología, pero a partir de los 1000 metros de profundidad enfrenta nuevas condiciones, como la presencia de relajación. Erupciones de rocas y macizos rocosos.

Luego de analizar las altas inestabilidades en minas subterráneas, se hacen recomendaciones sobre cómo usar la geomecánica para evitar, prevenir y gestionar o controlar estas inestabilidades. Los apoyos especificados para la minería subterránea permanente y

temporal no tienen en cuenta las discontinuidades en el entorno de excavación. Los análisis estructurales revelaron que se desarrollaron zonas de inestabilidad en las bóvedas y paredes de la mina. Especialmente en bloques de roca con masa regular, este hecho es necesario para determinar los apoyos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo aplicar la geomecánica en el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023?

1.2.2. Problemas específicos

- ❖ ¿La clasificación del macizo rocoso será determinante para el diseño del sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023?
- ❖ ¿Cómo influyen las propiedades físico - mecánicas del macizo rocoso en el diseño de sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023?
- ❖ ¿Los procedimientos de instalación de los sistemas de sostenimiento serán los adecuados en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Aplicar la geomecánica en el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023

1.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Realizar la clasificación del macizo rocoso será determinante para el diseño del sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.
- ❖ Conocer como influyen las propiedades físico - mecánicas del macizo rocoso en el diseño de sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.
- ❖ Establecer los procedimientos de instalación de los sistemas de sostenimiento serán los adecuados en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.

1.4. Justificación en importancia

1.4.1. Justificación teórica

Se justifica teóricamente la evaluación geomecánica, porque resulta ser un punto fundamental en la ingeniería geomecánica, porque por medio de procedimientos de cálculo y clasificación del macizo rocoso se podrá establecer la capacidad de estabilidad o sostenimiento de labores subterráneas, que se realizarán para cuantificar los resultados y así aportar

conocimientos sobre la estabilidad de labores y del mismo modo garantizar la seguridad en las operaciones.

1.4.2. Justificación práctica

En las minas subterráneas, el diseño de soporte requiere la cuantificación de parámetros geomecánicos y los sistemas de información geomecánica (GIS) estarán disponibles para una variedad de aplicaciones. Este beneficiará a JAKAMA CONCEPCION COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. Minas para garantizar la estabilidad de la minería subterránea.

1.4.3. Justificación metodológica

Este estudio considera la metodología de clasificación RMR y GSI, para ello se utilizan unas tablas que permiten determinar la calidad de la roca analizada.

1.5. Hipótesis y descripción de variables

1.5.1. Hipótesis

1.5.1.1. Hipótesis general

La aplicación de la geomecánica permite desarrollar el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.

1.5.1.2. Hipótesis específicas

- La calidad del macizo rocoso según las clasificaciones geomecánicas de RMR y GSI, que gobiernan el macizo rocoso influyen significativamente en el diseño de sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.

- Las propiedades físico . mecánicas del maciso recoso influyen significativamente en el sostenimiento instalado en labores de la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.
- Los procedimientos de instalación de los sistemas de sostenimiento serán los adecuados en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.

1.5.2. Identificación de variables

1.5.2.1. Variable dependiente

- Diseño de sostenimiento

1.5.2.2. Variable independiente

- Evaluación geomecanica

1.5.2.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Operacionalización	
		Indicadores	Tipo de variables
Variable Independiente Evaluación geomecánica	“Las clasificaciones geomecánicas son métodos fundamentales de la ingeniería que permite evaluar el comportamiento geomecánico del macizo rocoso, los parámetros geotécnicos de diseño y el tipo de sostenimiento en una galería”.	Clasificación RMR	Cuantitativa
		Clasificación GSI	Cuantitativa
		Propiedades físico mecánicas de la roca	Cuantitativa
Variable Dependiente: Diseño de sostenimiento	“Los sistemas de sostenimiento de techos incluyen a los sistemas de sostenimiento activo, como los pernos de anclaje, en que los elementos de sostenimiento se instalan dentro del techo, y los sistemas de sostenimiento pasivo, como los pilares de madera y los soportes de galería,etc”	Diseño de sostenimiento	Cuantitativa
		Factor de seguridad	Cuantitativa

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

(THOMAS , 2014) En la tesis de grado “Estudio comparativo entre métodos empíricos y analíticos y numéricos para los requisitos de soporte de túneles y refuerzos definidos según la clasificación geomecánica” propuso evaluar los requisitos de soporte de túneles obtenidos aplicando métodos empíricos y comparar sus resultados entre ellos. , y los resultados obtenidos de modelos analíticos y numéricos (software) para escenarios similares, se concluyó que existe la necesidad de comprender las implicaciones del uso de métodos empíricos en la construcción de túneles, para comprender estas herramientas como parte del proceso de diseño. Los 18 resultados obtenidos debían ser compatibles con los resultados de otros análisis de estabilidad, y debían incorporar la idea de que el diseño del túnel es un proceso continuo estrechamente relacionado con la construcción del proyecto.

(MERCHAN & SANCHEZ, 2013) en la tesis titulada: "Evaluación de la Estabilidad de Taludes en la Cantera Las Victoria". El estudio tiene como finalidad estudiar el talud y proponer una solución para el control de la inestabilidad del talud, el método de investigación es determinar el tipo de uso utilizando las características geomecánicas del macizo rocoso afectado y el factor de seguridad del talud; Información para evaluar información para esta aplicación: método del círculo de fricción, método Markland y software Dips v5.103 y GEO5. Se concluyó que los macizos rocosos caracterizados por RMR tienen menor variación de profundidad debido a que la posición de las juntas generalmente presenta menor variación. La gama se mantiene de 60 a 70 a 50 m de suelo.

(RINCON, 2016) en su Tesis titulada: “Propiedades geomecánicas del macizo rocoso en el área de contrato 01-068-96 Cooperativa Cooprocabon Sugamuxi Municipio Gámeza Boyacá”. El propósito del levantamiento es determinar la clasificación de la roca matriz en el área de contrato 01-068-96. El método utilizado para determinar la clasificación geomecánica del macizo rocoso es el método propuesto por (Bieniawsky, 1989), denominado RMR (Rock Mass Rating). Se concluyó que en el área de estudio se encuentran arcillas tipo Guaduas y areniscas de la formación Guaduas. Actualmente hay 22 personas trabajando en la industria minera, y los macizos rocosos de la ciudad se encuentran afectados por diversas fallas resultantes.

(MORALES, 2009) En su Tesis titulada: “Caracterización geotécnica y determinación de ángulos de taludes en el yacimiento Franke”, con el objetivo de realizar una evaluación geomecánica de macizos rocosos en base a índices de resistencia geológica. Dependiendo del tipo de datos geotécnicos del proyecto, el método de clasificación geotécnica utilizado es el Índice de Fuerza Geológica (GSI). Luego se analizó la orientación de las estructuras en el depósito con base en los datos obtenidos de la inspección del pozo utilizando sensores ópticos. Como resultado de este análisis, se puede concluir que es deseable la orientación de las estructuras en dirección NW-NW, lo que corresponde a los procesos de estructuras mayores ubicadas en el yacimiento.

2.1.2 Antecedentes nacionales

(ZORRILLA, 2015), en su tesis “Sostenimiento seguro con criterios geomecánicas en las excavaciones subterráneas de la central hidroeléctrica Cerro del Águila”, con el objetivo de determinar estándares de seguridad para el sostenimiento de acuerdo a la aplicación de normas geomecánicas. Se supone que las condiciones de seguridad del apoyo mejorarán aplicando criterios geomecánicos. El estudio concluye que la ingeniería minera moderna ha adoptado la geomecánica

como una herramienta de ingeniería indispensable para lograr condiciones óptimas de seguridad y eficiencia en operaciones de excavación y túneles y otras ingenierías subterráneas.

(MAMANI, 2018), en su tesis de maestría “ Clasificación geomecánica del diseño de soporte de la galería principal - Contrato de minería de Peyols, U.E.A. — Ana María”, con el objetivo de determinar el impacto de la aplicación del sistema de clasificación geomecánica en el diseño de soporte de la galería principal. La hipótesis planteada fue que la aplicación de un sistema de clasificación geomecánica permitiría el diseño de apoyos adecuados en el corredor principal. Los investigadores se basaron en un RQD promedio de 86, un RMR promedio de 48, un Q promedio de 1.03 y un GSI promedio de 43.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Labores Mineras

Las tareas de explotación son el trabajo que se realiza para analizar las diversas faenas mineras que permiten el acceso a los objetos mineralizados. Una unidad de minería consta de un conjunto de tareas, incluidas las tareas de desarrollo y las tareas de minería. Se espera que la excavación del depósito se lleve a cabo utilizando varios diseños de proyectos. La preparación de la mina se realiza mediante la extracción del depósito y el trabajo de desarrollo comienza con la extracción del cuerpo mineralizado

2.2.2. Macizo rocoso

Es un grupo de bloques de matriz rocosa y varios tipos de discontinuidades que afectan el ambiente rocoso.

- ❖ Un medio discontinuo.
- ❖ Bloques de roca intacta + discontinuidades (fracturas, planos de estratificación,
- ❖ fallas planas de debilidad, etc.).

2.2.4. Clasificación geológica general de las rocas.

❖ **Rocas sedimentarias:**

Detríticas: Arenisca, lutita, limolita, conglomerado.

Químicas: evaporitas, caliza y dolomía. Orgánica: caliza, carbón, coralíferas.

❖ **Rocas Ígneas:**

Plutónicas: granito, gabro y diorita.

Volcánicas: basalto, andesita y riolita.

❖ **Rocas metamórficas:**

Masivas: cuarcita y mármol.

Foliadas: pizarra, filita, esquisto, gneis.

2.2.5. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos

- ❖ **Matriz Rocosa:** es el material rocoso exento de discontinuidades, o los bloques de roca “intacta” que quedan entre ellas, se caracteriza por su peso específico, deformabilidad y resistencia (SAENZ A. , 2017, pág. 15).
- ❖ **Discontinuidad:** es cualquier plano de origen mecánico o sedimentario en un macizo rocoso, generalmente con una resistencia a la tracción muy baja o nula. La presencia de discontinuidades implica un comportamiento no continuo del macizo rocoso. (SAENZ A. , 2017, pág. 15).
- ❖ **Macizo Rocoso:** es el conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. La presencia de discontinuidades de diverso tipo le da al macizo rocoso un carácter heterogéneo y un comportamiento no continuo. (SAENZ A. , 2017, pág. 15).

2.2.6. Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos.

Debido a la complejidad del macizo rocoso, diversos autores han intentado crear un sistema de clasificación del mismo. Muchos de estos métodos se han refinado desde entonces, pero la

mayoría de ellos se basan en observaciones cualitativas, por lo que es importante la interpretación correcta y experta de las observaciones de campo. Aquí hay una descripción general de los aspectos más importantes de la minería de superficie: RQD, RMR, MRMR, GSI y SMR:

- ❖ Clasificación de Bieniawski (RMR)
- ❖ Clasificación de Barton (Q)
- ❖ Clasificación de Romana (SMR)
- ❖ Clasificación de Hoek y Brown (GSI)

2.2.7. Clasificación Geomecánica RMR

Bieniawski (1976) publicó una clasificación de macizos rocosos conocida como clasificación geomecánica o sistema de clasificación de macizos rocosos (RMR). Luego, el sistema se perfeccionó hasta llegar a la versión de la clasificación de Bieniawski (1989). Los siguientes 6 parámetros se utilizan para clasificar macizos rocosos utilizando el sistema RMR de Bieniawski (1989):

1. Resistencia a la compresión uniaxial.

Determinada en laboratorio y ensayos de carga puntual en terreno.

2. Valor del RQD.

Se asigna desde puntaje de 20 si este índice es mayor a 90% hasta 3 si es menor a 25%.

3. Espaciamiento de discontinuidades.

Se asume que la roca tiene 3 conjuntos de fracturas y se utiliza el sistema más relevante.

4. Condición de discontinuidades.

Descripción de “aspereza” de la superficie y del material de relleno. Se usa el más liso y desfavorable.

5. Aguas subterráneas.

De acuerdo al flujo de agua en excavación subterránea (si está disponible) o la presión de agua en discontinuidades. Se puede usar también el testigo.

6. Orientación de discontinuidades.

Determinada mediante cámaras en sondajes y/o mapeo de piques.

La clasificación final por este método se realiza en intervalos de 20 puntos comenzado por 100 y hasta llegar a 0. Es decir, son generalmente usados 5 intervalos, los que también pueden ser denominados con números romanos del I al V en calidad ascendente, para clasificar el macizo ROCOSO.

Tabla 2: Parámetros de clasificación RMR

1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión Simple (MPa)		
		Compresión Simple	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m.	0.6 - 2 m.	0.2 - 0.6 m.	0.06 - 0.2 m.	< 0.06 m.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m.	10 - 20 m.	> 20 m.		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm.	0.1 - 1.0 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm.	Relleno duro > 5 mm.	Relleno blando < 5 mm.	Relleno blando > 5 mm.		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 100 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min.	0 - 25 litros/min.	5 - 125 litros/min.	> 125 litros/min.		
		Relación: Presión de agua/Tensión	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		

Una vez que se obtiene el RMR básico, Bienawski (1989) sugiere ajustar este número de acuerdo con un sexto parámetro, a saber, la dirección de la ruptura en relación con la dirección de excavación esperada, definida cualitativamente. Los factores de corrección para el caso del túnel se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Corrección por orientación de discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60
Orientación de las discontinuidades en el túnel						
Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0 - 20 Cualquier dirección
Excavación con buzamiento		Excavación contra buzamiento				
Buz. 45 - 90	Buz. 20 - 45	Buz. 45 - 90	Buz. 20 - 45	Buz. 45 - 90	Buz. 20 - 45	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	

“Finalmente, agregue los seis parámetros para obtener el índice RMR. Dependiendo del estado de las características especificadas, se les asignará una determinada puntuación, y cuando estos puntos se suman, se obtendrá un valor determinado entre 0 y 100”.(Sánchez, 2003).

Tabla 4: Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR89

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy buena	81 – 100	> 4 Kg/cm ²	> 45°
II	Buena	61 – 80	3 - 4 Kg/cm ²	35° - 45°
III	Media	41 – 60	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°
IV	Mala	21 – 40	1 - 2 Kg/cm ²	15° - 25°
V	Muy mala	< 20	< 1 Kg/cm ²	< 15°

Desde su creación, el sistema RMR ha sufrido varias modificaciones por parte de Bienawski y otros autores. Esto se debe principalmente a que la determinación de la calidad del macizo rocoso está relacionada con la elección del tipo de soporte, por lo que se debe prestar más atención al valor RMR y en menor medida al macizo rocoso graduado, donde este valor disminuye.

2.2.8. Clasificación Geomecánica GSI

“El (GSI), es un método de clasificación geomecánica que se calcula identificando y clasificando dos características básicas, la macroestructura y la condición de la superficie de la roca.” (Gavilanes y Andrade, 2004).

Las clasificaciones GSI también se pueden determinar mediante valores RMR. Si RMR89 > 23, el índice antigeológico es:

$$GSI = RMR89 - 5$$







Rock Type: GSI Selection:	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	N/A	N/A
 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70	60	50	40
 VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	70	60	50	40	30
 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60	50	40	30	20
 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50	40	30	20	10
 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A	10		

Figura 3: Estimación del Índice de Resistencia Geológica

2.2.9. Diseño de sostenimiento

Según Osinergmin (2017), El propósito del soporte para excavaciones subterráneas es proporcionar, controlar y mantener la estabilidad de estas excavaciones para garantizar condiciones

de trabajo seguras y permitir el acceso a los trabajos subterráneos. El soporte puede ser activo o pasivo dependiendo de cómo actúa sobre la roca y/o mezclado.

- Sostenimientos pasivos: Los elementos de sostenimiento pasan a formar parte integral de la roca.
- Sostenimientos activos: los elementos de sostenimiento son externos a la roca
- Sostenimiento mixto: es la combinación de elementos de sostenimiento activos y pasivos. Este tipo generalmente se usa para el diseño de sostenimiento.

