



**UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS GEOLOGÍA Y METALURGIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



## **TESIS**

# **GEOMECÁNICA PARA EL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES MINERAS SUBTERRÁNEAS EN LA CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01 – AÑO 2022**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE  
MINAS**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. SAENZ ROMERO, MAYLER**

**ASESOR:**

**MSc. ING. RUÍZ CASTRO, ARNALDO ALEJANDRO**

**HUARAZ – PERÚ**

**2022**





UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,  
GEOLOGÍA Y METALURGIA



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL**

En la ciudad de Huaraz, siendo las ocho horas con treinta minutos de la mañana (8:30 a.m.) del día diecisiete de Noviembre del Dos mil Veintidos (17/11/22), se reunieron los miembros del jurado Evaluador nominados según Resolución Nro. 208-2022-FIMGM/D, de fecha 28 de Octubre del 2022, integrado por los siguientes Docentes: **Dr. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI, como Presidente;** **Dr. JUAN ROGER QUIÑONES POMA, como Secretario** y el **Ing. ANTONIO MARIANO DOMINGUEZ FLORES, como Vocal;** para la sustentación de la tesis Titulada: **"GEOMECANICA PARA EL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES MINERAS SUBTERRANEAS EN LA CONCESION MINERA JC ASTILLEROS N°01 – AÑO 2022"** presentado por el Bachiller **MAYLER SAENZ ROMERO,** para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", se procedió con el acto de sustentación bajo las siguientes consideraciones, el Presidente del Jurado calificador, invitó a los docentes, alumnos y público en general a participar en este acto; luego invitó al Secretario del Jurado calificador a dar lectura de la Resolución N°208-2022-FIMGM/D de fecha 28 de Octubre del 2022. Acto seguido se invitó al sustentante a la defensa de su tesis por un lapso de veinte minutos (20), concluida con la misma, se procedió con el rol de preguntas de parte de los miembros del Jurado Calificador, finalmente se invitó al público en general a hacer abandono del Auditorium de la FIMGM por un lapso de diez (10) minutos con el propósito de deliberar la nota del sustentante, **ACORDANDO: APROBAR CON EL CALIFICATIVO (\*)de: DIECISIETE (17). Aprobado con Distinción. Siendo las nueve horas y veinte minutos (9:20 a.m.) del mismo día, se dio por concluida el acto de sustentación.**

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO DE MINAS** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la UNASAM.

Dr. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI

Presidente

Dr. JUAN ROGER QUIÑONES POMA

Secretario

Ing. ANTONIO MARIANO DOMINGUEZ FLORES

Vocal

M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO

Asesor

(\*) De acuerdo con el Artículo 84º Reglamento de Grados y Títulos de la UNASAM, están deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA (19-20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17-18), APROBADO (14-16), DESAPROBADO (00-13).**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,  
GEOLOGÍA Y METALURGIA




ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los Miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis titulada: "GEOMECANICA PARA EL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES MINERAS SUBTERRANEAS EN LA CONCESION MINERA JC ASTILLEROS N°01 – AÑO 2022" presentado por el Bachiller MAYLER SAENZ ROMERO y sustentada el día 17 de Noviembre del 2022, por Resolución Decanatural N° 208-2022-FIMGM/D, la declaramos CONFORME.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 17 de Noviembre del 2022

  
-----  
Dr. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI  
Presidente

  
-----  
Dr. JUAN ROGER QUIÑONES POMA  
Secretario

  
-----  
Ing. ANTONIO MARIANO DOMÍNGUEZ FLORES  
Vocal

  
-----  
M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO  
Asesor

A MI MADRE QUE DESDE  
EL CIELO ME ILUMINA Y  
A MI FAMILIA, POR SU  
APOYO INCONDICIONAL  
EN MI FORMACIÓN COMO  
INGENIERO DE MINAS.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser el pilar de mi existencia y el guía en cada uno de los proyectos que emprendo.

A la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia, por ser mis facilitadores a través de sus enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.

Al MSc. Ing° Arnaldo Alejandro Ruiz Castro, por su apoyo incondicional durante el desarrollo de la presente tesis, mis sinceros agradecimientos a los profesionales la Concesión Minera JC Astilleros N° 01, por haberme dado la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

**MAYLER SAENZ**

## RESUMEN

La presente tesis de investigación titulada “**GEOMECÁNICA PARA EL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES MINERAS SUBTERRÁNEAS EN LA CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N°01 – AÑO 2022**”. Es realizada en la operación unitaria de sostenimiento del ciclo de minado, concerniente al sistema de minado subterráneo de la Concesión Minera en investigación.

En la **CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N°01**, se pretende garantizar la estabilidad de las labores mineras subterráneas, Implementando mejores opciones del uso del sostenimiento, a través de la aplicación de elementos de soporte a través de la madera - cuadros de madera, siendo el objetivo la estabilidad de las labores mineras subterráneas.

Teniendo la Hipótesis que: El empleo de sostenimiento con cuadros de madera permitirá la mejora de la estabilidad para garantizar la seguridad de la labor minera del recurso humano, equipos e infraestructura.

En cuanto el tipo de investigación es: Básica, no experimental, descriptiva y no experimental. La población de estudio está constituida por las labores mineras subterráneas donde se mejorará la estabilidad en base a la aplicación de la geomecánica en la **CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01**.

Palabras claves: Sostenimiento, labores mineras subterráneas.

## ABSTRACT

This research thesis entitled "GEOMECHANICAL FOR THE DESIGN OF SUPPORT FOR UNDERGROUND MINING WORKS IN THE JC ASTILLEROS MINING CONCESSION N° 01 - YEAR 2022". It is carried out in the unitary operation of support of the mining cycle, concerning the underground mining system of the Mining Concession under investigation.

In the JC ASTILLEROS N° 01 MINING CONCESSION, it is intended to guarantee the stability of the underground mining works, implementing better options for the use of support, through the application of support elements through the wood - wooden frames, being the The objective is the stability of underground mining operations.

Having the Hypothesis that: The use of support with wooden frames will allow the improvement of stability to guarantee the safety of the mining work of human resources, equipment and infrastructure.

As for the type of research is: Basic, non-experimental, descriptive and non-experimental. The study population is made up of underground mining work where stability will be improved based on the application of geomechanics in the JC ASTILLEROS MINING CONCESSION No. 01.

Keywords: Support, underground mining work.

## INDICE

DEDICATORIA .....	02
AGRADECIMIENTO .....	03
RESUMEN .....	04
ABSTRACT .....	05
INDICE .....	06
INTRODUCCIÓN.....	08
CAPITULO I.....	10
GENERALIDADES .....	10
1.1. Entorno Físico .....	10
1.1.1.Ubicación .....	10
1.1.2.Acceso .....	11
1.1.3. Clima.....	11
1.1.4. Topografía.....	12
1.1.5. Sismicidad.....	13
1.1.6 Cursos de agua superficial.....	13
1.2. Entorno Geologico.....	14
1.2.1. Geología Regional.....	14
1.2.2. Geología Local.....	18
CAPITULO II.....	19
GENERALIDADES .....	19
2.1. Marco Teórico .....	19
2.1.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.2. Definición de Términos .....	28
2.3. Fundamentación teórica.....	30
CAPITULO III .....	46
METODOLOGÍA.....	46
3.1. El Problema .....	46
3.1.1. Descripción de la realidad problemática .....	46
3.1.2. Planteamiento y Formulación del Problema.....	46
3.1.3. Objetivos de la investigación.....	47
3.1.4. Justificación e importancia.....	47
3.1.5. Alcances.....	48
3.1.6. Delimitación de la Investigación.....	48
3.2. Hipótesis .....	49
3.3. Variables.....	49
3.4. Diseño de la investigación .....	49
3.4.1. Tipo de investigación.....	50



3.4.2. Nivel de la investigación.....	50
3.4.3. Método .....	50
3.4.4. Población y muestra.....	51
3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
3.4.6. Forma de tratamiento de los datos.....	51
CAPITULO IV .....	52
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	52
4.1. Descripción de la realidad y Procesamiento de Datos .....	53
4.2. Análisis e Interpretación de la Información.....	58
4.3. Discusión de los Resultados .....	60
4.4. Aportes de la tesista .....	60
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES .....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
ANEXOS.....	65

## INTRODUCCIÓN

La **CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01**, es una empresa de minería subterránea de capital íntegramente peruano. El yacimiento que, viene explorando y explotando sostenidamente, La **CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N°01**, El proyecto Minero de Explotación denominado JC ASTILLEROS N° 1 se desarrollará dentro de la Concesión Minera “JC ASTILLEROS N°1” con una extensión de 600 hectáreas respectivamente, ubicadas en el distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa de la Región Ancash.

Las coordenadas en UTM de los vértices que conformas la Concesión Minera No Metálica JC ASTILLEROS N°1 corresponden a la zona 17.

La mayor parte de la ciudad de Chimbote se ubica a lo largo de la bahía. Su suelo estuvo conformado por terrenos pantanosos y lagunares cubiertos de juncos y totoras, que han ido desapareciendo. Su extensión puede dividirse en llanuras aluviales, depósitos costeros, arena eólica, pantanos y rocas cubiertas de arena eólica antigua. El suelo es plano, arenoso, de compacidad media, cubierto de dunas en algunos sitios.

Dentro del cuadrángulo geológico de Chimbote (19f) destacan unidades geológicas cuyas edades van desde el Mesozoico al Cenozoico. Dentro del área de explotación minera, afloran rocas volcánicas.

En el perfil geológico se observa que en el lugar las rocas se encuentran en superficie. Las rocas ígneas son Tonalitas de grano medio a grueso, de color claro, moderadamente intemperizadas. Están consideradas dentro de la Super unidad Santa Rosa que forma parte del Batolito de la Costa.

La misión de la empresa es explorar y explotar el yacimiento de manera productiva y rentable, con seguridad, con responsabilidad ambiental y social, sustentada en una

organización comprometida, eficiente e innovadora, generando oportunidades de desarrollo para sus trabajadores.

El presente proyecto de investigación se desarrolla en 5 capítulos principales que lo detallamos a continuación:

**Capítulo I;** Generalidades: refiere el entorno físico con la ubicación y acceso, seguido con el entorno geológico con la geología regional, la geología local y la geología económica.

**Capítulo II;** Fundamentación: trata sobre la fundamentación con el marco teórico, los antecedentes de la investigación, la definición de términos y la fundamentación teórica.

**Capítulo III;** Metodología: Trata de la identificación del problema, objetivos, justificación, hipótesis, variables y diseño de la investigación.

**Capítulo IV;** Resultados de la Investigación: trata sobre los resultados de la investigación, con la descripción de la realidad y procesamiento de datos, análisis e interpretación de la información, la discusión de resultados y aportes del tesista.

Se finaliza con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1. Entorno Físico

##### 1.1.1. Ubicación y acceso

El proyecto Minero de Explotación denominado JC ASTILLEROS N° 1 se desarrollará dentro de la Concesión Minera “JC ASTILLEROS N°1” con una extensión de 600 hectáreas respectivamente, ubicadas en el distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa de la Región Ancash.

Las coordenadas en UTM de los vértices que conformas la Concesión Minera No Metálica JC ASTILLEROS N°1 corresponden a la zona 17.

**CUADRO N° 01: CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 1**

Vértices	Coordenadas UTM PSAD 56		Coordenadas UTM WGS 84		Área
	Este	Norte	Este	Norte	
V1	766000	8986000	765741.7143	8985638.2698	600 hectáreas
V2	766000	8983000	765741.7187	8982638.2600	
V3	765000	8983000	764741.7251	8982638.2658	
V4	765000	8984000	764741.7256	8983638.2690	
V5	764000	8984000	763741.7319	8983638.2705	
V6	764000	8985000	763741.7338	8984638.2726	
V7	763000	8985000	762741.7401	8984638.2790	
V8	763000	8986000	762741.7405	8985638.2800	

Fuente: ACOMISA

##### 1.1.2. ACCESO

La zona del proyecto es accesible desde la ciudad de Lima siguiendo la siguiente ruta:

**CUADRO N° 02: VIAS DE ACCESO A LA CONCESION MINERA**

**JC ASTILLEROS N° 1**

<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>	<b>TIPO DE VIA</b>	<b>DISTANCIA (km)</b>
Lima	Nuevo Chimbote	Asfaltada	409
Aeropuerto	Desvío	Asfaltada	2
Desvío	Cantera	Afirmada	11.38
<b>TOTAL</b>			<b>422.38</b>

**1.1.3. CLIMA**

Por constituir una región natural ubicada en la costa, presenta climas que se ajustan a las características propias de esta región, variando de acuerdo a la estación. El clima es cálido y semi - cálido. Para el análisis y evaluación de las características meteorológicas y clima, se han considerado los registros y datos de las estaciones meteorológicas de Buena Vista y Huacatambo; por encontrarse más próximas al proyecto, las cuales presentan características similares al área de estudio, así como los criterios y recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM); que establece que una estación en determinadas circunstancias puede tener un área demarcado por un radio de 100 km. Los datos meteorológicos analizados, para el desarrollo del presente proyecto, son: temperatura, precipitación, humedad relativa, dirección y velocidad del viento.

A continuación, se detallan las características de cada estación meteorológica en mención:

**CUADRO N°03: DATOS DE LAS ESTACIONES  
METEREOLÓGICAS**

Estación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m.	Provincia/ Distrito	Distancia en línea recta a la concesión minera	Periodo
Chimbote (Tipo: Convencional- Meteorológica)	UTM WGS		629	Chimbote/ Santa	12.30 km	1963- 2005
	Este	Norte				
	763798.6372	8996864.422				
	Geodésica					
	Latitud	Longitud				
	9°4'1"S	78°36'1"W				
	UTM WGS					
Huacatambo (Tipo: Convencional- Meteorológica)	Este	Norte	53	Nepeña/ Santa	20.00 km	2003- 2008
	783832.5370	8978281.6606				
	Geodésica					
	Latitud	Longitud				
		9°14'1"S				

#### 1.1.4. TOPOGRAFIA

El distrito de Nuevo Chimbote se desarrolla entre la cota 10 m.s.n.m. en la margen izquierda del río Lacramarca hasta la cota 50 m-s-n-m- al Sur de la ciudad hasta las proximidades del Cerro Medano Negro (300 m.s.n.m.).

En la divisoria de ambos distritos el relieve topográfico presenta una ligera depresión por la cual discurre el río Lacramarca con una cota máxima 5 m.s.n.m. hasta el nivel del mar.

#### 1.1.5. SISMICIDAD

En el territorio peruano se ha establecido 3 zonas de actividad sísmica (Zonas I, II y III), las cuales presentan diversas características de acuerdo a la menor o mayor actividad sísmica.

El área de la concesión JC ASTILLEROS N° 1 según el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú elaborado por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, pertenece a la Zona III, calificada como zona de actividad sísmica alta.

Esto nos indica que la ciudad de Chimbote se encuentra en una zona de sismicidad alta, sísmo activa en el presente ciclo, con predominio de sismos intermedio. A esto hay que agregar el fenómeno del silencio sísmico que viene desde hace casi 35 años.

Los sismos en el área de estudio presentan el mismo patrón general de distribución espacial que el resto del territorio peruano; caracterizado por la concentración de la actividad sísmica en el litoral, paralelo a la costa, por la subducción de la Placa de Nazca.

#### **1.1.6. CURSOS DE AGUA SUPERFICIAL**

Dentro del área del proyecto no se encontró ningún cuerpo de agua, ríos, lagos, pantanos, charcas, humedades ni otros similares, esto se debe a las condiciones meteorológicas reinantes.

El curso principal del río Lacramarca (más cercano) se ubica a más de 6 km. Medido en línea recta tomando como referencia el centro de la ubicación de la concesión minera, también se tiene la presencia de los pantanos de Villa María, los cuales se encuentran a más de 8 km. De lejanía del área del proyecto.

### **1.2. Entorno Geológico**

#### **1.2.1. Geología Regional**

La mayor parte de la ciudad de Chimbote se ubica a lo largo de la bahía.

Su suelo estuvo conformado por terrenos pantanosos y lagunares cubiertos de juncos y totoras, que han ido desapareciendo. Su extensión puede dividirse en llanuras aluviales, depósitos costeros, arena eólica, pantanos y rocas cubiertas de arena eólica antigua. El suelo es plano, arenoso, de compacidad media, cubierto de dunas en algunos sitios.

Dentro del cuadrángulo geológico de Chimbote (19f) destacan unidades geológicas cuyas edades van desde el Mesozoico al Cenozoico. Dentro del área de explotación minera, afloran rocas volcánicas.

Conformados por las rocas carbonatadas fracturadas, suelos arenosos y de material orgánico y los que se caracterizan por su expansividad.

Se encuentra constituido por granito y granodiorita, ubicados en las colinas bajas y medias, cubiertas por depósitos eólicos. Estas rocas pertenecen al Batolito de la Costa y corresponden a cuerpos ígneos que gradan de granitos a granodioritas. Las rocas son de color gris oscuro, de texturas granular de grano medio a grueso, en las diaclasas tienen tonalidad rojiza y están meteorizadas. No obstante, existe la tendencia a disminuir el grado de meteorización y mejorar sus propiedades físico-mecánicas en profundidad. En el perfil geológico se observa que en el lugar las rocas se encuentran en superficie.

Las rocas ígneas son Tonalitas de grano medio a grueso, de color claro, moderadamente intemperizadas. Están consideradas dentro de la Superunidad Santa Rosa que forma parte del Batolito de la Costa.

La geología del área de estudio está representada por tres tipos de constituyentes: la formación La Zorra (andesita y porfirítica), el intrusivo (tonalita) y el cuaternario (depósitos aluviales, eólicos y marinos).



## **UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS**

En el área de estudio afloran rocas de diferentes edades que van desde el Cretáceo y depósitos pleistocenos y recientes del Cuaternario.

A continuación, se resumen los rasgos más importantes de la zona:

### **DEPOSITOS DEL CRETACEO**

El principal componente son los volcánicos andesíticos del cretáceo con formas y piedra arenisca y roca granítica intrusiva. Las rocas volcánicas de la formación Casma son metamórficas por la intrusión de las graníticas. Ellas son expuestas en gran parte de las colinas del norte de la ciudad (colina Chimbote y Cerro Tambo Real).