Los elementos de soporte pueden ser marcos de madera, andamios metálicos, puntales, gatos hidráulicos, pernos de anclaje, pernos de resina, barras de acero en espiral, hinchamiento, empalme, cables, mallas (soldadas y pegadas) y perdigones. Se deben considerar las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, los requisitos del servicio de excavación, el equipo de construcción y los costos de instalación para determinar el tipo de soporte más apropiado.

“El diseño del anclaje fue en gran medida consistente con las recomendaciones establecidas en las diversas clasificaciones geomecánicas basadas en la calidad del macizo rocoso”. Las recomendaciones de mantenimiento para el sistema RMR89 se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Sostenimiento a partir de índice RMR89

Clase RMR	Excavación	Sostenimiento		
		Bulones	Gunita	Cerchas
I 100-81	Sección completa Avances 3 m.	Innecesario, salvo algún bulón ocasional.	No.	No.
II 80-61	Sección completa Avances de 1-1.5 m.	Bulonado local en clave, con longitudes de 2-3 m y separación de 2-2.5 m, eventualmente con mallazo.	5 cm en clave para impermeabilización.	No.
III 60-41	Avance y destroza. Avances de 1.5 a 3 m. Completar sostenimiento a 20 m del frente.	Bulonado sistemático de 3-4 m con separaciones de 1.5 a 2 m en clave y hastiales. Mallazo en clave.	5 a 10 cm en clave y 3 cm en hastiales.	No.
IV 40-21	Avance y destroza. Avances de 1 a 1.5 m. Sostenimiento inmediato del frente. Completar sostenimiento a menos de 10 m del frente.	Bulonado sistemático de 4-5 m con separaciones de 1-1.5 m en clave y hastiales con mallazo.	10 a 15 cm en clave y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación.	Cerchas ligeras espaciadas 1.5 m cuando se requieran.
V ≤ 21	Fases múltiples. Avances de 0.5 a 1 m. Gunitar inmediatamente el frente después de cada avance.	Bulonado sistemático de 5-6 m, con separación de 1-1.5 m en clave y hastiales con mallazo. Bulonado en solera.	15-20 cm en clave, 15 cm en hastiales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada avance.	Cerchas pesadas separadas 0.75 m con blindaje de chapas y cerradas en solera.

Túneles de sección en herradura, máxima anchura 10 m, máxima tensión vertical 250 kp/cm².

Al igual que con el sistema RMR89, la propuesta de soporte de este sistema también se ha adaptado y modificado según las necesidades reales del proyecto, teniendo en cuenta los parámetros técnicos del túnel. Estas recomendaciones se muestran en la Tabla 6. En lo que sigue, nos referiremos a la métrica RMR basada en proyectos como una propuesta de sostenibilidad.

Tabla 6: Recomendación de sostenimiento según el índice RMR del proyecto

Recomendación de sostenimiento por tipo de roca y tipo de labor			
RMR	Calidad	Tipo	Labores de avance
61 - 80	Buena	II	<u>En labores mayores o iguales a 5.0 m x 5.0 m:</u> Colocar shotcrete 2 pulg. reforzado con fibra sintética y perno sistemático de 8 pies de largo de 1.7 m a 2.0 m de espaciado, distribución cuadrada. En intersecciones usar Perno de 10 pies de forma sistemática espaciado a 1.8 m x 1.8 m en corona.
51 - 60	Regular	III-A	<u>En labores mayores o iguales a 5.0 m x 5.0 m:</u> Colocar shotcrete 2 pulg. reforzado con fibra sintética y perno sistemático de 8 pies de largo de 1.5 m a 1.7 m de espaciado, distribución cuadrada. En intersecciones usar Pernos Rebar de 10 pies de forma sistemática espaciado a 1.8 m x 1.8 m en corona.
41 - 50	Regular	III-B	<u>En labores mayores o iguales a 5.0 m x 5.0 m:</u> Colocar shotcrete 2 pulg. reforzado con fibra sintética y perno sistemático de 8 pies de largo de 1.2 m a 1.5 m de espaciado, distribución cuadrada. En intersecciones usar Pernos Rebar de 10 pies de forma sistemática espaciado a 1.5 m x 1.5 m en corona.
31 - 40	Mala	IV-A	<u>En labores mayores o iguales a 5.0 m x 5.0 m:</u> Colocar shotcrete 2 pulg. reforzado con fibra más malla y perno sistemático de 8 pies de largo de 1.2 m a 1.5 m de espaciado y shotcrete sobre 1 pulg. de espesor sin fibra sintética. En intersecciones usar Pernos Rebar de 10 pies de forma sistemática espaciada a 1.2 m x 1.2 m en corona.
21 - 30	Mala	IV-B	<u>En labores mayores o iguales a 5.0 m x 5.0 m:</u> colocar shotcrete 2 pulg. con fibra con malla + perno sistemático de 8 pies de largo de 1.0 m a 1.2 m de espaciado y shotcrete sobre 2 pulg. de espesor sin fibra sintética.
0 - 20	Muy Mala	V	<u>En labores mayores o iguales a 5.0 m x 5.0 m:</u> colocar cimbras H6 galvanizadas espaciadas de 0.8 m a 1.0 m con planchas acanaladas topeadas con bolsacretos. Previamente colocar Shotcrete 2 pulg con fibra sintética como pre soporte.
De acuerdo a la calidad de roca se colocará pernos Rebar, Split Set o Swellex No se contempla realizar intersecciones en tipo de Roca IVB y Roca V			

2.2.10. Sostenimiento con pernos de anclaje

Según Osinergmin (2017), Los pernos de anclaje dan esfuerzos a la roca desde el momento en que se colocan de tal manera que pueda participar en su colocación. Los pernos son elementos activos de apoyo. Se diferencian en sus propiedades de fijación o en su capacidad de deformación. La elección del tipo de bulones de apoyo dependerá de las propiedades geotécnicas del macizo rocoso y del efecto que se pretenda conseguir.

Tabla 7: Características de pernos de anclaje

Propiedades de los pernos de anclaje		
Tipo de perno	Resistencia del límite elástico (ton)	Resistencia a la ruptura (ton)
5/8" perno mecánico	6.1	10.2 (grado 690MPa)
Split set (ss-33)	8.5	10.6
Split set (ss-39)	12.7	14
Swellex estándar	N/A	11
Swellex deformable	N/A	9.5
Super Swellex	N/A	22
20mm barra (#6)	12.4	18.5
22mm barra (#6)	16	23
25mm barra (#6)	20.5	30.8

2.2.11. Sostenimiento con Shotcrete

Actualmente se utiliza cada vez más el hormigón proyectado reforzado con fibras sintéticas o barras de acero. Además, se utilizan aditivos como plastificantes y aceleradores para reducir el tiempo de fraguado mientras se mantiene el perfil de resistencia original sin afectar la resistencia final. De acuerdo con Osinergmin (2017), el concreto premezclado tiene la función de sellar la superficie de la roca, cerrar grietas y caída de roca suelta, y previene la degradación y cambios de tipos de roca cuando quedan expuestas debido a la construcción. excavación.

Tabla 8: Mezcla referencial de concreto lanzado resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Componentes	Mezcla seca		Mezcla húmeda	
	kg/m ³	% materiales secos	kg/m ³	% materiales Húmedos
Cemento	420	19	420	18.2
Aditivo de sílice	50	2.2	40	1.7
Mezcla de agregados	1670	75.8	1600	69.2
Fibras de acero	50	2.2	50	2.2
Acelerante	13	0.6	13	0.6
Superplastificante	-	-	6 litros	0.2
Reductor de agua	-	-	2 litros	0.08
Incorporador de aire	-	-	si requiere	
Agua	controlado a la boquilla		180	7.8
Total	2203	100	2311	100

2.2.12. Factor de seguridad

Según Osinergmin (2017), el enfoque clásico utilizado en el diseño de estructuras técnicas es considerar la relación entre la resistencia del sistema o soporte de carga y la demanda calculada o carga que actúa sobre el sistema. El factor de seguridad (FS) es la relación entre la resistencia (capacidad) y la acción (demanda) Determinista la medida de su relación”.

El factor de seguridad de una estructura se define como:

$$FS = C/D$$

Donde:

FS : Factor de seguridad

C: Capacidad de soporte de carga del sistema

D: Fuerzas actuantes o demanda sobre el sistema

Existen tres posibles escenarios:

- Cuando $C > D$, luego $FS > 1$ el sistema es estable.
- Cuando $C < D$, luego $FS < 1$ el sistema es inestable.

- Cuando $C = D$, luego $FS = 1$ el sistema está en equilibrio límite.

Los valores de FS generalmente incluyen valores mínimos especificados basados principalmente en la aceptación del diseño empírico. Los valores mínimos de FS se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9: F.S. recomendado según plazo de estabilidad

Plazo	Rangos de FS
Estabilidad a largo plazo (LP)	>1.5
Estabilidad a mediano plazo (MP)	1.3-1.5
Estabilidad a corto plazo (CP)	1.1-1.3

Según Osinergmin (2017), La confiabilidad de la función de capacidad (C) depende de la variabilidad de la resistencia del macizo rocoso a los parámetros de fractura, prueba de falla, procedimientos de extracción, procedimientos de inspección. Además, la función de demanda (D) incluye factores como las fuerzas de carga de la gravedad de la roca, las aceleraciones sísmicas, las tensiones ambientales y las ubicaciones del nivel freático.

2.3. Definición de términos básicos

Discontinuidades: Con fines descriptivos, el término genérico falla se usa indistintamente para referirse a diaclasas, fallas, foliaciones y estratificación, dado que la resistencia al corte de estas superficies es siempre menor que la de la roca intacta. (Salcedo, 1988).

Matriz rocosa: Material de roca sin roturas o bloques de "roca intacta" (González de Vallejo, 2002).

Sostenimiento: Se refiere a elementos de apoyo y refuerzo destinados a proteger, controlar y estabilizar excavaciones subterráneas. Se pueden utilizar solos o combinados con otros (Osinergim, 2017).

Pernos de anclaje: Los pernos le da fuerza a la roca desde el momento en que se coloca para que pueda participar en el soporte. Hay muchos tipos de pernos que difieren en sus propiedades de fijación (pernos de expansión, agarre o fricción) o capacidades de deformación (pernos rígidos o pernos dinámicos). (Osinermin, 2017).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

En el desarrollo de la investigación. Se siguieron diversos procesos, dentro de los cuales se pueden describir los procedimientos de levantamiento geológico con fichas de campo, posteriormente la obtención de muestras de matriz rocosa para el desarrollo de ensayos de laboratorio, para determinar la resistencia de la roca, cohesión y ángulo de fricción por medio de ensayos como carga puntual y corte directo, posteriormente se ha clasificado la roca utilizando la metodología RMR89 y el sistema Q de Barton. Ya que estos son parte integral del desarrollo para el diseño de sostenimiento de labores mineras en la Mina Jakama Concepción – Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A.. Los resultados fueron procesados y posteriormente se establecen las condiciones adecuadas de sostenimiento en base a los resultados de gabinete.

3.2. Tipo de investigación

Ñaupas, H., Valdivia, R., Palacios, J y Romero, H. (2018) afirman que “de acuerdo a varios autores, hasta el momento, el tipo de investigación se limita, por ejemplo, a dos: investigación básica, investigación pura o fundamental e investigación aplicada. Estar de acuerdo y declarar que el trabajo es de investigación aplicada. Porque, busca establecer estrategias que resuelvan la problemática sobre el diseño de sostenimiento adecuado. A través de la relación con la evaluación geomecánica de labores mineras en la mina Jakama Concepción – Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A.

3.3. Nivel de la investigación

La investigación utiliza un enfoque cuantitativo a nivel de relevancia y explicación ya que describe, define y explica las relaciones entre variables.

3.4. Método de investigación

Dado que los datos son datos numéricos de una colección de datos basados en herramientas estandarizadas, los métodos de investigación son métodos científicos de enfoques cuantitativos para medir y demostrar su eficacia y confiabilidad, y se analizan sobre esa base a la estadísticamente.

Mediante la recopilación de datos y el análisis interpretativo, se utilizan métodos cuantitativos para describir y explicar las características geológicas y geomecánicas del área de estudio. El proyecto de investigación se llevó a cabo en tres etapas: levantamiento de información, trabajo de campo y trabajo analítico.

3.5. Diseño de la investigación

Según Hurtado, los estudios experimentales se realizan con control consciente sobre variables independientes y se analizan en forma de investigación.

En este caso, las variables X e Y están interrelacionadas, lo que hace que el diseño del estudio sea cuasi-experimental. Además, las muestras no se extraen al azar, sino que se analizan todas.

El diseño de la investigación es descriptivo. “Usando el método deductivo– inductivo, partiendo de datos particulares a la generalización del área investigada considerando la caracterización geomecánica y estabilidad de labores mineras subterráneas”.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

Según (Gonzales, 2014) una población representa un conjunto de elementos que tienen al menos una característica común.

La población en el estudio está constituida por las labores mineras en la mina Jakama Concepción – Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A.

3.6.2. Muestra

Según González, debido a que esta es una porción representativa de la población, los resultados obtenidos en la muestra se pueden generalizar a lo que constituye esta población en primer lugar.

En esta investigación, la muestra estará conformada por macizos rocosos y las estructuras mineralizadas y las muestras son tomadas en forma sistemática. Del cual se obtendrán los resultados geológico, geotécnicos para culminar la investigación.

3.6.3. Muestreo

Es probabilístico porque la probabilidad de que todos los miembros de la población sean seleccionados de la muestra es mayor que 0. El método utilizado es el muestreo estratificado, debido a que la probabilidad de que todos los miembros de la población sean seleccionados de la muestra es mayor a 0, por lo que la población se reagrupa según el tipo de jerarquía aditiva y probabilidad concreta. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

3.6.4. Unidad muestral

Núcleo de la matriz rocosa proveniente del macizo rocoso.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de investigación representan el conjunto de pasos, cuyo objetivo es operativizar el proceso investigativo. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

Observación directa: “Se utiliza para recopilar información sobre los parámetros de estimación del macizo rocoso. Cabe mencionar que las mediciones de estos parámetros se realizaron mediante mapeo geomecánico en el frente de excavación utilizando clasificaciones geomecánicas RMR y GSI adecuadas a las condiciones del proyecto”.

Ensayos de laboratorio: En esta etapa se consideraron muestras de macizo rocoso para conocer los parámetros mecánicos de la roca, como resistencia, densidad, etc.

Análisis documental: “Se utiliza para visualizar información bibliográfica como libros, revistas, tesis e informes relacionados con el tema de investigación. Así son las normas y procedimientos mineros que brinda la zona geomecánica del proyecto”.

3.7.2. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

El instrumento que se utilizó es mediante fichas que consiste en registrar los datos de los procedimientos realizados.

3.7.3. Procesamientos de datos

Comenzamos con un análisis estadístico que nos permite examinar los resultados de la evaluación y cómo estos influyen en el diseño de sostenimiento. Para evaluar, primero proponemos una prueba de hipótesis.

3.8. Equipos utilizados de recolección y procesamiento de datos

3.8.1. Equipos utilizados en la recolección de datos

En la recolección de datos, se utilizaron diversos instrumentos los cuales deben estar debidamente calibrados de forma anual.

- Brújula Brunton



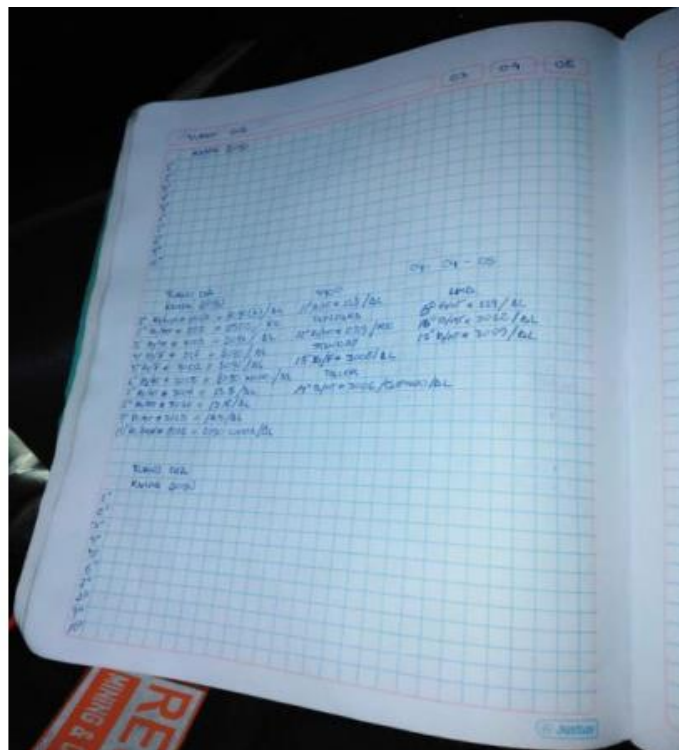
- Martillo de Geólogo: Para estimar la resistencia de las rocas en campo.