Mientras los granitos, forman probablemente una parte de los Batolitos Andinos que constituyen las Colinas al S.E. de la Ciudad (Pampa de Irrigación Chimbote) al este de la llanura aluvional del río Lacramarca.

### **GRUPO CASMA / FORMACION LA ZORRA (ki-z)**

Es una secuencia volcánica andesítica, conformada por lavas y brechas, de composición básicamente de andesita y porfirítica que presentan fenocristales de plagioclasas anfíboles y en menor proporción piroxenos. También se observan alteraciones de tipo propilítico, cloritización y silisificación incipiente. En la ciudad de Chimbote el volcánico se encuentra expuesto principalmente en el extremo norte por los cerros Chimbote y Tambo Real, y en el extremo Sur-Este por los cerros Península y División. La edad de los depósitos anteriores ha sido ubicada a fines del periodo jurásico y cretácico superior.

### **DEPOSITOS DEL CUATERNARIO**

La ciudad de Chimbote se localiza en los depósitos aluvionales del río

Lacramarca, a lo largo de la bahía de Chimbote. Al Norte y Sur Este de la ciudad se presentan montañas de rocas y colinas, las cuales están cubiertas parcialmente por arena eólicas.

### **DEPOSITO MARINO (Q-m)**

Alrededor de la ciudad hay actuales y antiguas riberas de playa a lo largo de la actual costa. La actual ribera de la playa; se desarrolla a lo largo de la bahía de Chimbote y comprende aproximadamente 20 y 100 metros de ancho y 3 y 5 metros de altura sobre el nivel del mar. Esta consiste en capas de arenas de playa se encuentran mezcladas parcialmente con arcilla en la parte superior del declive de la parte central de Chimbote.

Antiguas riberas de playa; la parte Norte de la ciudad de Chimbote está conformada por 3 riberas de playa, de las cuales 2 están al interior de la tierras y son riberas de playa antiguas, cuando la línea costera estaba ahí. Una de las más profundas y claras está a 7 m. de altura por encima del nivel del mar; la Av. Olaya esta justo en la cima de esta ribera de playa. Otra antigua ribera de playa es reconocida en la mitad del área de la laguna al sur de Chimbote, limitando al Este con el barrio de Villa María. Esta antigua playa está a 1 metro de altitud sobre el área que circunda la laguna.

Estos depósitos no tienen mayor incidencia en la hidrogeología del área debido a su carácter marginal y por constituir una franja de arena y cantos muy angosta, la cual se encuentra ubicada a lo largo del litoral y está relacionada a escarpas litorales emergidas.

### **DEPOSITO EÓLICO (Q-e)**

Son depósitos de arenas de grano fino que cubren gran parte de las áreas aluviales y formaciones rocosas más antiguas, las mismas que se encuentran formando mantos de arena hacia el Sur.

Estos depósitos se presentan en forma de mantos propiamente dicho o dunas y carece de importancia para la prospección y explotación de las aguas subterráneas. Las dunas son de forma alargada y están ubicadas en paralelo al cauce del río Lacramarca, con un espesor aproximado de 10 m a 15 m.

### **DEPOSITO ALUVIAL (Q-al)**

Son acumulaciones de clásticos, conformados por arenas, arcillas, limos, gravas y cantos con inclusiones de bloques, entremezclados en diferentes proporciones debido a que han sido depositados bajo condiciones muy variables.

Se encuentra a lo largo del cono aluvial, ensanchándose cerca a la desembocadura del río Lacramarca en el Océano pacífico. Los depósitos aluviales se extienden desde Chimbote Viejo hasta Nuevo Chimbote (Urb. Buenos Aires). Dentro de esta unidad se encuentra el cauce fluvial del río Lacramarca, que en épocas de crecidas produce la erosión local y general del cauce e inundación de las planicies inundables. Dicha unidad está constituida de arenas, limos y gravas en profundidades de 5 m. a 10 m. El nivel freático varía desde 0,00 m (pantano) hasta 1.50 m. de profundidad (áreas limítrofes del abanico).

## 1.2.2. Geología Local

### **ROCAS INTRUSIVAS**

Las rocas intrusivas que se ubican en el área del proyecto son pertenecientes a la Super Unidad Santa Rosa.

Este segundo tipo de afloramiento existente en la zona se encuentra representado por formaciones de granodiorita, cuya coloración oscila entre gris oscuro y gris claro, su grano varía entre medio y grueso; teniendo su mejor exposición en el lado Este de la ciudad, en las colinas de las Pampas de Nuevo Chimbote.

### **SUPER UNIDAD SANTA ROSA**

Representada por unidades de diorita, tonalita y granodiorita.

### **BATOLITO DE LA COSTA – TONALITA (Kl-t-h2)**

Litológicamente, estas rocas mayormente son Tonalitas oscuras bastantes homogéneas que poseen una textura un arreglo mineral común con algunas variaciones a granodiorita. Muchos depósitos se encuentran cubiertos por arena eólica, así como muchas de estas rocas han sido cortadas por intrusitos.

Genéticamente, estas rocas son bastante compactas, en consecuencia, son consideradas como impermeables al flujo hídrico subterráneo.

## CAPITULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1. Marco Teórico

##### 2.1.1. Antecedentes de la investigación

Gómez, S. (2021), **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA RAMPA YUMPAG PARA LA OPTIMIZACION DE LAS OPERACIONES MINERAS, COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA, REGIÓN DE PASCO.**

#### RESUMEN

El presente estudio de investigación está enfocado en realizar un estudio técnico-económico de factibilidad para la ejecución de una Rampa en el proyecto Yumpag que permita continuar con las exploraciones del Cuerpo Tomasa y extracción mecanizada de los minerales del cuerpo Camila, cabe mencionar que en el proyecto Yumpag existe una Rampa de sección 3.0m x 3.0m metros de una longitud de 100 metros aproximadamente que se realizó para trabajos exploratorios.

Por lo que una vez determinadas las dimensiones y leyes del cuerpo Camila, fue necesario ampliar las secciones de la rampa de 3.0m x3.0m a una Rampade secciones de 4.5m x 4.5m la cual es denominada Rampa Yumpag conuna longitud de 2350 metros y pendiente de 12%. La Rampa Yumpag desección 4.5 m x 4.5 m es excavada mediante el método de sección completa con equipo de perforación Boomer M de 2 brazos y barra de perforación de 16 pies, la malla de perforación se diseñó mediante el método matemático de Holmberg, se realizó un estudio

tensional del macizo rocoso y un análisis de cuñas para determinar el sostenimiento adecuado para la Rampa Yumpag concluyendo en un sostenimiento con Shotcrete de 2” con fibra metálica y Pernos Helicoidales de 8 pies espaciados a 1.5 m, realizamos la simulación de circuito de ventilación según el requerimiento de aire en la Rampa Yumpag. La factibilidad del proyecto fue determinada mediante un análisis de Beneficio/Costo entre el cuerpo Camila y los costos de ejecución de la Rampa Yumpag en las que se incluyeron costos de Perforación, Voladura, Limpieza, Ventilación, Sostenimiento, Bombeo, Energía eléctrica, Energía Neumática (Compresor), determinándose la factibilidad del proyecto.

Lázaro, J. y Vélez, G. (2020), **DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SOSTENIMIENTO DE LABORES DE DESARROLLO PARA MINERÍA ARTESANAL DEL SECTOR DE OLLACHEA – PUNO CASO DE ESTUDIO.**

### **RESUMEN**

El presente trabajo de estudio titulado “Diseño y evaluación de sostenimiento de labores de desarrollo para minería artesanal del sector de Ollachea - Puno Caso de estudio” se encuentra ubicado en el Departamento de Puno, Provincia de Carabaya Distrito de Ollachea a una altitud de 3000 m.s.n.m. en el paraje denominado balcón de oro, a la altura del km 235 de la carretera interoceánica Sur (Tramo 4: Azángaro – Puente Inambari)

En las excavaciones subterráneas de la mina, han sido desarrollado y planificado mediante planeamientos y actualizaciones, se obtiene

resultados con informaciones y planificaciones de anteriores ocasiones, adquiriendo datos de acuerdo que se ha venido trabajando en los diferentes mantos existentes, mantos que tienen resultados favorables para su explotación y mantos que no tienen ley mínima explotable.

Se consideran aspectos importantes para las labores de desarrollo en la que se realizan en forma horizontal y vertical; donde las labores horizontales consisten en galerías y subniveles, las primeras son generalmente de 1.5 x 1.8 m. de sección. La perforación de estas labores son con perforadoras Jacklegs con barrenos integrales de 4` y 6` pies de longitud, en la voladura se emplean dinamitas de 65% y como accesorios se emplean, fulminantes y mecha lenta. La limpieza de los frentes se realiza de manera manual y se tiene el uso de carretillas y lampas para realizar la limpieza, y también el uso de pequeños winches de izaje, las labores verticales tales como chimeneas y piques también son ejecutados con equipos convencionales y en la voladura también se emplean productos similares que las labores de horizontales y en este caso la limpieza es por gravedad en el caso de las chimeneas; desarrollo de una voladura, así tenemos las variables dependientes como son el burden, espaciamiento, malla de perforación y voladura.

También se tiene las variables independientes como son los parámetros geomecánicos de la roca, el agua, la geología estructural, entre otros. Los cuales se han considerado para los diferentes cálculos realizados para una obtención de una adecuada malla de perforación y una buena distribución de la carga explosiva de acuerdo al tipo de roca que se tiene en mina en este caso para una marga roja. También se realizó la evaluación de los

frentes de preparación y desarrollo. Con el desarrollo de este trabajo de investigación se espera implementar el sostenimiento en labores de desarrollo que nos permita reducir los costos de operación, así como brindar mayor seguridad en el área de trabajo. En las labores atravesará una variedad de rocas pertenecientes a la formación Ananea constituidas mayormente por pizarras, pizarras esquistosas, lutitas pizarrosas, esquistos micáceos y algunas intercalaciones de areniscas cuarzosas, cuarcitas, apófisis de rocas intrusivas.

Astudillo, C. y Villalobos I. (2020), **PROPUESTA DE MEJORA EN LA FORTIFICACIÓN EN MINA CERRO NEGRO DEL 1 AL 12.**

**RESUMEN**

El fin del presente trabajo de titulación, es plantear un método de fortificación, donde se establecerán factores que influyen para una propuesta de fortificación de las labores de producción tales como fallas geológicas, discontinuidades o anomalías. Por lo tanto, junto a estos factores es por lo que se podrá determinar el método de sostenimiento más factible, en conjunto a una descomposición geomecánica y la calidad del macizo rocoso del túnel 657, el cual no presenta ningún tipo o método de sostenimiento en sus galerías de avance de la minera Cerro Negro del 1 al 12. Dicha área minera, se encuentra ubicada en la región de Valparaíso, en la localidad de Petorca, referente a la provincia de Petorca, conformada por un yacimiento a rajo y subterráneo de Oxido de Cobre. El sistema de fortificación es un procedimiento importante en la minería subterránea, el cual consiste en recubrir o reforzar el entorno de una labor, mediante algún elemento de sustento, tales como marcos, pernos, shotcrete o una combinación de ellos, sobre todo para las pequeñas



mineras la cuales están más expuestas a problemas de desprendimientos. Por ende, mediante el estudio de las condiciones geológicas subterráneas del área, se pueden establecer los planes a seguir para garantizar la instalación adecuada de la fortificación a determinar. Con el sostenimiento adecuado del terreno es esencial garantizar la seguridad tanto en las personas como los equipos que operen al interior de la mina, además evitar derrumbes y deformaciones de las labores subterráneas.

Durante el desarrollo de trabajo de título, se realizó estructuradamente en tres capítulos fundamentales, por un conjunto de informaciones, antecedentes y análisis, los cuales estuvieron orientados principalmente a objetivos específicos del trabajo. El primer capítulo, se basa en la organización de generalidades y antecedentes relacionados con la minería en general, la ubicación de la mina, clima, geología, método de fortificación y bases principales de como calcular el análisis geomecánico según clasificación RMR de Bieniawski 1979. El segundo capítulo, consiste en la descripción de los diferentes métodos que se utilizan y se trabajan en labores subterráneas, los cuales se presentan como una solución al problema planteado, de una propuesta de método de fortificación para esta labor subterránea, con el fin de poder eliminar toda causa posible de accidente. El tercer y último capítulo se basa en realizar, analizar y determinar, mediante un análisis geomecánico, que permite hacer una clasificación de un macizo rocoso “in situ”. El cual se utiliza usualmente en la construcción de túneles, de taludes y de cimentaciones. Consta de un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), independiente de la estructura, y de un factor de corrección. Por ende, la finalidad de este mecanismo es dar a conocer la calidad del macizo

rocoso y de esa forma seleccionar el método de fortificación más adecuado para la galería de avance, en este caso del túnel 657 de la minera Cerro Negro del 1 al 12. Por último, según la calidad de la roca, establecido por el análisis geomecánico, determino un tipo de roca media entre el 60-40% de irregularidad, por lo tanto, el mejor método para poder implementar en esta labor será una fortificación pasiva, la cual está compuesta de un apernado sistemático en techo y cajas, malla en techo y shotcrete

Blanco, J. (2018), **CARACTERIZACION GEOMECANICA PARA EL ANALISIS DE PERNOS HYDRABOLT EN EL SOSTENIMIENTO DE LABORES SUBTERRANEAS COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA.**

#### **RESUMEN**

El presente estudio de tesis tiene como objetivo principal realizar la caracterización geomecánica del macizo rocoso en relación a la excavación subterránea, para determinar el análisis de la aplicación de los bulones hydrabolt en el mejoramiento del sostenimiento en las obras subterráneas en la Empresa Minera Casapalca; donde se realizó una serie de procedimientos, como los mapeos geomecánicos realizados al interior de la mina, los cuales fueron procesados y analizados con la aplicación de software como DIPS. El tipo de investigación es aplicada donde se utilizan las técnicas, teorías y conocimientos de la geomecánica para determinar la calidad de la roca. De acuerdo al procedimiento indicado en el Marco Teórico del presente estudio y aplicando los datos obtenidos de la caracterización geomecánica en relación al macizo rocoso; mediante el análisis de índices geomecánicos como: el RMR de Bieniawski entre 68 y 59, el índice Q de Barton con un valor de 35,48 y

su valor de diámetro equivalente de 7,5 y el análisis del índice GSI con datos de LF/MB, LF/R, F/MB y F/R, se determina que el macizo rocoso debe estar soportado con pernos de anclaje, y mediante un estudio realizado se demuestra que los pernos de anclaje hydrabolt tienen mejores ventajas con relación a los otros tipos de pernos en cuanto a la estabilidad del macizo rocoso y costos; Asimismo, se demostró su aplicación a través del ensayo de tracción conocido como ensayo de tracción.

Palabras clave: Geomecánica, macizo rocoso, pernos hydrabolt.

Lazo, L. (2020), **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES SUBTERRÁNEAS PARA UNA MINA CON PROBLEMAS DE ALTOS ESFUERZOS.**

---

#### RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto de tesis frente a la problemática de los altos esfuerzos es evaluar las condiciones geológicas, geomecánicas de la mina y la actividad sísmica presente, con el propósito de optimizar el diseño de los sistemas de sostenimiento de las labores de una mina subterránea. La metodología del proyecto inicia con la revisión bibliográfica sobre los mecanismos de origen e implicancias de eventos sísmicos, las características de la sismicidad inducida, diseño de sostenimiento principios de sostenimiento. Después, se realiza el estudio de la geología, la caracterización geomecánica de la mina y el análisis numérico de esfuerzos. Luego de ello, se recopila toda la información sísmica existente de la mina, en función a la ubicación y magnitud del evento sísmico, lo que va a ayudar a determinar la probabilidad de

ocurrencia de estos eventos en las labores. Asimismo, se efectúa la velocidad pico partícula y la energía liberada del evento sísmico. Finalmente, estos resultados permiten zonificar las labores que presentan condiciones críticas y no críticas de sismicidad. De la evaluación de la sismicidad inducida se determina que, la zona de Inferior y la zona de Central se encuentran bajo condiciones de sismicidad críticas, y la zona Superior y las vetas Jorge, Mariano y Kimberly se encuentran bajo condiciones de sismicidad no críticas. Asimismo, del diseño de sostenimiento se concluye el uso de pernos hydrabolt por su gran capacidad dinámica de absorción. En la zona Central se propone la implementación de pernos hydrabolt más doble malla electrosoldada. En la zona Inferior, la zona Superior y las vetas Jorge, Mariano y Kimberly se propone la instalación de pernos hydrabolt, pernos helicoidales con resina más una y doble malla electrosoldada, según el tamaño de labor evaluado. El impacto en los costos es favorable para todas las labores en la zona Inferior, la zona Superior y las vetas Jorge, Mariano y Kimberly. Por otra parte, en la zona Central los costos son favorables para las labores de anchos menores o iguales a 4 m, pero para las labores de anchos por encima de los 4 m, los costos son ligeramente mayores que el sistema actual de sostenimiento; sin embargo, el nivel de riesgo es menor para el diseño propuesto de sostenimiento y posee un mejor costo-beneficio que el sistema actual de sostenimiento.

Castañeda, S., Lezama, J. y Ampuero, J. (2015), **SISTEMA DE RELLENO CON MORTERO DE RELAVE PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DEL SOSTENIMIENTO EN LA MINERÍA SUBTERRÁNEA.**

**RESUMEN**

Frente a los frecuentes accidentes, derrumbes y equipo atrapado durante las labores mineras subterráneas, muestra la necesidad de mejorar la confiabilidad del sostenimiento de la minería subterránea. Este artículo describe la investigación y propuesta para un nuevo sistema de relleno con resistencia controlable usando reciclaje de relave. Primero investigamos los tipos de sostenimiento en el método de minado de corte y relleno en la zona central del Perú, donde encontramos que el relleno cementado más utilizado es un concreto pobre en contenido de cemento y el relleno en pasta solo usa los finos del relave con equipos que demandan una alta inversión para su implementación y operación. El nuevo método propuesto permite utilizar el relave que elimina la planta de concentrados minerales: no sería necesario sacar los finos del relave, solo el agua que es reenviada y reutilizada en la planta de concentrados. La aplicación de este método permite tener una confiabilidad del sostenimiento durante las labores mineras evitando los constantes derrumbes dando seguridad al personal y al equipo; ayuda al cierre progresivo de mina; reduce el espacio de la relavera; permite la recuperación de los pilares de mineral dejados para el sostenimiento de la mina y reduce la dilución del mineral al 2% al tener paredes auto estables.