- Formatos de Mapeo Geomecanico: para registrar información del levantamiento geotécnico en los frentes de avance.

MAPEO GEOMECANICO RMR										Nivel:		Labor:		CLASIFICACION DEL MACIZO																
MAPEO LINEAL										Fecha:		Hecho por:		RCCOPO RMR																
Registro N°										Litología:		Observaciones		RMR																
N°	Tipo de discontinuidad	DIP (BUZAMIENTO)	DIP DR (AZIMUT)	RQD		Espaciamento entre discontinuidad	CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES					Agua Subterránea	Orientación Discontinuidades	RMR	OBSERVACIONES															
				Resistencia a la Compresión	etc		Persistencia	Apertura	Rugosidad	Releno	Ateración																			
				15	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	15	12	10	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
1				1- > 250 MPa		1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20	1- > 20		
2				2- 100-250 MPa		2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	2- 10-20	
3				3- 50-100 MPa		3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	3- 5-10	
4				4- 25-50 MPa		4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	4- 2-5	
5				5- < 25 MPa		5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	5- < 2	
6				1- 90-100%		1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	1- 90-100%	
7				2- 75-90%		2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	2- 75-90%	
8				3- 50-75%		3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	3- 50-75%	
9				4- 25-50%		4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	4- 25-50%	
10				5- < 25%		5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	5- < 25%	
11				1- > 20 m		1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	1- > 20 m	
12				2- 10-20 mm		2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	2- 10-20 mm	
13				3- 5-10 mm		3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	3- 5-10 mm	
14				4- 2-5 mm		4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	4- 2-5 mm	

- Libreta de Campo: Para realizar anotaciones necesarias en campo.



3.9. Desarrollo de la investigación

Etapa Preliminar Consiste en recopilar información relacionada con el tema de investigación utilizando diversas fuentes de información, tales como libros, revistas, sitios de Internet, normativa vigente sobre actividades relacionadas con el tema de investigación, artículos de investigación previamente elaborados. De acuerdo al Decreto Supremo N° 023-2017-EM y sus modificatorios D.S. N° 023-2017-EM, Organismo de Supervisión de Inversiones Mineras y Energéticas: Normas Geomecánicas Lineamientos para el Diseño, Construcción, Supervisión y Clausura de Obras Subterráneas. También se consideran como base las clasificaciones geomecánicas más difundidas y utilizadas en minas subterráneas, por ejemplo: RMR89 y GSI, las cuales son adaptadas por los titulares de licencias mineras para la ejecución de proyectos.

Etapa de Campo Esto involucró la recolección de datos a través del mapeo geomecánico de cada cara del plan de trabajo utilizando clasificaciones geomecánicas RMR y GSI adaptadas al Proyecto Integrado de Túneles Animon-Islay para determinar la calidad del macizo rocoso para evaluar las operaciones de soporte que se instalarán en la mina.

También en esta etapa se llevan a cabo pruebas de control de calidad de los soportes instalados, como pruebas de tensión de pernos, pruebas de resistencia temprana y pruebas simples de compresión de hormigón proyectado, etc. Estas pruebas se realizan para asegurar el funcionamiento de los elementos de soporte instalados en las faenas mineras.

Etapa de Gabinete Consiste en el análisis de estabilidad de trabajo, utilizando el software Rocscience Phase2 v 8.0, analizamos el comportamiento de las fuerzas y deformaciones en el proyecto y primero determinamos las condiciones de estabilidad de trabajo, como los resultados obtenidos con los datos que obtenemos. la aplicación incluye mapeo geomecánico, propiedades de los materiales, especificaciones técnicas de los elementos de carga y otros datos necesarios. El

análisis se realizó en diferentes partes del proyecto, enfocándose en la calidad del macizo rocoso encontrado durante la construcción del túnel, especialmente en el talud 3740. Primero se analiza la obra sin apoyo, luego se evalúa el tipo de apoyo y la construcción de acuerdo a la clasificación geomecánica, y se determina el factor de estabilidad de la obra de acuerdo al factor de seguridad obtenido.

Evaluación geomecánica

“El análisis geomecánico tendrá dos niveles, el nivel 2 y el nivel 4, el nivel más profundo es el nivel 2, unos 490 metros, y el nivel 4, 420 metros, estos niveles son los más profundos y nos ayudarán a conectar los otros niveles en la zonificación geomecánica”.

Análisis de discontinuidades

Para el análisis de discontinuidades se identificarán las discontinuidades más importantes, para ello se mapearán con líneas de detalle, partiendo de la entrada y profundizando, se considerarán las discontinuidades más representativas en nuestro estudio. Se muestran mapas geomecánicos detallados y análisis de discontinuidad de línea de detalle.

Tabla 10: Línea de detalle del nivel 2

N°	Distancia a la intersección de la discontinuidad	Orientación de la discontinuidad		Tipo de discontinuidad	Condiciones estructurales Bieniawski						Parametros Q Bartón 1974		
		Buzamiento	Dirección de Buzamiento		condiciones de juntas	Persistencias	Apertura	Relleno	Rugosidad	Meteorización	Jn Numero de familias	Jr Condiciones de rugosidad	Ja Condiciones de meteorización
1	115	48	35	Contacto	Mala	Si	0.1	SI	SI	SI	2	1	1
2	180	62	115	Falla	Regular	Si	0.1	NO	NO	SI	3	1	1
3	230	35	185	Contacto	Mala	Si	1	SI	SI	SI	4	1.5	4
4	360	48	92	Contacto	Mala	Si	2	SI	SI	SI	2	4	4

Tabla 11: Línea de detalle del nivel 4

N°	Distancia a la intersección de la discontinuidad	Orientación de la discontinuidad		Tipo de discontinuidad	Condiciones estructurales Bieniawski						Parametros Q Bartón 1974		
		Buzamiento	Dirección de Buzamiento		condiciones de juntas	Persistencias	Apertura	Relleno	Rugosidad	Meteorización	Jn Numero de familias	Jr Condiciones de rugosidad	Ja Condiciones de meteorización
1	115	48	35	Contacto	Mala	Si	0.1	SI	SI	SI	2	1	1
2	180	62	115	Falla	Regular	Si	0.1	NO	NO	SI	3	1	1
3	230	35	185	Contacto	Mala	Si	1	SI	SI	SI	4	1.5	4
4	360	48	92	Contacto	Mala	Si	2	SI	SI	SI	2	4	4

Las discontinuidades encontradas indican que la roca en general no está muy fracturada, la roca no tiene demasiadas discontinuidades, algunas de las discontinuidades encontradas son aceptables y las operaciones se pueden realizar con normalidad.

3.10. Generalidades

3.10.1. Ubicación

La concesión minera con código N°610001609 con extensión de 700 hectáreas, colinda entre las cordilleras que comprende los departamentos de Ica y Huancavelica, la zona de explotación comprende al distrito de Huancano, provincia de Pisco y departamento de Ica.

Por otra parte, colinda al departamento de Huancavelica y próximo al distrito de Capillas/comunidad campesina de Pauranga.

La cual se ubica a una altitud entre los 2500 y 3850 m.s.n.m.

Tabla 12: Detalles de la concesión donde se ubica el proyecto

Vértices	Coordenadas UTM PSAD 56		Coordenadas UTM WGS 84		Área
	Este	Norte	Este	Norte	
	V1	430000	8515000	430231.75	
V2	430000	8511000	430231.74	8511363.66	700 Hectáreas
V3	429000	8511000	429231.73	8511363.66	
V4	429000	8512000	429231.73	8512363.68	
V5	428000	8512000	428231.71	8512363.68	
V6	428000	8515000	428231.71	8515363.72	

3.10.2. Clima y vegetación

En temporadas de verano el clima varía entre 10° a 25° en el día con presencia de lluvias permanentes hasta el mes de abril, razón por la cual se identifica el pastoreo de cabras.

En temporadas de invierno el clima varía entre 10° a -5° por las noches y en el día hasta 30°. Motivo por el cual se identifica lo siguiente.

Flora

sobre la base de la información de inspección de campo, características topográficas (altitud, pendiente y orientación geográfica) y homogeneidad de las características físicas y de vegetación del área de estudio; se han determinado seis unidades de vegetación, las que pueden ser caracterizadas en función de su cobertura como áreas de nula a muy escasa vegetación y áreas de vegetación medianamente densa. En la zona donde se desarrolla el proyecto minero, se realizaron observaciones directas de las especies de flora presentes y se realizó la identificación en campo con ayuda de guías botánicas y herbarias. Para las especies no conocidas se recolectaron muestras que fueron enviados a especialistas para su reconocimiento de su género.

La flora del área del proyecto es muy escasa, pero se evidencio las siguientes: Cola de Zorro, Pate, Huanarpo macho, Ortiga, Cachisco. (nombres comunes). La vegetación está íntimamente ligada a la altitud como a la ubicación geográfica del área de estudio

las especies presentes mencionadas en el entorno de estudio se detalla a continuación.

Tabla 13: Especies de Flora Identificadas en la Zona de Estudio

Familia	Nombre científico	Nombre común	Detalles
Cactaceae	Haageocereus Acranthus	Cola de zorro	Las especies de este genero crecen entre los 50 y 2800 msnm abarcando el desierto costero del pacifico
Anacardiaceae	Orthopterygi Umhauaucui	Pate	Genero monotipico de arbol, es originaria de peru, se encuentran en los departamentos de lima, ayacucho e ica
Euphorbiaceae	Cnidoscolus Peruvianus	Huanarpo Macho	Arbusto achaparrado, hasta 1.5 mde altura, crece en pendientes y clima de quebrada rica en cactáceas y bajada de huaycos

Loasaceae	Loasa Incana	Ortiga	Hierba-arbusto de hasta 1.5 m, crece en cauces de rios y huaycos, tolerantes a sequias
Chenopodiaceae	Atriplex Rotundifolia	Cachisco	Arbusto de hasta 1.4 m de altura, crece en cauces de rios secos y huaycos

3.10.3. Accesibilidad

El acceso al proyecto minero JAKAMA CONCEPCION es por carretera que parte desde la ciudad de Lima por la panamericana sur, 220 km con dirección sur este, hasta el desvío de la entrada San Clemente.

Se toma la carretera de los libertadores 50.5 km. Hasta el desvío Quitasol/Huancano. Se sigue por este 33 km hasta desvío camino de trocha coincidiendo con el área de la concesión

Tabla 14: Accesibilidad a Unidad Operativa

TRAMO	DISTANCIA	TIPO DE VIA	TIEMPO
Lima - San Clemente	220 Km	asfaltada	3 horas
San Clemente - Quitasol	50.5 Km	asfaltada	1 hora
Quitasol - Proyecto JAKAMA CONCEPCIÓN	33 Km	trocha	1.5 horas
TOTAL	303.5 Km		5.5 horas

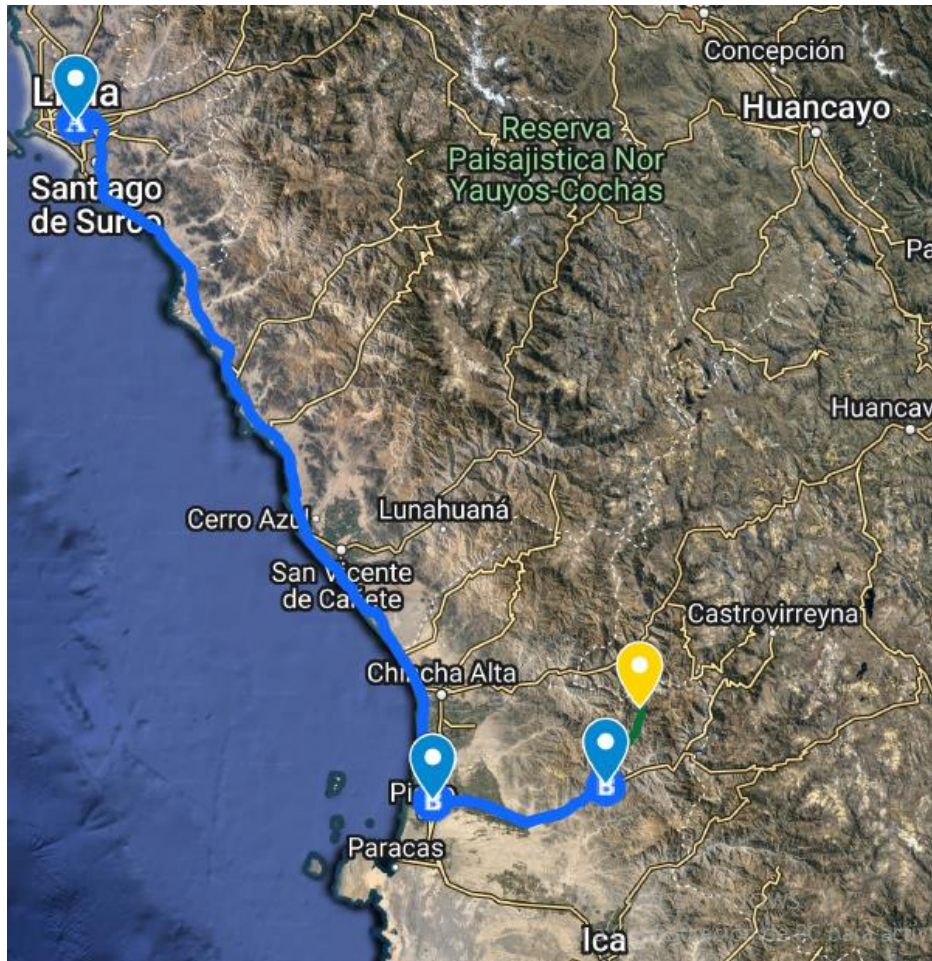


Figura 4: Ruta de acceso a la mina Jakama concepción

3.10.4. Geología

La geología en la zona del proyecto minero JAKAMA CONCEPCION está constituida por “unidades estratigráficas de rocas que dan origen a diferentes formaciones geológicas separadas por sucesivos procesos tectónicos que se dan durante la evolución que experimenta la superficie terrestre, las formaciones geológicas de su área de estudio aparecen en la parte más alta de la Tierra, al este del HUMAY y bordeando el distrito de Huacano Los cerros, formados por intrusiones de origen volcánico del período Cretácico-Jurásico, están compuestos por: granodiorita, granito rojo-rosado, granito azomorfo secundario.

La Formación Copara está expuesta principalmente en las estribaciones de los Andes y se cree que es de edad Aptiana a Albiense inferior; la parte inferior es grauvaca, la parte media es roca volcánica, cuarcita y la parte superior es esquisto y calcita.

En las estribaciones de los Andes, un período de erosión depositó una secuencia de toba relacionada con la Formación Huaylilla en el sur de Perú. Esta unidad, al igual que el norte de Cañete, se conoce como la Formación Pocoto y es de edad Miocena.

La parte inferior son sedimentos cuaternarios; está formado por aluviones, dunas y playas. Se agrupan por origen, composición litológica y características morfológicas.

3.10.5. Geología regional

Geológicamente está formado por:

Rocas Huéspedes - En el área de estudio afloran en la parte alta al este de Humay y Cerro La Granja y consisten en cuerpos intrusivos de origen volcánico Cretácico-Jurásico, entre ellos: fenodiorita, granito rojo-rosado, granito subdiamórfico e inclusiones máficas. Se formó Pisco.

Mioceno Terciario, expuesto al noreste, sur y este de la ciudad de Pisco, muy cerca del Cerro Caucato, San Clemente, San Miguel y al este del Puente Huamani. Dentro del mapa, la formación consiste en capas delgadas de diatomeas blancas intercaladas con capas de arcilla-marga y asociadas con ceniza volcánica. Los 45 metros superiores consisten en arenisca tobácea marrón. El color dominante de estos afloramientos es el blanco.