. PALABRAS CLAVE Relave, sistemade relleno, sostenimiento, minería subterránea.

## 2.2. Definición de Términos

- ❖ **Astillamiento de la roca:** Forma de rotura frágil de la roca por la acción de los altos esfuerzos. Los fragmentos rocosos generados en esta rotura tienen formas aguzadas.
- ❖ **Aberturas mineras permanentes:**  
Excavaciones que tendrán una larga duración, cercanas a la vida de la mina por ser importantes para el minado. Ejemplo: piques, chimeneas, galerías de nivel. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Acción de Sujeción:** Si la masa rocosa no es capaz de resistir los efectos de los esfuerzos inducidos o si las discontinuidades están desfavorablemente orientadas formando bloques libres y movidos, mediante la acción de sujeción se mantienen en su lugar los bloques rocosos. Los cables son muy efectivos para esta función. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Astillamiento de la roca:** Forma de rotura frágil de la roca por la acción de los altos esfuerzos. Los fragmentos rocosos generados en esta rotura tienen formas aguzadas. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Banco:** Unidad básica de explotación en forma de gran escalón constituido por un plano vertical, o frente, y un plano horizontal, o plataforma de trabajo. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Bancos:** Macizo de Mineral con dos caras descubiertas. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Batolito:** Estructura maciza de roca ígnea plutónica cuyo afloramiento en la superficie terrestre supera los 100 Km de largo y 20 Km de ancho. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Brechas Tufáceas:** Conjunto de fragmentos rocosos heterogéneos, consolidados generalmente por materiales volcánicos finos. (Gonzales de Vallejo, 2006).

- ❖ **Bolsonada:** Cuerpo o masa de mineral de forma más o menos alargada y de dimensiones pequeñas, muchas veces tiene forma irregular. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Bulbo de resistencia:** Área de influencia de esfuerzos compresivos que se genera cuando actúa correctamente un perno de roca. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Calcificación:** Formación de minerales calcáreos (calcita) por la disolución de otros carbonatos de calcio. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Check list:** Son formatos que debe llenar cada trabajador antes de empezar su labor. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Cantera:** Explotación a cielo abierto para la explotación de rocas ornamentales y de construcción calizas, mármoles, granitos pizarras, entre otros. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Carguío:** Es el traslado de material quebrantado, roto disgregado, desde el frente de voladura hasta la tolva del vehículo. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Cuneta:** Son aquellos que llevan las aguas a las bombas principales de las salas de bombas. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Cuña:** Queso, cecinas o carne que se le coloca al pan del manche, trozo de metal con que parten los palos cuando eran muy duros. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Chancado:** Proceso mediante el cual se disminuye el tamaño de las rocas mineralizadas triturándolas con chancadoras y molinos. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Desacoplamiento:** Separación entre la superficie de una carga de explosivo y la pared del barreno donde se encuentra. (Gonzales de Vallejo, 2006).
- ❖ **Macizo Rocoso:** Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales. Dependiendo de cómo se presenten estas discontinuidades o

rasgos estructurales dentro de la masa rocosa, éstas tendrán un determinado comportamiento frente a las operaciones de minado (Jiménez, 2014, citado por Conde, 2019).

- ❖ **Porosidad:** La porosidad es la relación entre el volumen de vacíos  $V_v$  (ocupado por los huecos o poros en la roca) y el volumen total  $V$  (partículas sólidas + huecos), se expresa se la siguiente manera (Gavilanes y Andrade, 2004, citado por Conde, 2019).
- ❖ **Roca Intacta:** La roca intacta es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio (Jiménez, 2014, citado por Conde, 2019).

## 2.3. Fundamentación teórica

### 2.3.1. Clasificación Geomecánica del Macizo Rocoso

Los sistemas de clasificación de los macizos rocosos tienen por objeto evaluar sus características para determinar de forma cuantitativa su calidad. Su caracterización requiere el conocimiento de los siguientes parámetros:

- Resistencia y comportamiento de la roca.
- Familias de discontinuidades existentes.
- Espaciado de los planos de discontinuidad y fracturación del macizo
- Caracteres geomecánicos de las discontinuidades – Condiciones del agua en las juntas.

Los criterios de clasificación tienen que ser claros y consistentes para que no haya ninguna duda a la hora de aplicarlos y las categorías que se establezcan deben ser mutuamente excluyentes. Por otra parte, se gana en objetividad si se obtienen índices mediante dos o más clasificaciones que se puedan correlacionar entre sí.



- Los sistemas de clasificación de los macizos rocosos tratan de evaluar sus propiedades para determinar de forma cuantitativa la calidad del macizo rocoso con diversos fines.
- Caracterización propiamente dicha para determinar la calidad del macizo rocoso y los dominios estructurales.
- La elección del sostenimiento en galerías y túneles. Selección del sistema de excavación y la fragmentabilidad de los macizos frente a voladuras.

#### **Parámetros de la caracterización del macizo rocoso:**

- Resistencia y comportamiento de la roca
- Familias de discontinuidades y orientaciones.
- Espaciado de discontinuidades y fracturación del macizo.
- Rugosidad, continuidad, separación y resistencia de los labios, meteorización y relleno de las juntas.
- Condiciones del agua subterránea.
- Alteraciones producidas en el macizo por excavaciones o excavaciones subterráneas próximos.

#### **Objetivos de la caracterización del macizo rocoso:**

- Definir en el macizo distintos dominios estructurales.
- Establecer criterios para comprender el comportamiento de los macizos.
- Facilitar la planificación y diseño de las obras.

#### **Utilidades de la caracterización del macizo rocoso:**

Primera predicción del comportamiento de un macizo ante una obra.

- Fases de viabilidad y anteproyecto.
- Mejora metodológica de los estudios.
- División de los macizos en grupos de comportamiento similar.

- Información cuantitativa para modelos analíticos.
- Lenguaje común entre profesionales.

#### **Limitaciones de la caracterización del macizo rocoso:**

- Uso en última instancia.
- Extrapolación de datos no representativos.
- Aplicación a obras poco contrastadas.
- Alternancia de rocas de poca resistencia y competentes.
- Materiales expansivos, solubles o muy colapsables.

#### **RMR de Bieniawski (Rock Mass Rating) - 1989**

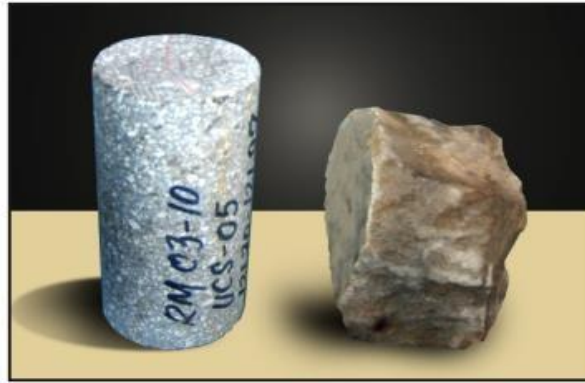
- Resistencia a compresión simple
- RQD (Rock Quality Designation)
- Espaciado de las juntas
- Condición de juntas:
  - ❖ Persistencia
  - ❖ Apertura
  - ❖ Rugosidad
  - ❖ Relleno
  - ❖ Alteración
- Presencia de agua

### **2.3.2. Definición de los parámetros**

#### **Roca intacta**

Es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio.

**FIGURA N° 01: MUESTRA DE ROCA INTACTA**



### **Macizo Rocoso**

Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales.

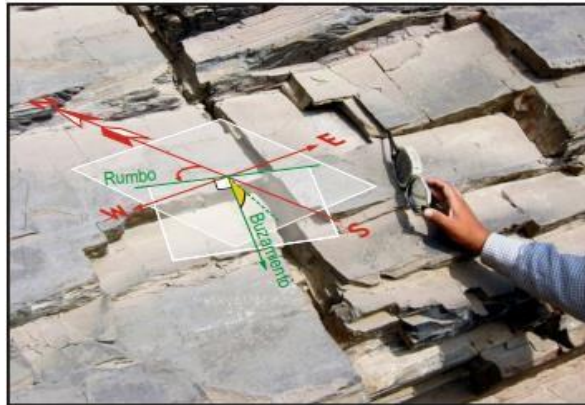
**FIGURA N° 02: MACIZO ROCOSO**



### **Orientación**

Es la posición de la discontinuidad en el espacio y comúnmente es descrito por su rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación o en otras palabras son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una “familia” de discontinuidades.

**FIGURA N° 03: ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES**



### **Espaciamiento**

Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.

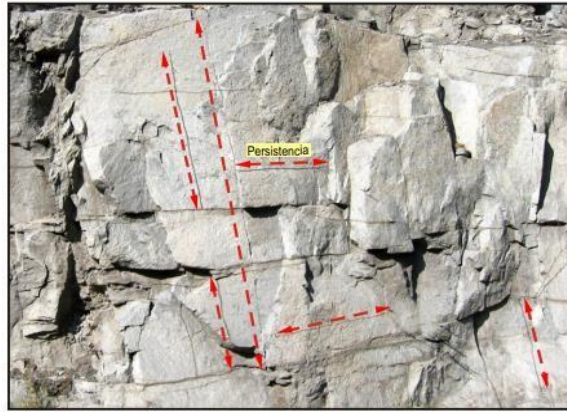
**FIGURA N° 04: ESPACIAMIENTO DE UNA DISCONTINUIDAD**



### **Persistencia**

Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea ésta, será menos estable.