Sedimentos cuaternarios. - Están formadas por estribaciones y depósitos aluviales, dunas, pantanos y playas de arena. Según su origen, composición litológica y características morfológicas, se agrupan de la siguiente manera:

Los depósitos de piedemonte. - que cubren las pampas de hurangal y se componen de gravas, arena y arcilla, tienen una profundidad de 150 metros.

La terraza más antigua. - que aflora a lo largo de la panamericana sur, se compone de cantos ígneos sub redondeados, sementado por material más fino y sales.

La terraza ii.- tiene diferentes superficies, la superficie lacustre que aflora a 1.5 km de la panamericana, formada por arcilla verde y arcilla arenosa con manchas de limolita y está cubierta por una fina capa de sales. en dirección este se encuentra la superficie con depósitos fluviales, coluviales y de piedemonte que son terrenos buenos para el cultivo; esta terraza no contiene material salino.

La terraza más reciente. - se compone de material fluvial permeable principalmente grava granítica-volcánica de 3 a 10 cm y arcilla arenosa gris.

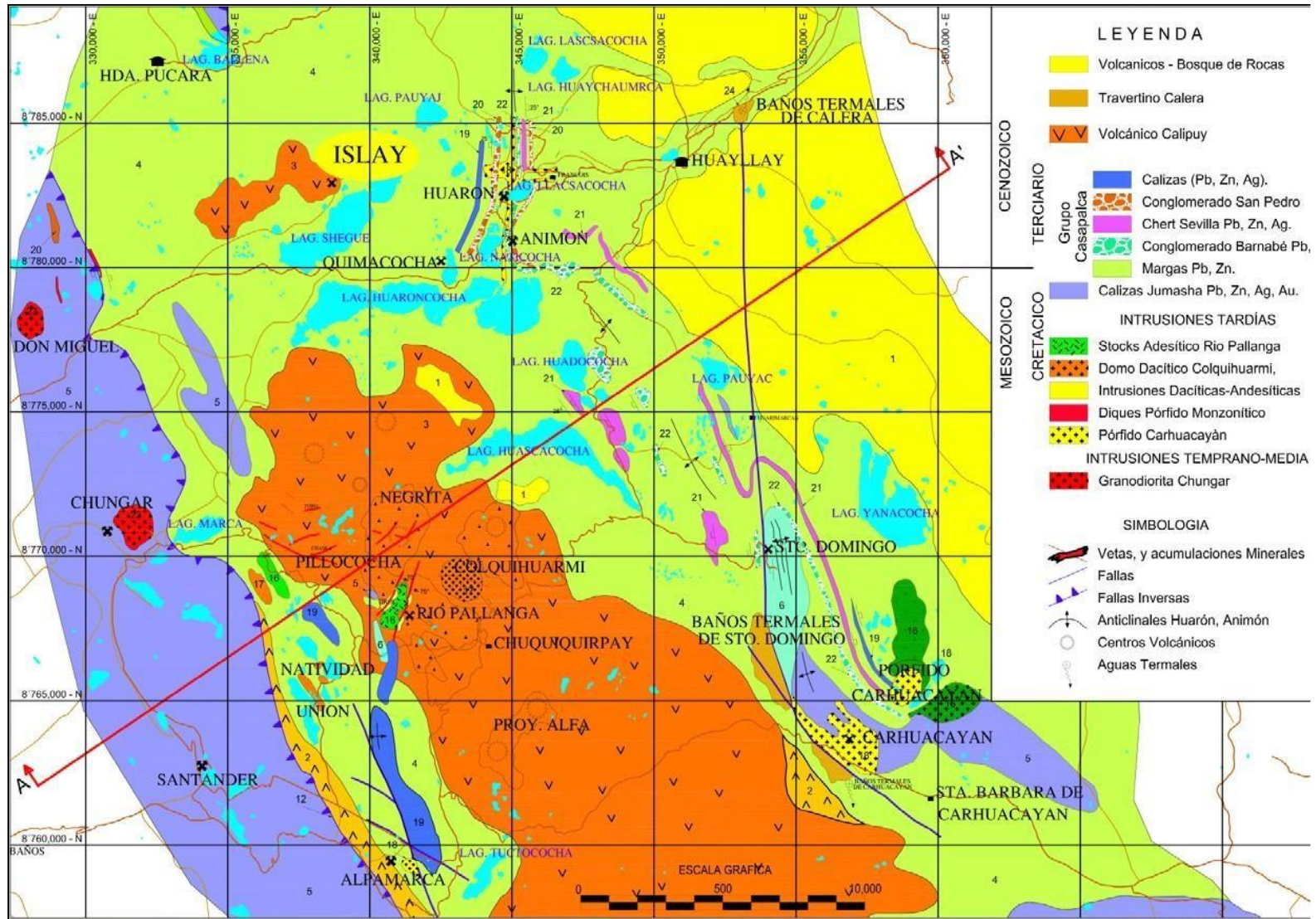


Figura 5: Geología regional Mina Animon

3.10.6. Geología estructural

El área de estudio básicamente sufrió deformación por acción de la unidad estructural siguiente:

El plegamiento de la secuencia mesozoica.

Zona plegada

El plegamiento andino es sumamente complicado en la zona, principalmente, por un fallamiento pre-intrusivo que se ve hasta cierto punto oscurecido por este, por el grado de recristalización y endurecimiento que ha impartido a las rocas que presentan un aspecto masivo.

Esto es más notorio, sobre todo en las porciones poco extensas, incluida dentro de los intrusivos, las cuales forman indudablemente intensos enclaves o techos colgantes. En la zona de estudio la estructura se presenta poco disturbada, aunque es sumamente disectada por los ríos y quebradas que bajan de la cordillera en ciertos sectores.

Fallas

El cinturón plegado está atravesado por una serie de fallas transversales a lo largo de las cuales corren muchos valles a lo largo del plano debilitado; en este caso, se identifican por el desplazamiento de la estructura o litología que se encuentra en los costados del cañón.

3.10.7. Geología económica

La mineralización es principalmente en anortosita, diorita a microdiorita, cuyas características litológicas y estructurales se derivan del proceso de mineralización en la Cordillera Central. Responsable de la mineralización del área, su solución mineralizante circula a través de

grietas preexistentes y depósitos a lo largo de las mismas. La reacción con la caja provoca cambios hidrotermales a partir de los cambios físicos y químicos que se producen en el medio ambiente.

El principal mineral producido es la pirita aurífera, y las arenas tóxicas asociadas, la esfalerita y el mineral de hierro y zinc también tienen valores menores de oro. El relleno principal en la solución es el cuarzo.

3.10.8. Minerología

La mineralogía del yacimiento incluye los siguientes minerales:

- ❖ Sulfuros: Pirita, calcopirita, galena, esfalerita.
- ❖ Óxidos: Cuarzo, limonita, magnetita
- ❖ Sulfosales: Arsenopirita
- ❖ Carbonatos: Calcita, sericita

En las vetas de cuarzo auríferas, la pirita es el sulfuro más común, la arsenopirita es el siguiente mineral abundante, y esta composición mineral se caracteriza por la galena, que se observa en la zona oxidada de la veta, formando una forma colosal de grano fino y agregados. rellenos de otros minerales; la esfalerita es menos común y ocurre en bandas de sulfuro asociadas con galena y pirita. El oro y el oro se encuentran en arcos de pirita o microfisuras.

3.10.9. Geometría del yacimiento

La forma típica de los yacimientos minerales que se observa, es la filoniana, presentándose como filones simples o fisuras mineralizadas solitarias y también como filones complejos que pueden estar entrelazados (lazos sigmoides), ramificados y raramente en stock work.

La porosidad y permeabilidad de las rocas determinan la geometría de los yacimientos hidrotermales; la velocidad de filtración (permeabilidad), aumenta de manera directamente

proporcional con la temperatura de la roca y las soluciones transcurren selectivamente a lo largo de las direcciones de alta temperatura, tales como contactos de intrusiones y diques posteriores.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación geomecánica

La evaluación geomecánica es un proceso que nos permite determinar el comportamiento de la roca que nos ayudará a identificar el soporte en la mina, y en muchos casos la zonificación geomecánica para diversas tareas nos dará una perspectiva que nos ayudará a identificar el soporte durante el trabajo.

4.1.1. Análisis de discontinuidades

Para el análisis de discontinuidades se identificarán las discontinuidades más importantes, para ello se mapearán con líneas de detalle, partiendo de la entrada y profundizando, se considerarán las discontinuidades más representativas en nuestro estudio. Se muestra el mapeo geomecánico de línea detallado y el análisis de discontinuidad.

Tabla 15: Línea de detalle del nivel 2

N°	Distancia	Orientación de la discontinuidad		Tipo de discontinuidad	Condiciones estructurales Bieniawski						Parametros Q Bartón 1974		
		Distancia a la intersección de la discontinuidad	Buzamiento		Dirección de Buzamiento	condiciones de juntas	Persistencias	Apertura	Relleno	Rugosidad	Meteorización	Jn Numero de familias	Jr Condiciones de rugosidad
1	115	48	35	Contacto	Mala	Si	0.1	SI	SI	SI	2	1	1
2	180	62	115	Falla	Regular	Si	0.1	NO	NO	SI	3	1	1
3	230	35	185	Contacto	Mala	Si	1	SI	SI	SI	4	1.5	4

Tabla 16: Línea de detalle del nivel 4

N°	Distancia	Orientación de la discontinuidad		Tipo de discontinuidad	Condiciones estructurales Bieniawski						Parametros Q Bartón 1974		
		Distancia a la intersección de la discontinuidad	Buzamiento		Dirección de Buzamiento	condiciones de juntas	Persistencias	Apertura	Relleno	Rugosidad	Meteorización	Jn Numero de familias	Jr Condiciones de rugosidad
1	115			Contacto	Mala	Si	0.1	SI	SI	SI	2	1	1
2	180			Falla	Regular	Si	0.1	NO	NO	SI	3	1	1
3	230			Contacto	Mala	Si	1	SI	SI	SI	4	1.5	4

Las roturas encontradas muestran que la roca no se ha agrietado mucho. En el siguiente gráfico se muestra las discontinuidades más representativas en los Niveles 2 y 4.



Figura 6: Mapeo geomecánico por línea de detalle

Tabla 17: Sistemas de discontinuidades en el Nivel 2

SET	DIP	DIP/DIR
S1	48	115
S2	35	35
S3	62	185

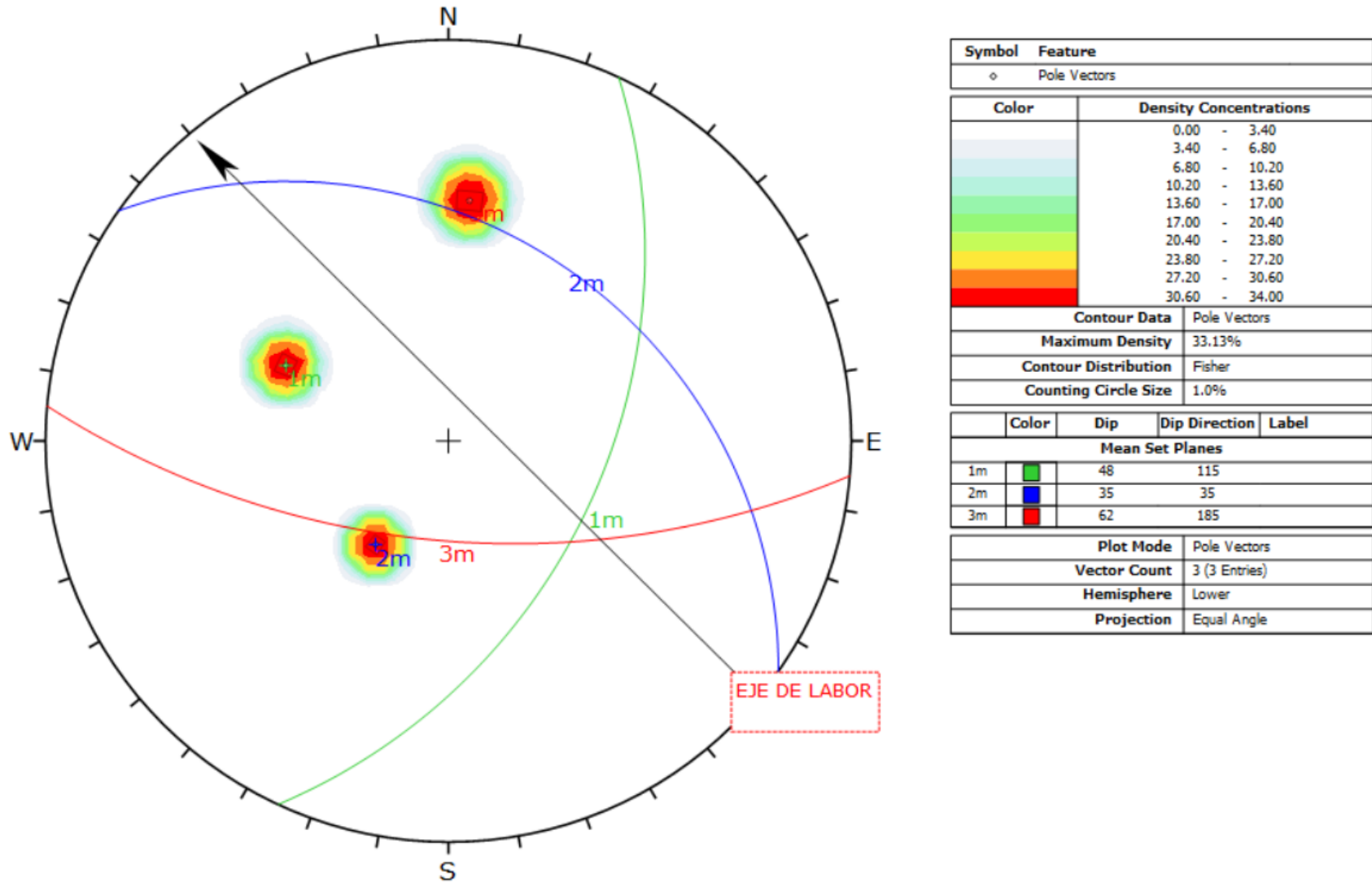
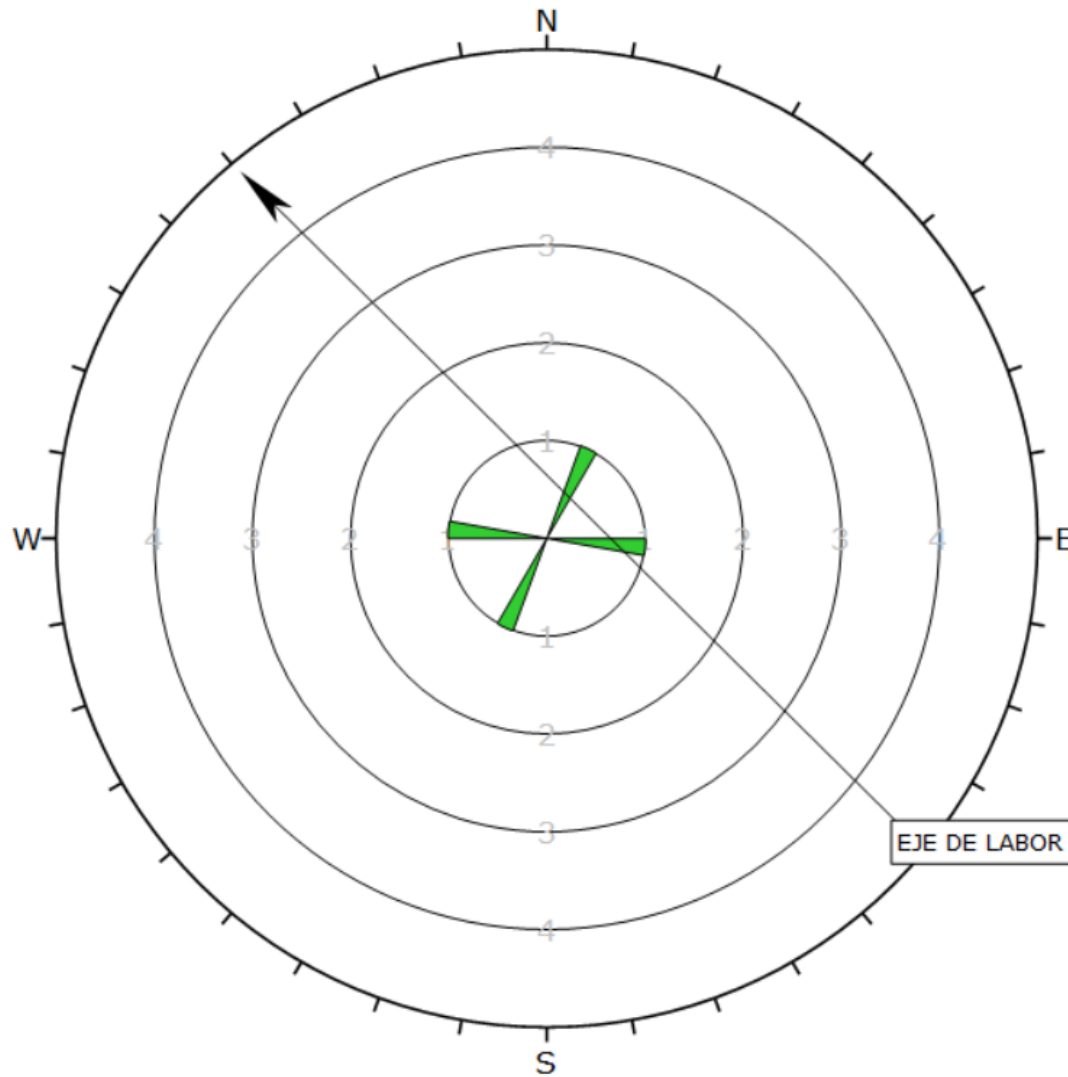


Figura 7: Sistema de discontinuidades del nivel 2



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	2
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 8: Orientacion de discontinuidad respecto al eje del nivel 2

Tabla 18: Sistemas de discontinuidades en el nivel 4

SET	DIP	DIP/DIR
S1	78	85
S2	72	145
S3	85	235

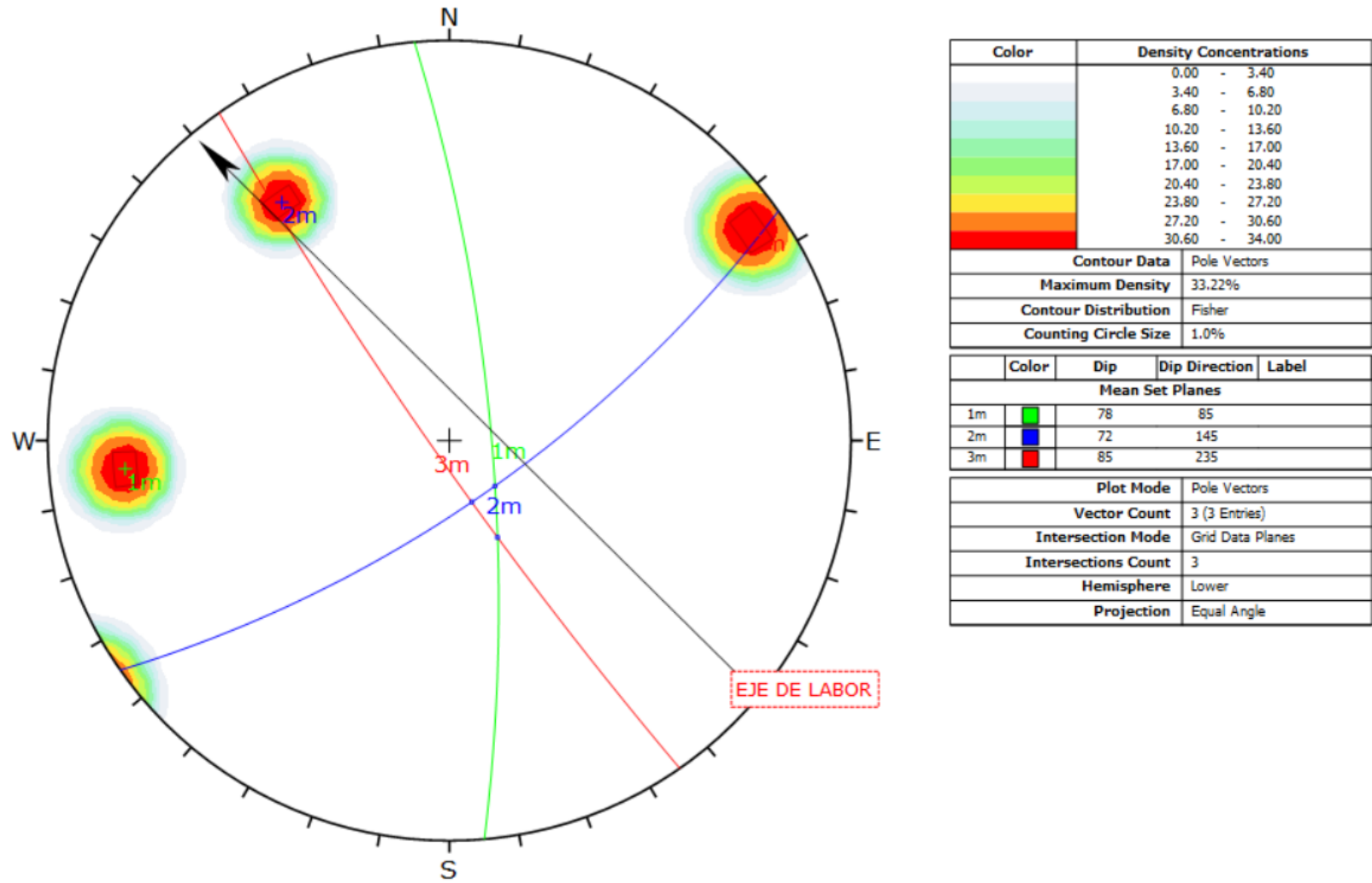
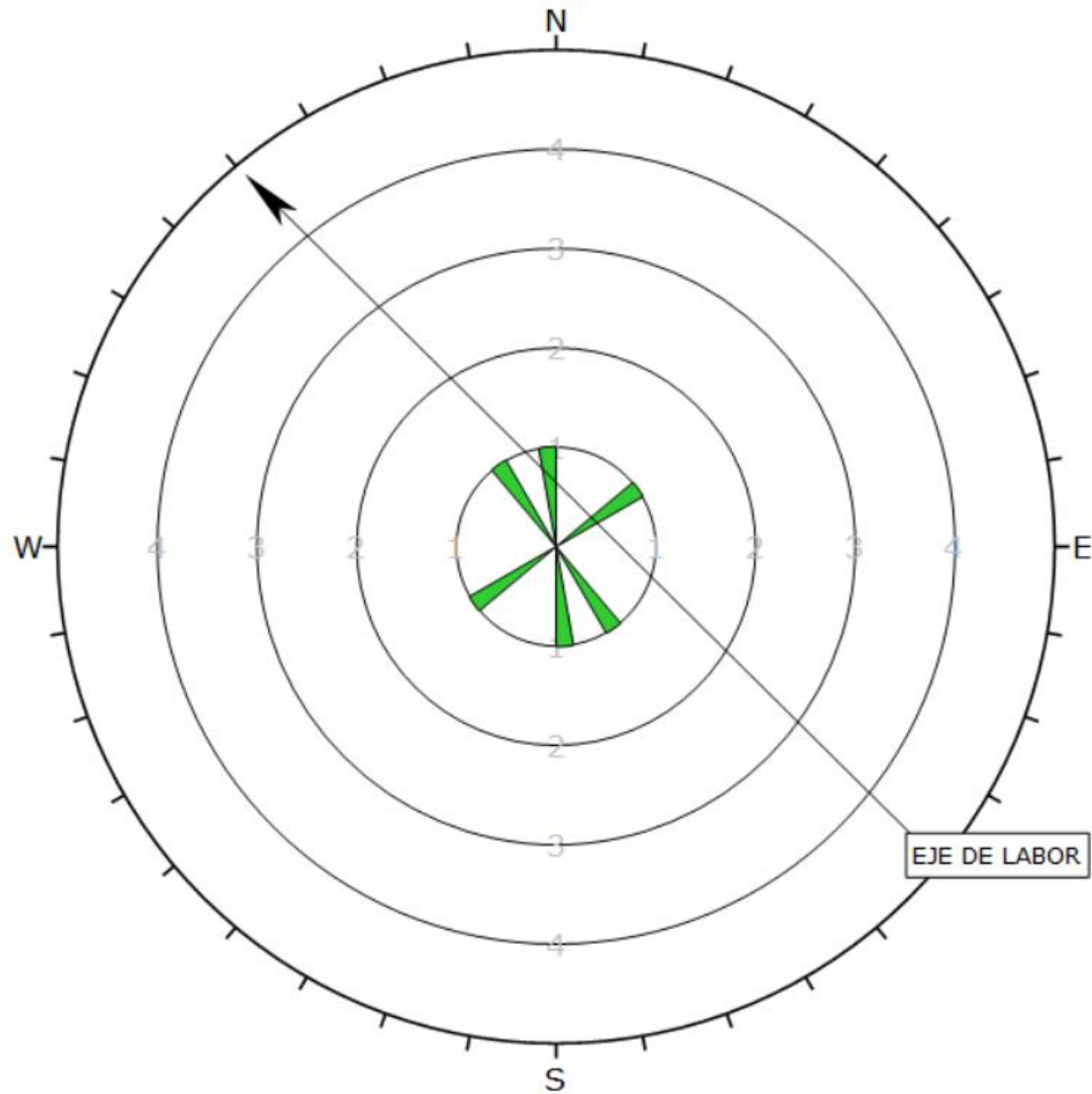


Figura 9: Sistema de discontinuidades nivel 4



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	3
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Figura 10: Orientacion de discontinuidad respecto al eje del nivel 4

4.2. Análisis de Propiedades Físicas y mecánicas de la roca

En esta parte, el departamento de geología realiza análisis de propiedades físicas, envía varias muestras al laboratorio de su elección y los tamaños de muestra suelen ser los siguientes:

Muestras Nv 2 y 4:

- ❖ Diámetro: 5.4 cm
- ❖ Largo: 11.06 cm

Las muestras de roca in situ se toman de los niveles 2 y 4. Los resultados de los atributos físicos para los niveles 2 y 4 se muestran en la siguiente imagen:

Tabla 19: Propiedades físicas de la roca

Roca	Densidad (kg/m³)	P.E. a. (KN/m³)	P.H. (%)	Absorción (%)
Muestra Nv 2	2600	23.48	4.31	1.66
Muestra Nv 4	2700	20.74	5.58	2.6
Zona Mineralizada	2600	25.42	3.47	1.83

Las propiedades mecánicas de las rocas son una referencia muy importante en la evaluación geomecánica, ya que son necesarias para cualquier caracterización de Hoek Brown o Mohr Coulomb y los criterios de falla que las utilizan. La siguiente tabla muestra una descripción general de las propiedades mecánicas de las rocas a partir de ensayos realizados en laboratorios determinados por campos geomecánicos.

Tabla 20: Propiedades mecánicas de la roca

Roca	Resistencia (UCS)	Tracción (MPa)	Modulo de elasticidad	Poisson	Cohesion	Phi
Muestra Nv 2	40.8	7.36	21.92	0.18	0.09	41
Muestra Nv 4	59	15.81	30.23	0.26	0.53	30
Zona Mineralizada	28	4.72	15.14	0.12	0.22	20

Se ha observado que la resistencia promedio de la roca está entre 40 y 60 MPa, a partir de este dato podemos indicar que la roca es de buena calidad porque tiene buena resistencia, cambia cuando encontramos un quiebre o creamos un mineral donde el la roca no es muy fuerte, en muchos casos es una roca de mala calidad, se debe a una mineralización alterada, la siguiente imagen muestra como la zona mineralizada no brinda la resistencia necesaria, se debe colocar con un soporte de madera.

4.3. Evaluación de la estabilidad de labores de minado

El análisis de la estabilidad de la mina es crucial para determinar el tipo de apoyo, ya que si el macizo rocoso está expuesto a esfuerzos elevados, existe mayor posibilidad de deformación y la estabilidad de la mina es fácil de comprobar, principalmente se realizan mediciones de convergencia con extensómetros, en nuestro caso no. es necesario, ya que hasta el momento no se ha detectado una convergencia significativa por encima de los 20 mm, la región geológica ha realizado este monitoreo dentro de sus responsabilidades.

La siguiente tabla proporciona una descripción general de la convergencia en diferentes áreas en los niveles 2 y 4. Cabe señalar que Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A. convergencia admisible de 0 a 20 mm, riesgo de 20 a 40 mm y alto riesgo en estos casos de 40 a

60 mm, se ha propuesto una estructura de soporte de hormigón proyectado, pero hasta el momento no se ha llevado a cabo.

Tabla 21: Monitoreo de convergencia

Nivel	Punto	Primera medición	Desplaz. (mm)	Segunda Medición	Desplaz. (mm)	Velocidad (mm/mes)
2	Pared	8/05/2022	1	8/06/2022	0.7	0.20
	Pared	5/06/2022	0.8	5/07/2022	0.9	0.10
	Cuadro	12/07/2022	1	12/08/2022	1.1	0.10
4	Cuadro	12/09/2022	0.9	12/10/2022	1	0.10
	Pared	15/08/2022	0.1	15/09/2022	0.7	0.20
	Pared	5/07/2022	0.5	5/08/2022	0.6	0.10

La convergencia de proyectos mineros no es obvia, y la velocidad de 1 mm por mes no se ha logrado, por lo que no hay riesgo en el proyecto. Por otro lado, los proyectos de más de 600 metros de profundidad deben considerar la convergencia. Profundo, en lo que respecta a Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A., no es necesario porque aún no hemos llegado a esos fondos.

4.3.1. Determinación de esfuerzos en la mina

Debido al peso, el macizo rocoso esta sometido a tensiones de los propios estratos suprayacentes. Por esta razón, es importante conocer la magnitud y dirección de estos esfuerzos, pero determinar el estado de esfuerzo en un macizo rocoso es uno de los problemas más difíciles de la mecánica de rocas.

Entre los esfuerzos naturales se encuentran los esfuerzos litostáticos, que ocurren debido al peso de la columna de roca por unidad de área de la corteza terrestre. El esfuerzo vertical en un punto está determinado por:

$$\sigma_v = 0.027z$$

Donde

$\sigma_v = \text{esfuerzos verticales en labores de minado}$

$z = \text{Altura litostatica}$

Este esfuerzo de compresión vertical crea un esfuerzo lateral horizontal a medida que la roca tiende a expandirse lateralmente en relación con la carga vertical.

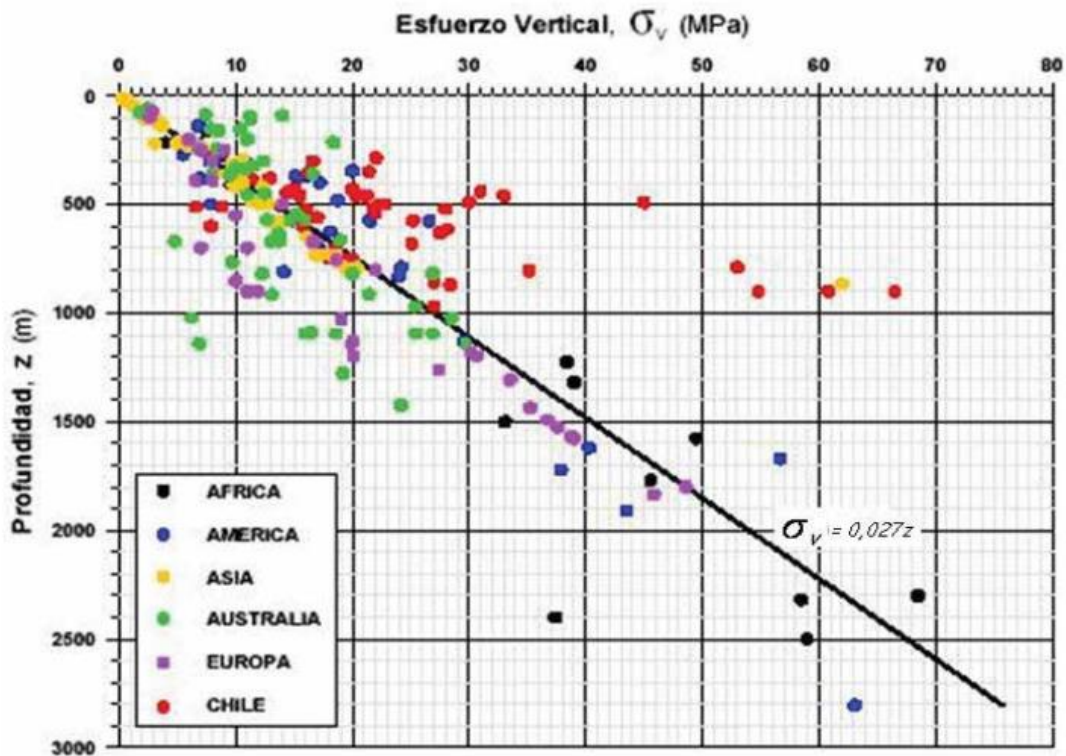


Figura 11: Esfuerzos verticales

Para el cálculo de la tensión vertical de Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A, utilizaremos la correlación de Hoek Brown mostrada en el apartado anterior, para ello determinaremos su altura litostática, en la siguiente figura determinaremos la altura litostática con relación a la cota mas alta.