**FIGURA N° 05: PERSISTENCIA DE UNA DISCONTINUIDAD**



### **Rugosidad**

Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanto menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea ésta, la masa rocosa será más competente.

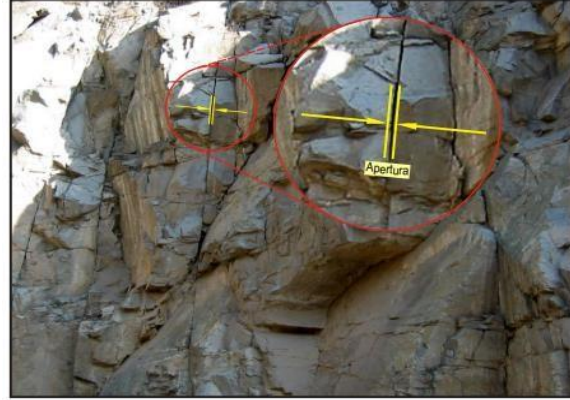
**FIGURA N° 06: RUGOSIDAD DE UNA DISCONTINUIDAD**



### **Apertura**

Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presenta. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores y a mayor apertura, las condiciones serán más desfavorables.

**FIGURA N° 07: APERTURA DE UNA DISCONTINUIDAD**



### **Relleno**

Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando éstos son más duros, ésta es más competente.

**FIGURA N° 08: RELLENO DE UNA DISCONTINUIDAD**



### **La meteorización**

- Se divide en meteorización física, química y biológica:  
**Meteorización física**, como consecuencia de ésta, la apertura de las discontinuidades aumenta o pueden formarse nuevas fracturas por el relajamiento de la roca.
- **Meteorización química**, origina la decoloración de la roca hasta la descomposición de la misma.
- **Meteorización biológica**, está regida por la presencia y actividad de los seres vivos.

**FIGURA N° 09: MASA ROCOSA METEORIZADA**



### **2.3.3. Caracterización de la masa rocosa**

Para conocer la masa rocosa, hay necesidad de observar en el techo y las paredes de las labores mineras, las diferentes propiedades de las discontinuidades, para lo cual se debe primero lavar el techo y las paredes. A partir de estas observaciones se podrán sacar conclusiones sobre las condiciones geomecánicas de la masa rocosa. Debido a la variación de las características de la masa rocosa, el supervisor deberá realizar en forma permanente una evaluación de las condiciones geomecánicas, conforme avanzan las labores.

En situaciones especiales, el supervisor deberá realizar un mapeo sistemático de las discontinuidades, denominado mapeo geomecánico, utilizando métodos como el “registro lineal”, para lo cual debe extender una cinta métrica en la pared rocosa e ir registrando todos los datos referidos a las propiedades de las discontinuidades, teniendo cuidado de no incluir en ellos las fracturas producidas por la voladura. Los datos se irán registrando en formatos elaborados para este fin, luego serán procesados y presentados en los planos de las labores mineras.

**FIGURA N° 10: MAPEO GEOMECANICO**

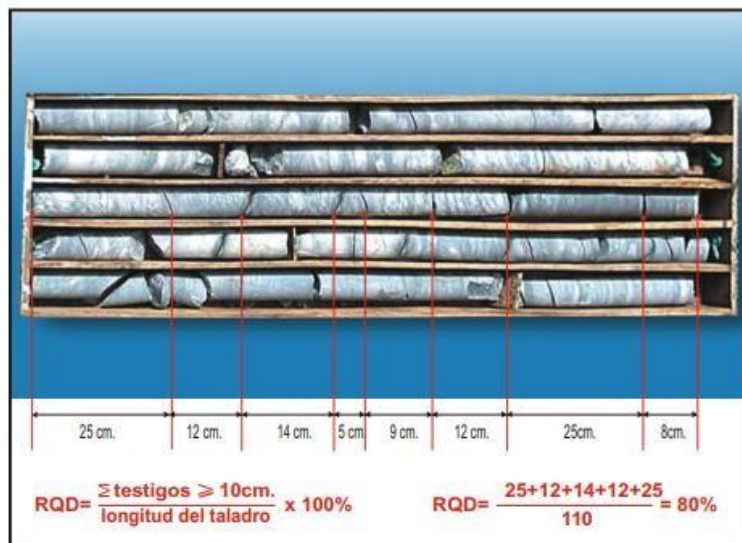


#### 2.3.4. El criterio RMR de Bieniawski (1989)

Se presenta en el Cuadro 1.1. Este criterio toma en cuenta cinco parámetros:

1. **La resistencia compresiva ( $\sigma_c$ )** de la roca intacta, que puede ser determinada con los procedimientos de la ASTM mediante los ensayos de laboratorio.
2. **El RQD (Rock Quality Designation)**, que puede ser determinado utilizando los testigos de las perforaciones diamantinas. El RQD es el porcentaje de trozos de testigos recuperados mayores a 10 cm, de la longitud total del taladro, entre otros procedimientos.

**FIGURA N° 11: TESTIGOS DE PERFORACIÓN  
DIAMANTINA**





### 3. El espaciamiento de las discontinuidades.

4. La condición de las discontinuidades, referidas en este caso a la persistencia, apertura, rugosidad, relleno y meteorización.

### 5. La presencia de agua.

## CUADRO N° 04: CLASIFICACIÓN RMR DE BIENIAWSKI

(1989)

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)										
PARÁMETRO		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES								VALORACIÓN
RESIST. COMP. UNIAxIAL (M Pa)		>250 (15) X	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	12		
ROD %		90-100 (20)	75-90 (17) X	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	13		
ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10) X	0,06-0,2 (8)	<0,06 (5)	3	8		
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10mm (2) X	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	1		
	APERTURA	Cerrada (6) X	<0.1mm apert. (5)	0,1-1,0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	5		
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3		
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1		
	ALTERACIÓN	Sana (6) X	Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E	5		
AGUA SUBTERRÁNEA		X Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	15		
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =									63	
CLASE DE MACIZO ROCOSO										
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	II			
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA				

Para cada parámetro se han establecido rangos de valores y para cada rango una valoración

### 2.3.5. Sostenimiento de Labores Mineras

La estabilidad de la roca circundante a una excavación simple como un tajeo, una galería, un crucero, una estación de pique, una rampa, entre otros, depende de los esfuerzos y de las condiciones estructurales de la masa rocosa detrás de los bordes de la abertura. Las inestabilidades locales son controladas por los cambios locales en los esfuerzos, por la presencia de rasgos estructurales y por la cantidad de daño causado a la masa rocosa por la voladura. En esta escala local, el sostenimiento es muy importante porque resuelve el problema de la estructura de la masa rocosa y de los esfuerzos, controlando el movimiento y reduciendo la posibilidad

de falla en los bordes de la excavación.

El término “**sostenimiento**” es usado aquí para cubrir los diversos aspectos relacionados con los pernos de roca (de anclaje mecánico, de varillas de fierro corrugado o barras helicoidales ancladas con cemento o con resina, split sets y swellex), cables, malla, cintas de acero (straps), concreto lanzado (shotcrete) simple y con refuerzo de fibras de acero, cimbras de acero, gatas, madera (puntales, paquetes, cuadros y conjuntos de cuadros), relleno y algunas otras técnicas de estabilización de la masa rocosa. Todos estos elementos son utilizados para minimizar las inestabilidades de la roca alrededor de las aberturas mineras.

### **2.3.6. Sostenimiento con madera**

#### **Generalidades**

El sostenimiento con madera fue el símbolo del minado subterráneo hasta antes que se hayan desarrollado las nuevas tecnologías de sostenimiento. Actualmente el sostenimiento con madera tiene menor importancia frente a los avances que ha habido en las técnicas de control de la estabilidad del terreno; sin embargo, tiene gran significancia histórica debido a que fue introducida hace varios siglos. En algunas minas peruanas la madera aún sigue siendo utilizada como elemento de sostenimiento, principalmente en el minado convencional de vetas. Su rol es proteger la excavación contra la caída de rocas, debido a la separación de la roca de los contornos de la misma o a lo largo de planos de debilidad, causados por la intemperización y fracturamiento del terreno debido a la voladura y otros factores.

En la actualidad, la madera se utiliza por su adaptabilidad a todo tipo de terreno, por su versatilidad para soportar todo tipo de esfuerzo y por sus

características de deformabilidad, lo cual permite detectar en forma temprana los desplazamientos hacia el interior de la excavación. En emergencias su uso como sostenimiento es muy valioso. Sus inconvenientes son: costo relativamente alto, elevado uso de mano de obra por el tiempo comparativamente largo de su instalación, limitada duración (puede descomponerse) y riesgo de fuego.

Cuando se usa la madera como elemento de sostenimiento es importante tomar en cuenta que:

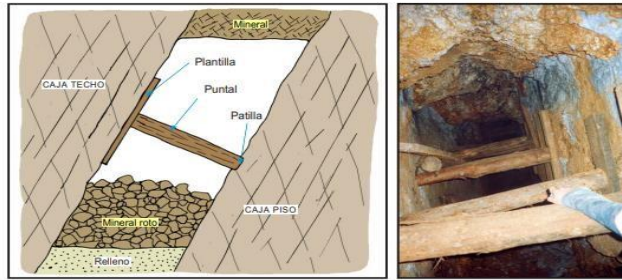
- La madera seca dura más que la fresca o húmeda.
- La madera sin corteza dura más que aquella que conserva la corteza.
- La madera tratada o “curada” con productos químicos con la finalidad de evitar su descomposición, dura más que la no “curada”
- La madera en una zona bien ventilada dura más que en una zona húmeda y caliente.

## **TIPOS DE ESTRUCTURA DE MADERA**

### **PUNTALES**

Es el tipo más común de sostenimiento, donde un simple poste de madera es fijado verticalmente en una abertura para sostener el techo o perpendicularmente al buzamiento de una veta para sostener la caja techo (en buzamientos echados) o ambas, la caja techo y la caja piso (en buzamientos empinados), previniendo así la falla de la roca y el cierre de la excavación. Para el sostenimiento de las falsas cajas en vetas angostas, los puntales son elementos valiosos.

### **FIGURA N° 12: PUNTALES DE SEGURIDAD PARA FALSAS CAJAS**



Los puntales son miembros compresivos con rangos de resistencia de 7 a 10 MPa, contruidos de madera redonda de 5” a 10” de diámetro y longitudes que no deben superar los 3.5 m, para evitar su pandeo y pérdida de resistencia.

La sección circular de un puntal ofrece una mayor capacidad portante que las secciones cuadradas. Cuanto menor sea la longitud de un puntal, éstos ofrecen mayor capacidad portante. Los puntales deben ser empleados con el uso de plantillas y cuñas. La plantilla es usada para distribuir la carga en los extremos del puntal y para ayudar a mantener el extremo del puntal sin romperse cuando el peso es aplicado sobre éste. La cuña es usada para ajustar el poste contra el techo. El espaciamiento de los puntales dependerá de las características de la roca y del tamaño del puntal. En algunos casos se suele combinar el puntal con el uso de la malla metálica, para retener los bloques sueltos ubicados entre los puntales.

## CUADROS

Éstos son utilizados para sostener galerías, cruceros y otros trabajos de desarrollo, en condiciones de roca fracturada a intensamente fracturada y/o débil, de calidad mala a muy mala y en condiciones de altos esfuerzos. Si las labores son conducidas en mineral, el enmaderado debe ser más sustancial para mantener la presión y el movimiento de roca en los contornos de la excavación.

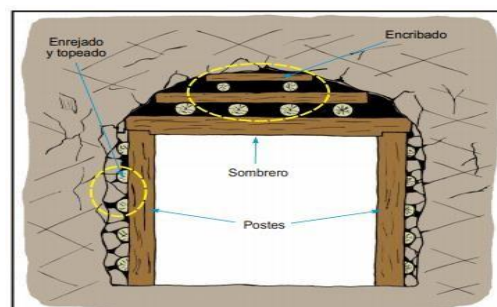
Los principales tipos de cuadros que usualmente se utilizan son: los cuadros rectos, los cuadros trapezoidales o denominados también cuadros cónicos y los cuadros cojos. Todos estos son elementos unidos entre sí por destajes o por elementos exteriores de unión, formando una estructura de sostenimiento.

### **Cuadros rectos**

Son usados cuando la mayor presión procede del techo. Están compuestos por tres piezas, un sombrero y dos postes, asegurados con bloques y cuñas, en donde los postes forman un ángulo de  $90^\circ$  con el sombrero. En ciertos casos los postes van sobre una solera. Estos cuadros están unidos por los tirantes, los cuales determinan el espaciamiento de los mismos, que varía de 2 a 6 pies según la calidad del terreno. Para completar el sostenimiento se adiciona el encribado en el techo, generalmente con madera redonda y el enrejado en los hastiales con madera redonda, semiredonda o entablado.

En labores de avance horizontales o subhorizontales, los postes son instalados verticalmente y en labores con buzamiento (en mineral), los postes son instalados en forma perpendicular al buzamiento, de tal manera que el sombrero quede paralelo a las cajas.

**FIGURA N° 13: ESQUEMA DE UN CUADRO RECTO**

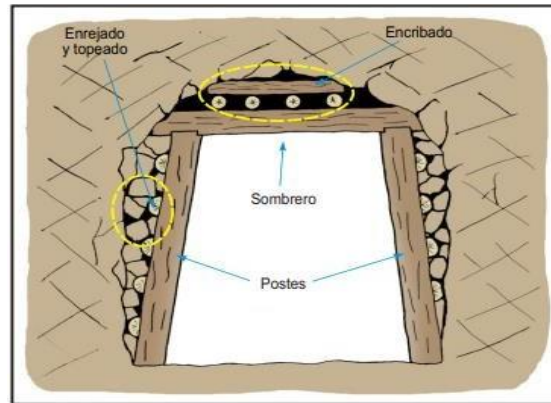


### **Cuadros cónicos**

Son usados cuando la mayor presión procede de los hastiales. La

diferencia con los cuadros rectos, solo radica en el hecho de que en los cuadros cónicos se reduce la longitud del sombrero, inclinando los postes, de tal manera de formar ángulos de  $78^\circ$  a  $82^\circ$  respecto al piso, quedando el cuadro de forma trapezoidal.

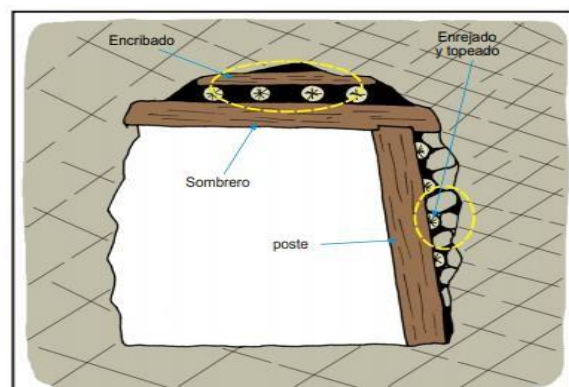
**FIGURA N° 14: ESQUEMA DE UN CUADRO CONICO**



### Cuadros cojos

Estos están compuestos por solo un poste y un sombrero. Se utilizan en vetas angostas menores de 3 m de potencia. Su uso permite ganar espacio de trabajo. Pueden ser verticales o inclinados según el buzamiento de la estructura mineralizada. Estos cuadros deben adecuarse a la forma de la excavación para que cada elemento trabaje de acuerdo a las presiones ejercidas por el terreno.

**FIGURA N° 15: ESQUEMA DE UN CUADRO COJO**



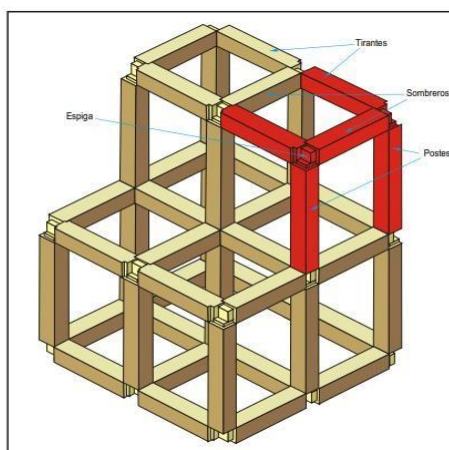
## CONJUNTO DE CUADROS

Este es un método costoso con baja productividad y solo utilizado en minerales de alta ley para una máxima recuperación, cuando no se pueden utilizar cuadros simples (rectos o cónicos), lo cual ocurre cuando las dimensiones de la estructura mineralizada o de la labor minera superan los 3 m. El método de minado por conjunto de cuadros ha sido generalmente convertido a sistemas de corte y relleno.

Este sistema de sostenimiento está formado por: postes, sombreros y tirantes, sistemáticamente armados, en lo posible alineando los cuadros de madera con la dirección del máximo esfuerzo. El conjunto debe ser bloqueado ajustadamente a las paredes, al frente y al techo, para dar máximo soporte en terrenos malos.

También se usa conjunto de cuadros en los piques, pero su función primaria es dividir al pique en compartimientos y como un medio de fijar las guías, tubos, cables, Entre otros. El bloqueo del conjunto de cuadros proporciona un mínimo de sostenimiento al terreno, el sostenimiento principal de la masa rocosa del pique, de ser requerido, deberá efectuarse con pernos y/o malla y/o shotcrete.

**FIGURA N° 16: CONJUNTO DE CUADROS**



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. El Problema

##### 3.1.1. Descripción de la realidad problemática

En la actualidad en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01, Para el inicio de sus operaciones mineras de acuerdo al Certificado de la Operación Minera – COM, en lo relacionado a la fase u operación minera unitaria del sostenimiento, a través del presente trabajo de investigación, de acuerdo al Decreto Supremo D.S.-023-2017-EM, relacionado a la Seguridad y Salud Ocupacional, realizar un estudio geomecánico de acuerdo al Art. 214, coadyuvado con el Art. 213, “Labor avanzada labor sostenida”, cuyo objetivo es la aplicación de la Geomecánica, caracterizando al macizo rocoso, mediante el levantamiento litológico – estructural, para que, con la aplicación de la clasificación geomecánica de Bieniawski RMR89, recomendar el elemento o sistema de sostenimiento, con la finalidad de garantizar la estabilidad de las labores mineras subterráneas. Restableciendo el equilibrio del macizo rocoso para garantizar la seguridad de los equipos, maquinarias, recurso humano y la infraestructura de la mina.

##### 3.1.2. Planteamiento y Formulación del Problema

Actualmente la fase u operación minera de sostenimiento de las labores mineras subterráneas de la **CONCESIÓN MINERA JCASTILLEROS N° 01**, se diseñarán de acuerdo al estudio geomecánico, razón que se debe diseñar el sostenimiento aplicando los parámetros de la geomecánica, con la finalidad de garantizar su estabilidad.



### **3.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema**

¿La geomecánica diseñará el sostenimiento de las labores mineras subterráneas en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01 – Año 2022?

### **3.1.2.2. Formulación de problemas específicos**

- ¿La caracterización del macizo rocoso incidirá en el diseño del sostenimiento de las labores mineras subterráneas?
- ¿Los procedimientos para la aplicación del RMR89 de Bienawski influirá en la determinación de la calidad del macizo rocoso?
- ¿El elemento o sistema de sostenimiento recomendado influirá en la estabilidad de las labores mineras subterráneas?

### **3.1.3. Objetivos de la investigación**

#### **3.1.3.1. Objetivo General**

Aplicar la Geomecánica para el diseño del sostenimiento de las labores mineras subterráneas en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01 – Año 2022.

#### **3.1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la caracterización del macizo rocoso en el diseño del sostenimiento de las labores mineras subterráneas.
- Evaluar los procedimientos para la aplicación del RMR89 de Bienawski en la determinación de la calidad del macizo rocoso.
- Analizar el elemento o sistema de sostenimiento recomendado en la estabilidad de las labores mineras subterráneas.

### **3.1.4. Justificación e importancia**

La geomecánica a través de los parámetros de campo, laboratorio y gabinete, cuyo objetivo es determinar los dominios estructurales, nos permite diseñar los elementos o sistemas de sostenimiento que requiere cada labor minera subterránea, que garantiza la estabilidad de las labores mineras subterráneas.

La CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01 – Año 2022, será la beneficiaria puesto que se diseñarán y recomendarán elementos o sistemas de sostenimiento de acuerdo a sus dominios estructurales, determinados a través del estudio geomecánico.

### **3.1.5. Alcances**

El estudio comprende básicamente la aplicación de la geomecánica para el diseño de los elementos o sistemas de sostenimiento de las labores mineras subterráneas en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01, garantizando su estabilidad de las labores mineras subterráneas, acorde con el estudio geomecánico.

### **3.1.6. Delimitación de la Investigación**

Después de haber descrito la problemática relacionada al tema de estudio, a continuación, con fines metodológicos fue delimitada en los siguientes aspectos:

#### **Delimitación Espacial**

Este estudio se realizará en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01, con una extensión de 600 hectáreas respectivamente, ubicadas en el distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa de la Región Ancash.

### **Delimitación Temporal**

El periodo en el cual se realizará esta investigación comprende el periodo de los años 2021 - 2022.

### **Delimitación Social**

Se encuentra dirigido a: gerente de operaciones, superintendente de mina, capitán de mina, jefe de sección, jefe de área, supervisor y trabajadores de las diferentes minas del Perú, así como también a los estudiantes de las Escuelas Profesionales de Ingeniería de Minas de las Universidades del Perú. Relevando a los nuevos colaboradores de la nueva operación minera.

## **3.2. Hipótesis**

### **Hipótesis General**

La geomecánica diseña el sostenimiento de las labores mineras subterráneas en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01 – Año 2022.

### **Hipótesis Específicos**

- La caracterización del macizo rocoso incide en el diseño del sostenimiento de las labores mineras subterráneas.
- Los procedimientos para la aplicación del RMR89 de Bienawski influye en la determinación de la calidad del macizo rocoso.
- El elemento o sistema de sostenimiento recomendado influye en la estabilidad de las labores mineras subterráneas.

## **3.3. Variables**

### **Variable Independiente (x)**

Geomecánica.

### **Variable dependiente (y)**

Diseño del sostenimiento de labores mineras subterráneas.

### **3.4. Diseño de la investigación**

#### **3.4.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación según Mario Bunge es aplicado, debido a que trabaja de acuerdo a resultados y conclusiones de investigaciones básicas, utiliza, además, el método de observación y la no experimentación, considerando la geomecánica con el fin de dar solución a los problemas planteados, específicamente de sostenimiento.

#### **3.4.2. Nivel de la investigación**

El nivel de investigación es descriptivo; porque se considera bajo conceptuales existentes.

#### **3.4.3. Método**

El diseño es no experimental – transversal, porque describe procesos en un tiempo condicionado. Consiste en el procedimiento que se realizó sobre geomecánica para el diseño del sostenimiento de las labores mineras subterráneas en la Concesión Minera JC Astilleros N° 01 – año 2022.

#### **3.4.4. Población y muestra**

##### **Población**

La población está constituida por las labores mineras subterráneas donde se diseñará el sostenimiento en base a la aplicación de la geomecánica en la **CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01**.

##### **Muestra**

Son las labores mineras subterráneas de acceso donde se diseñará el sostenimiento para garantizar la seguridad.

### 3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas de investigación	Instrumentos	Informantes o fuentes	Ventajas	desventajas
---------------------------	--------------	-----------------------	----------	-------------

<b>Análisis documental</b>	Fichas bibliográficas	Libros, internet, tesis, entre otros.	Muy objetiva Puede constituir evidencias	Aplicación Limitada a fuentes documentales
<b>Observación del campo</b>	Protocolo, o guías de observación de campo	Toma de datos por parte del investigador	Contacto directo Con la realidad	Aplicación limitada a aspectos fijos o repetitivos

### 3.4.6. Forma de tratamiento de los datos

El tratamiento de datos del presente proyecto de investigación, se realizarán con los siguientes programas informáticos:

- **Microsoft Excel:** Para procesar datos de campo, elaboración de tablas (cuadros de resumen de avance, número de taladros, cantidad de dinamitas y los costos totales empleados en la anterior malla de perforación y voladura).
- **Microsoft Word:** Para la redacción de la presente tesis, siguiendo el modelo de redacción para tesis propuesto por la UNASAM.

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

**4.1. Descripción de la realidad y Procesamiento de Datos**

**4.1.1. Caracterización del Macizo Rocoso**

**4.1.1.1. Levantamiento Litológico**

**CUADRO N° 05: DATOS LITOLÓGICOS DE LAS ESTACIONES**

EST.	TIPO DE ROCA/M	RQD %	ESPACIAMIENTO mts.	PERSISTENCIA mts.	APERTURA mm.	RUGOSIDAD Identificado	RELLENO mm.	ALTERACION Identificado	AGUA SUBT. Identificado
Est. 01	CALIZA	92.5%	0.6-2	1-3 m Long.	< 0.1mm	Rugosa	Limpia	Lig. Alterada	Seco

**FOTOGRAFIA N° 01: ESTACION PARA EL ESTUDIO**



#### 4.1.1.2. Levantamiento Litológico

**CUADRO N° 06: DATOS TOPOGRÁFICOS DE LAS ESTACIONES  
GEO MECÁNICAS**

ESTACIÓN	NIVEL	COORDENADAS		
		ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
CALIZA	4430	241648.460	8970676.797	4429.757

**CUADRO N° 07: DATOS DE LA DIRECCION DE AVANCE DE LAS  
ESTACIONES**

ESTACIÓN	TIPO DE ROCA/ MINERAL	DIRECCION DE AVANCE
Est. 01	CALIZA	S 40° W

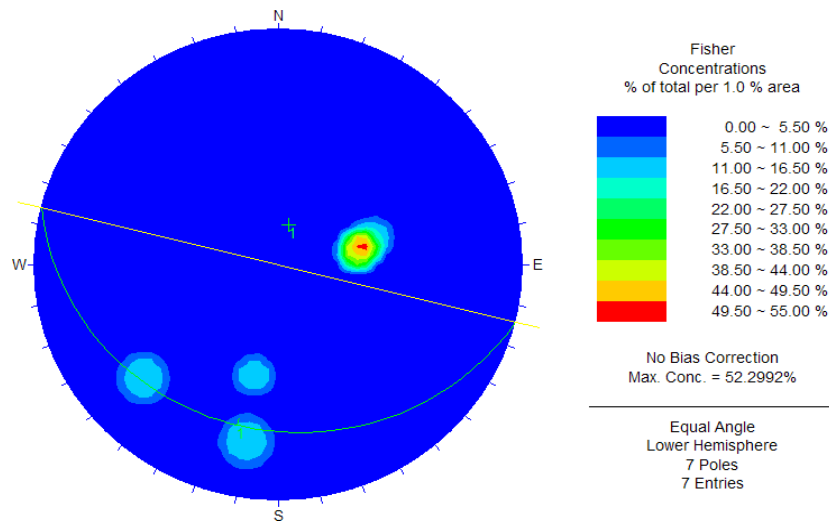
**CUADRO N° 08: DETERMINACION DEL RQD DE LA ROCA Y  
MINERAL**

EST.	TIPO DE ROCA/ MINERAL	SPAN	N° DE FRACTURAS	$\lambda$	RQD %
Est. 05	CALIZA	2.9	13	4.48	92.45