Tabla 22: Tenciones verticales Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A

Nivel	Altura Litostatica (z)	Tenciones verticales (M a)
20	120 mts.	$120 \times 0.027 = 3.24$
40	90 mts.	$90 \times 0.027 = 2.43$

Existe una correlación entre el esfuerzo vertical y horizontal que Hoek-Brown propuso en base a sus observaciones y se muestra en la siguiente figura.

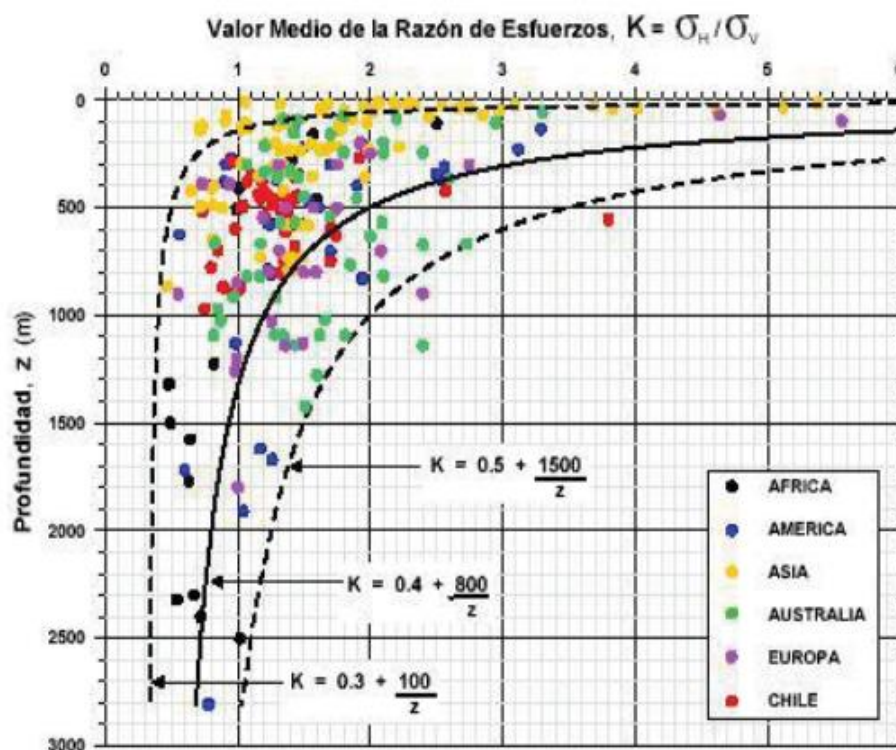


Figura 12: Variación de K con respecto a la profundidad

Para entender este cuadro, cabe señalar que Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A. se encuentra por debajo de los 500 metros en un nivel somero, mientras que el trabajo más profundo, el nivel 10, se encuentra a una altitud de 4.780 metros, por lo que se han elegido las siguientes condiciones:

Tabla 23: Tenciones verticales y horizontales Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A

Nivel	Tensiones Verticales	Tensiones Horizontales
	(MPa)	(MPa)
20	3.24	3.24
40	2.43	2.43

La tensión en la mina alcanza un promedio de 2,8 MPa, que es despreciable en comparación con la resistencia a la compresión de la roca, que es de 54 MPa. Por lo tanto, la tensión en la mina es aceptable y la deformación debido a tensiones parciales no es posible, y no hay necesidad de utilizar hormigón proyectado y otros soportes.

4.4. Clasificaciones Geomecánicas

4.4.1. Clasificación Geomecánica con RMR

$$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) - (6)$$

(1)= Resistencia a la compresión uniaxial de la matriz rocosa

(2)= RQD indice de calidad de la roca

(3)= Espaciado entre discontinuidades

(4)= Condiciones de la discontinuidades

(5)=Condiciones de agua

(6)=Correccion por orientación de discontinuidades

Tabla 24: Mapeo Geomecánico Bieniawski Nivel 2

MAPEO GEOMECANICO										
NIVEL 2					LUGAR: NIVEL 2					
FECHA: 05/05/2022					ALTURA LITOSTATICA: 100m					
VALORACION DEL MACIZO ROCOS (R.M.R)										
	RANGO DE VALORES									VALORACION
	MARCAR RANGOS									
I) R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	> 250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X	25 - 50 (4)	< 25 (2)	< 5 (1)	< 1 (0)		4
II) RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	X	25 - 50 (8)	< 25 (3)				8
III) ESPACIAMIENTO (m)	> 2 (20)	0.6 - 2 (15)	0.2 - 0.6 (10)	X	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)				8
IV)CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m long (6)	X 1 - 3m Long (4)		3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)			4
	ABERTURA	cerrada (6)	< 0.1mm apert. (5)	X	0.1 - 1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)			4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)			3
	RELLENO	Limpio (6)	Duro < 5 mm (4)	X	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)			2
	ALTERACION	Sana (6)	Lig. Alterada (5)	X	Mod. Alterad. (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)			3
V) AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	X	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)				7
VI) CORR. POR DIRECCON Y BUZAMIENTO	Muy Favorable (0)	Favorable (-2)	X	Media (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfavorable (-12)				-5
RMR=43 RMR CORREGIDO = (I + II + III + IV + V - VI), RMR corr.= 38										38
CLASE DE MACIZO ROCOSO										IV
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0					MALA
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	MUY MAL					

Tabla 25: Mapeo Geomecánico Bieniawski Nivel 4

MAPEO GEOMECANICO											
NIVEL 4			LUGAR: NIVEL 2								
FECHA: 05/05/2			ALTURA LITOSTATICA: 80m								
VALORACION DEL MACIZO ROCOS (R.M.R)											
RANGO DE VALORES									VALOR		
MARCAR RANGOS									ACION		
I) R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)		> 250 (15)		100 - 250 (12)	X	50 - 100 (7)		25 - 50 (4)	< 25 (2) < 5 (1) < 1 (0)	7	
II) RQD %		90 - 100 (20)	X	75 - 90 (17)		50 - 75 (13)		25 - 50 (8)	< 25 (3)	17	
III) ESPACIAMIENTO (m)		> 2 (20)		0.6 - 2 (15)	X	0.2 - 0.6 (10)		0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)	10	
IV)CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m long (6)	X	1 - 3m Long (4)		3 - 10 m (2)		10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4	
	ABERTURA	cerrada (6)	X	< 0.1mm apert. (5)		0.1 - 1 mm (4)		1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	5	
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)		Rugosa (5)	X	Lig. Rugosa (3)		Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3	
	RELLENO	Limpio (6)	X	Duro < 5 mm (4)		Duro > 5 mm (2)		Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4	
	ALTERACION	Sana (6)	X	Lig. Alterada (5)		Mod. Alterad. (3)		Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	5	
V) AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)	X	Humedo (10)		Mojado (7)		Goteo (4)	Flujo (0)	10	
VI) CORR. POR DIRECCION Y BUZAMIENTO		Muy Favorable (0)	X	Favorable (-2)		Media (-5)		Desfavorable (-10)	Muy Desfavorable (-12)	-2	
RMR=65		RMR CORREGIDO = (I + II + III + IV + V - VI), RMR corr.= 63									63
CLASE DE MACIZO ROCOSO									II		
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21	20 - 0	BUENA	
DESCRIPCION		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA	MUY MAL		

Tabla 26: Mapeo Geomecánico Bieniawski Zona mineralizada

ZONA MINERALIZADA		MAPEO GEOMECANICO						VALOR
FECHA: 05/05/2022		LUGAR: NIVEL 20						ACION
		ALTURA LITOSTATICA: 110m						
VALORACION DEL MACIZO ROCOS (R.M.R)								
RANGO DE VALORES							VALOR	
MARCAR RANGOS								
I) R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	> 250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X	25 - 50 (4)	< 25 (2) < 5 (1) < 1 (0)	4	
II) RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	X	25 - 50 (8)	< 25 (3)	8	
III) ESPACIAMIENTO (m)	> 2 (20)	0.6 - 2 (15)	0.2 - 0.6 (10)	X	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)	8	
IV)CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m long (6)	1 - 3m Long (4)	3 - 10 m (2)	X	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	1
	ABERTURA	cerrada (6)	< 0.1mm apert. (5)	X	0.1 - 1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3
	RELLENO	Limpio (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	1
	ALTERACION	Sana (6)	Lig. Alterada (5)	Mod. Alterad. (3)	X	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	2
V) AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	X	Goteo (4)	Flujo (0)	4	
VI) CORR. POR DIRECCON Y BUZAMIENTO	Muy Favorable (0)	Favorable (-2)	Media (-5)		Desfavorable (-10)	X	Muy Desfavorable (-12)	-12
RMR=35		RMR CORREGIDO = (I + II + III + IV + V - VI), RMR corr.= 23						23
CLASE DE MACIZO ROCOSO							IV	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0		MALA	
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	MUY MAL			
	GSI=RMR'-5 RMR'>23	RMR'=9LnQ+44	RMR'=9LnQ'+44					

4.4.2. Clasificación Geomecánica con Q

La siguiente clasificación que vamos a emplear es la de Q de Barton que propone la siguiente formula.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

Q= índice Q

RQD= Grado de Calidad de roca J_n= índice de diaclasado

J_r= índice de rugosidad J_a= índice de alteracion

J_w=Coeficiente reductor por presencia de agua

SRF = Coeficiente que tiene en cuenta la influencia tensional en el macizo rocoso

Tabla 27: RQD

Nivel 2	49.32 %
Nivel 4	73.57 %
Zona mineralizada	26.74 %

Tabla 28: Indice J_n

Nivel 2	6
Nivel 4	2
Zona mineralizada	4

Tabla 29: Indice J_r

Nivel 2	4
Nivel 4	1.5
Zona mineralizada	4

Tabla 30: Índice Ja

Nivel 2	3
Nivel 4	1
Zona mineralizada	3

Tabla 31: Índice de reductor de agua Jw

Nivel 2	0.66
Nivel 4	1
Zona mineralizada	0.33

Tabla 32: Influencia de estado tensional SRF

Nivel 2	2.5
Nivel 4	2.5
Zona mineralizada	2.5

Tabla 33: Resultados clasificación Sistema Q

Nivel 20	2.89
Nivel 40	28.07
Zona mineralizada	1.18

4.4.3. Clasificación geomecánica con GSI

CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN GSI MODIFICADO EN CONDICIONES SECAS		CONDICIONES SUPERFICIALES				
<ul style="list-style-type: none"> Se basa en la cantidad de fracturas por metro medidos in situ con un flexómetro. La mala voladura afecta esta condición. La resistencia se determina golpeando o indentando la roca con una picota. Se toma en cuenta la rugosidad, alteración de paredes y relleno de las discontinuidades. 		MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) - MB SUPERFICIES LUBRICAS Y SUAVES, SIN ALTERACIONES, CERRADAS. (Rq < 200 MPa). (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA). BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) - B DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADAS, MANCHAS DE OXIDACION, LUBRICAS, ABIERTAS. (Rq 100 a 200 MPa). (SE ASTILLA CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA). REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) - R DISCONTINUIDADES LIBRAS, MODERADAMENTE ALTERADAS, LEVEMENTE ABIERTAS. (Rq 50 a 100 MPa). (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA). MALA (MODERADAMENTE RESISTENTE, MODERADAMENTE ALTERADA) - M SUPERFICIES PULIDAS Y ESTRIADAS, MUY ABIERTAS CON RELEVO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rq 25 a 50 MPa). (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE). MUY MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) - MB SUPERFICIES PULIDAS Y ESTRIADAS, MUY ABIERTAS CON RELEVO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rq 25 a 50 MPa). (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE). CONDICIONES SUPERFICIALES MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) - MB BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) - B REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) - R MALA (MODERADAMENTE RESISTENTE, MODERADAMENTE ALTERADA) - M MUY MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) - MB				
<p>LEVEMENTE FRACTURADA (LF) Muy bien trabada, tres a menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre si (RQD 75 - 90) (2 - 6 fracturas por metro)</p>	LF/MB	LF/B	LF/R	LF/M	LF/MM	
<p>MOD. FRACTURADA (F) Bien trabada, poco disturbada, bloques cubicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. (RQD 50 - 75) (6 - 12 fracturas por metro)</p>	F/MB	F/B	F/R	F/M	F/MM	
<p>MUY FRACTURADA (MF) Moderadamente trabada, parcialmente disturbada, bloques angulosos formados por 4 ó mas sistemas de discontinuidades (RQD 25 - 50) (12 - 20 fracturas por metro)</p>	MF/MB	MF/B	MF/R	MF/M	MF/MM	
<p>INT. FRACTURADA (IF) Fragamiento y fallamiento, con muchas discontinuidades interseptadas formando bloques angulosos e irregulares. (RQD 0 - 25) (mas de 20 fracturas por metro)</p>	IF/MB	IF/B	IF/R	IF/M	IF/MM	
<p>TRITURADA O BRECHADA (T) Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos facilmente desgregable, angulos y redondeados. (sin RQD)</p>	T/MB	T/B	T/R	T/M	T/MM	

Figura 13: Clasificación GSI

Tabla 34: Análisis con Sistema GSI

	Condiciones superficiales	Estructuras	GSI
Nivel 2	Regular	Muy Fracturada	MF/R
Nivel 4	Buena	Mod. Fracturada	F/B
Zona mineralizada	Mala	Int. Fracturada	IF/M

4.4.4. Resumen de características geomecánicas de la mina

Al final de este capítulo, habrá una descripción general de todas las propiedades geomecánicas de la mina. Esta revisión nos ayudará a determinar el soporte adecuado en el próximo capítulo. La siguiente tabla muestra una descripción general de las propiedades geomecánicas de la mina.

Tabla 35: Resumen características geomecánicas

	RMR	Q	GSI
Nivel 2	Mala	Mala	MF/R
Nivel 4	Buena	Buena	F/B
Zona mineralizada	Mala	Mala	IF/M

4.5. Sostenimiento

4.5.1. Selección del tipo del sostenimiento

Existen varios métodos para determinar el soporte de galerías, e incluso los autores de diferentes características geomecánicas han propuesto sus propios métodos de soporte de galerías, pero primero se debe determinar el tiempo de autoretenimiento del trabajo de la mina.

Para determinar el número autosoportado o también llamado número autosoportado, existe un marco de viñetas, en nuestro caso usaremos los resultados de RMR de varias tareas, debemos considerar la posibilidad de determinar el máximo SPAM (unsupported open) según el fórmula siguiente.

$$\text{SPAM} = 2 \times \text{ESR} \times \text{Q}^{0.4}$$

Donde:

SPAM= Máxima abertura sin sostenimiento ESR = Excavation Support Ratio

Para labores permanentes 1.6

Para labores temporales 3.0

Para nuestro estudio necesitamos considerar un ESR 1.6 ya que nuestras labores serán permanentes. La siguiente tabla muestra el SPAM para diferentes labores de minado.

Tabla 36: SPAM de labores de minado

Nivel	RMR	ESR	Q	SPAM
2	38	1.6	2.89	4.89
4	52	1.6	28.07	12.15
Zona mineralizada	16	1.6	1.18	3.42

Después de obtener los valores de SPAM para varias labores de minado, comenzamos a mostrar los datos en un sistema de autoaporte. La siguiente imagen es un diagrama de datos.

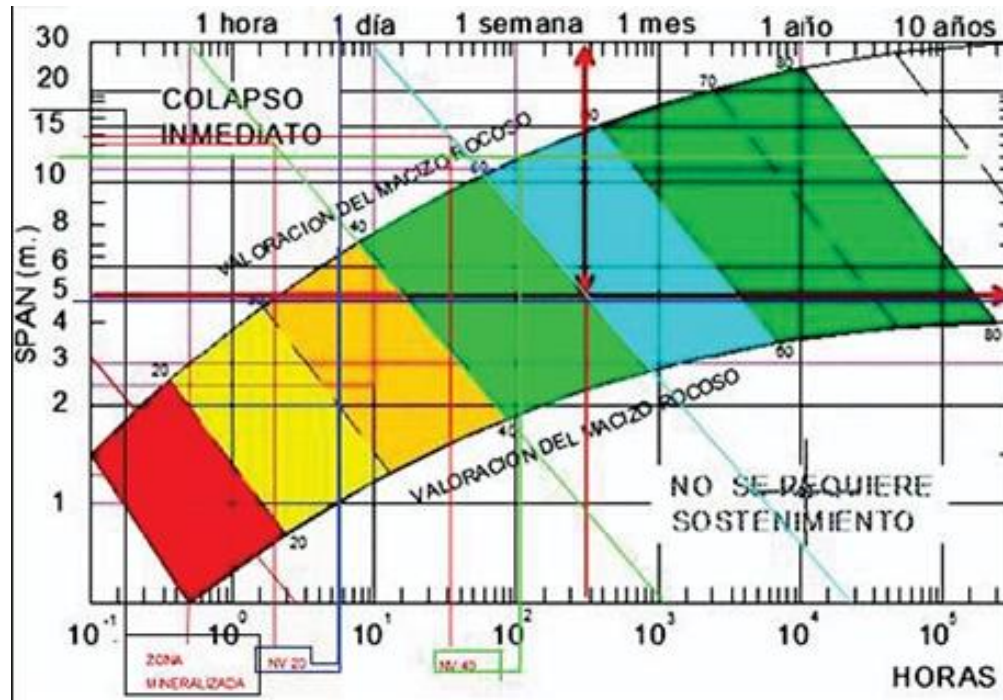


Figura 14: Tiempo de autosuficiencia

La siguiente tabla proporciona una descripción general del análisis de minería autoinformada. SPAM se refiere a la apertura más grande que puede ser independiente. En el caso real de Nv 2, el SPAM es de 4.89m, por lo que el tiempo máximo que puedes mantener sin caerte es de 14 horas, luego de lo cual comenzarás a sentir las rocas cayendo, por lo que necesitarás apoyo después de las 00:00. 14:00 después del disparo, para Nv 4, mientras que el tiempo de autosuficiencia será de 1 semana, lo que significa que después del disparo puedes sobrevivir sin apoyo. La cosa duró 7 días y finalmente en la zona de mineralización, independientemente de su SPAM, el soporte es inmediato, puedes ver la tabla a continuación para tener una mejor idea de las tareas de tiempo de autosuficiencia de diferentes minas.

Tabla 37: Tiempo de soporte en labores de minado

Nivel	RMR	ESR	Q	SPAM	Tiempo de autosoporte
20	38	1.6	2.89	4.89	14 horas
40	63	1.6	28.07	12.15	1 semana
Zona mineralizada	23	1.6	1.18	3.42	0 horas (instalación del sostenimiento debe ser de inmediato)

Entre las diversas clasificaciones geomecánicas realizadas, los autores de estas clasificaciones proponen un tipo de apoyo en función de los resultados obtenidos. La siguiente tabla muestra el apoyo a la minería basado en la calificación Q de Barton.

En el siguiente grafico se muestra el ploteo de los valores Q de las diferentes labores de minado donde el SPAM se considera 2.1 y el ESR 1.6 teniendo una relación de $\frac{2.1}{1.6} = 1.3$

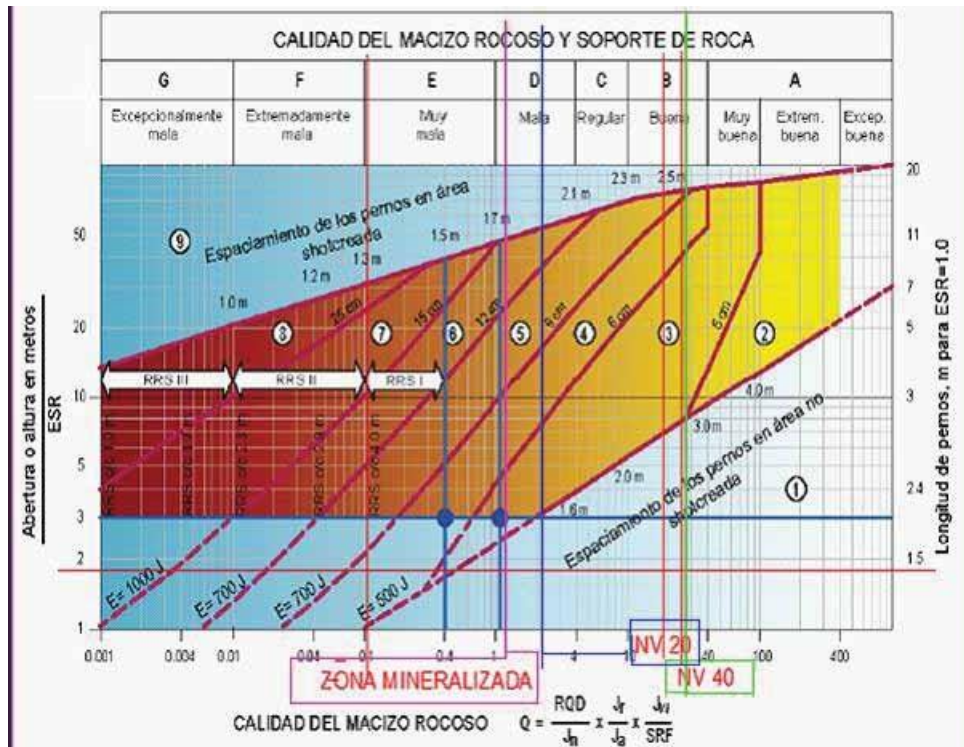


Figura 15: Clasificación de Q de Barton

En el siguiente cuadro se muestra el resumen del sostenimiento basado en la clasificación Q de Bartón.

Tabla 38: Resumen de sostenimiento de Q de Barton

Nivel	Q	Área en el ploteo	Sostenimiento
20	2.89	1	Sin soporte o perno ocasional
40	28.07	1	Sin soporte o perno ocasional
Zona mineralizada	1.12	3	Perno sistemático + malla + shotcrete (5-6cm)

Como se puede ver en la tabla anterior, la superficie mineralizada requiere malla y un sistema de pernos de 5 pies con un espaciamiento de 2m x 2m, a los que se debe agregar una capa de concreto de 6 a 9 cm. También se ha observado que en los niveles 2 y 4 no se requiere arriostramiento y en todos los casos se recomienda únicamente arriostramiento con perno puntual.

La última clasificación geomecánica que utilizaremos para identificar los apoyos es el sistema GSI. La siguiente tabla muestra el apoyo a la minería basado en la calificación GSI.

Tabla 39: Resumen de sostenimiento con GSI

Nivel	GSI	Sostenimiento
20	MF/R	Perno sistemático 1.5m x 1.5m (malla o cinta ocasional)
40	F/B	Sin soporte /perno ocasional
Zona mineralizada	IF/M	Perno sistemático 1m x1m + malla + shotcrete (5cm)

Usaremos la correlación que ofrece SPM (Sistema Práctico de Minería) para la selección de soportes, ya que este es uno de los métodos más sencillos y muy utilizado en la industria minera, especialmente en la minería tradicional y soportes madereros, en la siguiente figura usamos se representan dos sistemas RMR y Q.

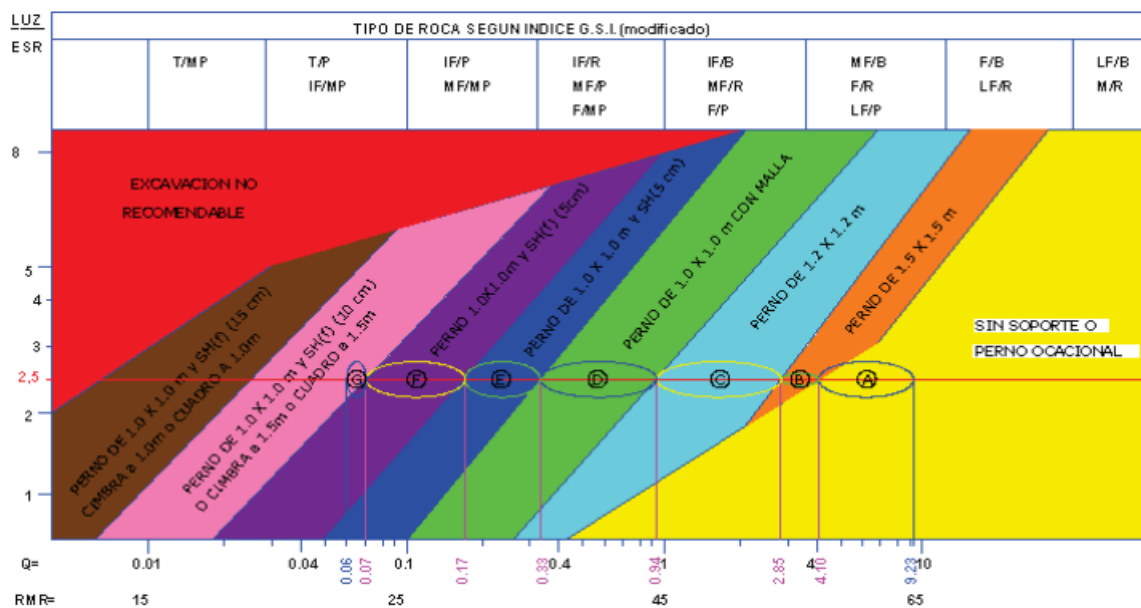


Figura 16: Selección del sostenimiento

Los resultados de la selección del sostenimiento con el Sistema Practico Minero se muestran a continuación en el siguiente cuadro:

Tabla 40: Ssotlenimiento de los diferentes niveles

Nivel	RMR	Q	Tipo de sostenimiento
20	38.00	2.89	Perno 1 x 1 con malla o cuadro de madera con espaciamento 1.5 metros
40	63.00	28.07	Sin soporte o perno ocasional
Zona mineralizada	23.00	1.18	Cuadro de madera espaciado a 1.2 m perno split 1 x1 con malla más shotcrete 10 cm

Por último, se va hacer un cuadro resumen de los diferentes sostenimientos en base a las clasificaciones geomecánicas.

Tabla 41: Resumen de sostenimiento

Nivel	Tiempo de autosoporte	Q	Sostenimiento	
			GSI	SPM
2	3 horas	Sin soporte o perno ocasional	Perno sistematico 1.5m x 1.5m (malla o cinta ocasional)	Perno 1x1 con malla o cuadro de madera con espaciamento 1.5 m
4	12 horas	Sin soporte o perno acacional	Sin soporte/ perno acacional	Sin soporte o perno acacional
zona mineralizada	0 horas (istalacion del sostenimiento debe ser inmediato)	Perno sistematico + malla + shotcrete (6 - 9cm)	Perno sistematico 1 m x 1m+ malla + shotcrete (5cm)	Cuadro de madera espaciado a 1.2 m perno split 1x1 con malla mas shotcrete 10 cm

4.6. Prueba de hipótesis

Los resultados de la evaluación geomecánica sobre el factor de seguridad, se evalúan para el análisis estadístico.

Contrastación de la hipótesis: La aplicación de la geomecánica permite desarrollar el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.

H0: La distribución de la variable factor de seguridad no difiere de la distribución normal.

H1: La distribución de la variable t factor de seguridad difiere de la distribución normal.

Tabla 42: Prueba de normalidad de la variable Factor de seguridad

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

Conclusión: se acepta la hipótesis nula, los niveles de significación asintótica bilateral (0.637, 0.500) obtenidos son mayores que el nivel de significación ($\alpha = 0.050$). por lo tanto: La distribución de la variable factor de seguridad no se desvía de la distribución normal, por lo que se debe utilizar una prueba paramétrica para probar la hipótesis.

Prueba de hipótesis de investigación:

H0: La aplicación de la geomecánica no permite desarrollar el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023..

H1: La aplicación de la geomecánica permite desarrollar el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.

Tabla 43: Prueba T para comparar una muestra a un valor

	Valor de prueba = 1.5	t	gl	Sig. (bilateral)
T1 Sin sostenimiento		-17,321	2	0,003
T1 Con sostenimiento		-17,000	2	0,003

Para un 95% de nivel de confianza se rechaza la H_0 , es decir se asevera que: La aplicación de la geomecánica permite desarrollar el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023. Los resultados obtenidos permiten determinar que la incorporación de sostenimiento garantiza la estabilidad de labores mineras.

CONCLUSIONES

En cuanto a la evaluación geomecánica de la mina, se realiza a dos niveles. Los niveles que se investigarán serán los niveles 2 y 4. El nivel más profundo es el nivel 2 a unos 490 metros y el nivel 4 a 420 metros. Estos niveles son los mas profundos y nos ayudará a interpolar los otros niveles en la zonificación geomecánica.

Las roturas encontradas muestran que la roca no se ha agrietado mucho. En términos generales, no hay demasiadas discontinuidades, las pocas discontinuidades que se encuentran son admisibles y permiten el desarrollo de las operaciones con normalidad. En el siguiente grafico se muestra las discontinuidades más representativas en los Niveles 2 y 4.

Las pruebas realizadas. en el laboratorio. Se ha observado que la resistencia promedio de la roca está entre 40 y 60 MPa, a partir de este dato podemos indicar que la roca es de buena calidad porque tiene buena resistencia, cambia cuando encontramos un quiebre o creamos un mineral donde el la roca no es muy fuerte, en muchos casos es una roca de mala calidad, se debe a una mineralización alterada.

Para el apoyo, dependiendo de la clasificación geomecánica estudiada, se deben utilizar pernos de 5 pies, pero Compañía Minera Virgen De Pauranga S.A. No se pueden utilizar todos los tipos de pernos, esto se debe a que la mina y la comunidad tienen un contrato para comprar eucalipto, y no se puede utilizar porque no tenemos los equipos necesarios, como mezcladoras y morteros, y la barrera metálica es el soporte y la razón por la que no se puede debido a que la sección es de 2.1m x 2.1m y estas dimensiones no tienen viga, por todo ello las opciones de apoyo en la mina se realizarán con diferentes tipos de madera.

RECOMENDACIONES

Se recomiendan mediciones de convergencia en diferentes puntos para medir la deformación del túnel debido a la fuerza aplicada.

El diseño de mezcla recomendado es de 350 kg/cm² para lograr de manera óptima una resistencia máxima del concreto de 35 Mpa después de 28 días.

Se recomiendan voladuras controladas en el frente de avance para evitar daños secundarios al macizo rocoso y controlar rupturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOJORQUEZ , G. (2019). Implementación de un sistema de información geomecánica en la estabilidad subterránea en la mina Huanzalá periodo 2010-2011”,. *Para optar el grado de doctor*. Repositorio institucional Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz. Obtenido de https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4047/T033_32645242_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CAÑAPATAÑA , A. (2019). Determinación de las condiciones del macizo rocoso en la profundización del avance en la zona esperanza del nivel 23 mediante un análisis geomecánico en la unidad minera americana de Cia. Minera Casapalca. *para obtener el titulo de ingeniero de minas*. Repositorio institucional UNA, Puno. Obtenido de <https://library.co/document/zgw26k6y-determinacion-condiciones-profundizacion-esperanza-analisis-geomecanico-americana-casapalca.html>
- Diaz, Menchaca, Rocabrano, & Uchururtu. (2019). *Influencia de un aditivo natural (mucílago de nopal) en las propiedades electroquímicas del acero de refuerzo del concreto*. Mexico, Mexico, Mexico. doi:<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i3.429>
- Estrella, S. A. (2016). *Estudio de un material compuesto a base de fibras naturales de cabuya para mejorar las propiedades mecánicas de elementos de concreto reforzado*. Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Julio. (2012,p.165).
- MAMANI, L. (2018). Clasificación geomecánica para el diseño de sostenimiento en la galería principal – contrata minera Peyols, U.E.A. – Ana María. *Para optar el grado de maestro en geotecnia y geomecanica minera*. Repositorio institucional UNA, Puno. Obtenido de <https://library.co/document/download/qo5vv6my?page=1>
- MERCHAN, J., & SANCHEZ, D. (2013). Evaluación de la estabilidad de los taludes en un sector de la cantera de materiales pétreos Las Victorias. *Pra optar el titulo de ingeniero civil*. Repositorio intitucional Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4307/3/tesis.pdf>

- MORALES, M. (2009). Caracterización Geotécnica y Determinación de Ángulos de Talud en Yacimiento Franke. *para optar el título de ingeniero civil de minas*. Repositorio institucional Universidad de Chile, Santiago. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103406>
- NTP 339.033. (2015). *Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima: INACAL.
- NTP 339.18. (2013). *Agregado. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.012. (2013). *Agregados. Análisis 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.
- PANTALEON, H., & CARBAJAL, C. (2017). Evaluación geomecánica para el dimensionamiento, secuencia de minado y relleno de tajeos de una mina subterránea. *para optar el título de ingeniero de minas*. Repositorio institucional PUCP, Lima. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8689>
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de tecnología de concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Primo, C. (2014). *Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (Opuntia Ficus-Indica) en la resistencia a compresión del concreto*. Repositorio institucional Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2846554>
- RINCON, B. (2016). Caracterización geomecánica del macizo rocoso del área del contrato 01-068-96 Cooperativa Cooprocabon Sugamuxi municipio de Gámeza Boyacá. *para optar el título de ingeniero geólogo*. Repositorio institucional universidad pedagógica y

tecnologica de Colombia, Boyacá. Obtenido de
<https://core.ac.uk/download/217560616.pdf>

Rivva. (2013, p .42). *diseño de mezclas*.

SAENZ, A. (2017). ANÁLISIS PARA ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCA UTILIZANDO MALLAS GALVANIZADAS ANCLADAS, CIUDAD NUEVA FUERABAMBAAPURIMAC. (*TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL*). UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ , HUANCAYO.

SAENZ, A. (2017). ANÁLISIS PARA ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCA UTILIZANDO MALLAS GALVANIZADAS ANCLADAS, CIUDAD NUEVA FUERABAMBAAPURIMAC. (*TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERIA CIVIL*). UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ , HUANCAYO.

SOTO, A. (2016). Diseño de sostenimiento en el túnel Wayrasencca – Ollachea, Puno. *pra optar el grado de ingeniero de minas*. Repositorio institucional UNA, Puno. Obtenido de <https://1library.co/document/y6elvp7z-diseno-sostenimiento-tunel-wayrasencca-ollachea.html>

SUASNABAR, P. (2019). Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la compañía Minera Casapalca S.A. *para optar el titulo de ingeniero de minas*. Repositorio institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Cerro de Pasco. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1564/1/T026_47344236_T.pdf

THOMAS , C. (2014). Estudio comparativo entre requerimientos de soporte y fortificación de túneles definidos según métodos empíricos de clasificación geomecánica versus métodos analíticos y numéricos. *Para optar el titulo de ingeniero de minas*. Repositorio Institucional Universidad de Chile, Santiago. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132024>

ZORRILLA, L. (2015). La seguridad en el sostenimiento con criterios geomecánicos en la excavación subterránea de la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila. *Para optar el grado*











de doctor en Seguridad y Control en Minería. Repositorio institucional UNCP, Huancayo.
Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1366>

ANEXOS


Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variable	Indicadores	Unidad de medida
¿Cómo aplicar la geomecanica en el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023?	Aplicar la geomecanica en el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.	La aplicacion de la geomecanica permite desarrollar el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.	Evaluacion geomecánica	<ul style="list-style-type: none"> Clasificacion RMR 	---
				<ul style="list-style-type: none"> Clasificacion GSI 	----
				<ul style="list-style-type: none"> Propiedades físico mecánicas de la roca 	MPa
Problema especificos	Objetivos especificos	Problema especificos			
¿La clasificación del macizo rocoso será determinante para el diseño del sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023?	Realizar la clasificación del macizo rocoso será determinante para el diseño del sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.	La calidad del macizo rocoso según las clasificaciones geomecánicas de RMR y GSI, que gobiernan el macizo rocoso influyen significativamente en el diseño de sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.			
¿Cómo influyen las propiedades físico - mecánicas del macizo recoso en el diseño de sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023?	Conocer como influyen las propiedades físico - mecánicas del macizo recoso en el diseño de sostenimiento en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.	Las propiedades físico . mecánicas del macizo recoso influyen significativamente en el sostenimiento instalado en labores de la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.	Diseño de sostenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de sostenimiento 	-----
¿Los procedimientos de instalación de los sistemas de sostenimiento serán los adecuados en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023?	Establecer los procedimientos de instalación de los sistemas de sostenimiento serán los adecuados en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.	Los procedimientos de instalación de los sistemas de sostenimiento serán los adecuados en la mina JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. – Año 2023.		<ul style="list-style-type: none"> Factor de seguridad 	Adimensional

Anexo 3: Simbología cromática por calidad de roca (Osinergmin, 2017)

Categoría		RMR	Código de Colores	Descripción
I	I-A	91-100		Roca muy buena I-A
	I-B	81-90		Roca muy buena I-B
II	II-A	71-80		Roca buena II-A
	II-B	61-70		Roca buena II-B
III	III-A	51-60		Roca regular III-A
	III-B	41-50		Roca regular III-B
IV	IV-A	31-40		Roca mala IV-A
	IV-B	21-30		Roca mala IV-B
V	V-A	11-20		Roca muy mala V-A
	V-B	0-10		Roca muy mala V-B

Anexo 4: Ficha técnica de pernos

 <p>FABRICACIONES SAC</p>	FICHA TECNICA PERNO ANCLAJE SPLIT SET	HF FABRICACIONES SAC Av. Los Faisanes 153 J501 La Campiña Chorrillos. Teléfono: (01) 252-7655 Email: ventas@hffabricaciones.com Web: www.hffabricaciones.com
--	--	--

FICHA TECNICA DEL SPLIT SET

DESCRIPCION

Tubo de acero ranurado en toda su longitud y en donde uno de sus extremos es coneadado para facilidad e ingreso inicial del perno y en el otro extremo lleva un anillo soldado para mantener fija la placa luego de su instalación en el macizo rocoso. Usado como sostenimiento temporal y que actúa por fricción generando una presión radial en toda su longitud luego de su instalación.



CARACTERISTICAS DEL TUBO

Norma: Acero ASTM A-607 Grado 60 o similar

Presentaciones: En fierro negro y a solicitud del cliente galvanizados

Resistencia a la fluencia (MPa) : 450

Resistencia a la tensión (MPa) : 560

Elongación (%) : 20

MATERIAL PLACA DE SUJECION: Acero Calidad ASTM A 36

Espesor (mm) : 4.50 mm

Placa Cuadrada (mm) : 150 mm

Diámetro del agujero (mm) : 42 mm

MAQUINAS PARA SU INSTALACION

Maquina Jackleg o


Maquina Jumbo

Presión Aire: 60 – 80 Psi

DATOS TECNICOS

Capacidad de anclaje: 1.0 a 1.5 Ton/pie

Diámetro de la perforación : 35 a 37 mm.

 <p>FABRICACIONES SAC</p>	FICHA TECNICA PERNO ANCLAJE SPLIT SET	HF FABRICACIONES SAC Av. Los Faisanes 153 J501 La Campiña Chorrillos. Teléfono: (01) 252-7655 Email: ventas@hffabricaciones.com Web: www.hffabricaciones.com
--	--	--

SUMINISTRO

Paquetes de 200 unidades

PRINCIPALES DIMENSIONES	
Diámetro base	40 mm ± 0.5
Diámetro de ahusamiento	32mm
Espesor del material	2.5mm ± 0.2
Longitud de ahusamiento	60mm

LONGITUDES SUMINISTRADAS	
4'	1,200 mm
5'	1,500 mm
6'	1,800 mm
7'	2,100 mm
8'	2,400 mm
10'	3,000 mm


PLACA DE SUJECION DEL SPLIT SET

Ficha Técnica Perno de Fortificación



El perno de fortificación producido por CAP ha sido diseñado para reforzar y preservar la resistencia natural que presentan los estratos rocosos, suelos o taludes. Consiste en una barra de acero con resaltes en forma de hilo helicoidal de amplio paso que actúa en colaboración con un sistema de fijación formado por una placa perforada de acero y una tuerca.

NORMA ASTM A615

GRADO	DIÁMETRO (mm)	CARGA RUP TURA (kgf)	ALARGAMIENTO (%)
GR.40	19	12.500	12
	22	16.500	12
	25	21.000	12
GR.60	19	18.000	8
	22	24.000	8
	25	31.000	8
GR.75	19	20.000	/
	22	27.000	/
	25	34.500	/

GRADOS DE RESISTENCIA

Los pernos de fortificación poseen características mecánicas equivalentes a las barras para refuerzo de hormigón armado y se fabrican en diferentes calidades según las normas.

DIÁMETROS

Los diámetros nominales son 19, 22 y 25 mm.
Otros diámetros sujetos a consulta.

LARGOS

Se suministran solo rectos, en largos a pedido con un máximo de 12 m.
Largos diferentes pueden ser suministrados sujetos a una consulta previa.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Se producen en base a aceros al carbono, pudiendo tener pequeñas adiciones de elementos ~~microaleantes~~ microaleantes, tales como el Nb, V u otros, para los grados de mayor resistencia.

NORMA ASTM A706

GRADO	DIÁMETRO (mm)	CARGA RUP TURA (kgf)	ALARGAMIENTO (%)
GR.60	22	21.500	12
	25	27.500	12
GR.80	22	27.000	12
	25	35.000	12

NORMA NCh-204

GRADO	DIÁMETRO (mm)	CARGA RUP TURA (kgf)	ALARGAMIENTO (%)
A440	19	13.000	16
	22	17.000	16
	25	22.000	16
A630	19	18.500	8
	22	24.500	8
	25	31.500	8

ÚNICOS CON TRAZABILIDAD EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN

CAP, comprometido con la confiabilidad de los procesos y sobre todo con la SEGURIDAD de las personas que laboran en la minería, ofrece la posibilidad de incorporar la trazabilidad de la barra.



Anexo 5: Diseño de mezcla en el Shotcrete

		Diseño de mezclas de shotcrete via humeda Proyecto Tunnel de Integración Animon - Islay				AREA DE GEOMECANICA						
Fecha	<input type="text" value="03.01.18"/>	Nombre Proyecto	<input type="text" value="CHAQUICOCHA UG"/>									
Diseño	<input type="text" value="350 kg/cm²"/>	N° Expediente	<input type="text"/>									
Relación a/c	<input type="text" value="0.400"/>	Slump pulgadas	<input 8"="" a="" type="text" value="6"/>									
Relación AF : AG	<input type="text" value="-"/>	Volumen de Prueba (m3)	<input type="text" value="1.0000"/>									
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA												
M.F. Arena	<input type="text" value="0.00"/>	Vol. Agregados:	<input type="text" value="0.57"/>	Cementante total	:	<input type="text" value="510"/>	kg					
M.F. Piedra # 67	<input type="text" value="0.00"/>	Ag Global	<input type="text" value="100"/>	Microsilica	:	<input type="text" value="0"/>	%					
M.F. Piedra # 56	<input type="text" value="0.00"/>	0	<input type="text" value="0"/>	Dosificación				Gal				
M.F. Global	<input type="text" value="0.00"/>	0	<input type="text" value="0"/>	plastificante	=	<input type="text" value="0.5"/>	% =	<input type="text" value="2.50"/>	KG	1.13		
		Agregados	<input type="text" value="100"/>	aceletante	=	<input type="text" value="4.9"/>	% =	<input type="text" value="25.00"/>	KG	4.72		
				fibra	=	<input type="text" value="0.8"/>	% =	<input type="text" value="4.00"/>	KG			
MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m³	HUM. %	ABS. %	PESO SECO kg/m³	VOL. %	VOL. %	PESO S.S.S. kg/m³	CORRECCIÓN POR HUMEDAD	DOSIFICACION		
										m3	3m3	UMID.
Cemento	CEMENTO PACASMAYO	3160			510	0.1614	16.1392	510	510	510	1530	kg
Microsilica		2200			0	0.0000	0.0000	0	0.0	0	0	kg
Agua	MINA	1000			190	0.1900	19.0000	207	113	113	340	kg
Ag Global	HUAMBOCANCHA	1667	6.00	1.10	1567	0.5656	56.5623	943	1667	1667	5001	kg
		0	0.00	0.00	0	0.0000	0.0000	0	0	0	0	kg
		0	0.00	0.00	0	0.0000	0.0000	0	0	0	0	kg
plastificante	DBASSF	1080			2.50	0.0023	0.2314	2.50	2.50	2	7	lit
aceletante	DBASSF	1500			25.00	0.0167	1.6667	25.00	25.00	25	75	lit
fibra	ELASTO PLASTIC	1000			4.00	0.0040	0.4004	4.00	4.00	4	12	kg
Aire					6.00%	0.0600	6.0000					
TOTAL					2299	1.0000	100.0000		2322	2322	6965	



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 040-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 222-2023-FIMGC-D**, siendo los trece días del mes de junio del 2023, a horas 8:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS**, Jurado el **Mg. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO**, Jurado - Asesor el **Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada titulado: “**EVALUACIÓN GEOMECANICA PARA EL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS EN LA MINA JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. - 2023**”, presentado por el/la Sr./Srta., **Christian Carlos HUAUYA HUAMANI**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Minas**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **16 (dieciséis)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por
Efraín Elías Porras Flores
Fecha: 2023.06.17
12:59:39 -05'00'

Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES
Presidente



Firmado
digitalmente por Dr.
Johnny Henry
Ccatamayo Barrios
Fecha: 2023.06.14
20:52:33 -05'00'

Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS
Jurado



Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO
Jurado Asesor



Firmado digitalmente
por Mg. Ing. Roberto
J. Gutiérrez Palomino

Mg. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO
Jurado

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Secretario del Proceso

C.c.:
Bach. Christian Carlos HUAUYA HUAMANI
Jurados (4)
Archivo

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN****CONSTANCIA N° 040-2023-FIMGC**

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 281-2022-FIMGC- UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : HUAUYA HUAMANI, Christian Carlos
Escuela Profesional : INGENIERÍA DE MINAS
Título de la Tesis : "EVALUACIÓN GEOMECANICA PARA EL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS EN LA MINA JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. - 2023".
Evaluación de la Originalidad : 16 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2109227841

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 05 de junio del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado

“EVALUACIÓN GEOMECANICA PARA EL DISEÑO
DEL SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS EN
LA MINA JAKAMA CONCEPCION – COMPAÑÍA
MINERA VIRGEN DE PAURANGA S.A. -
2023”.

por Cristhian Huauya Huamani

Fecha de entrega: 13-feb-2023 11:30p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2013758317

Nombre del archivo: UYA_HUAMANI,_CHRISTIAN_CARLOS_Recuperado_autom_ticamente_1.docx (13.33M)

Total de palabras: 11235

Total de caracteres: 62463

tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%

INDICE DE SIMILITUD

28%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
5	bvpad.indeci.gob.pe Fuente de Internet	2%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
7	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	2%
8	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	

1 %

10

[qdoc.tips](#)

Fuente de Internet

1 %

11

[repositorio.ingemmet.gob.pe](#)

Fuente de Internet

1 %

12

[Submitted to Universidad Cesar Vallejo](#)

Trabajo del estudiante

1 %

13

[pt.scribd.com](#)

Fuente de Internet

<1 %

14

[repositorio.unap.edu.pe](#)

Fuente de Internet

<1 %

15

[dspace.unitru.edu.pe](#)

Fuente de Internet

<1 %

16

[1library.co](#)

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo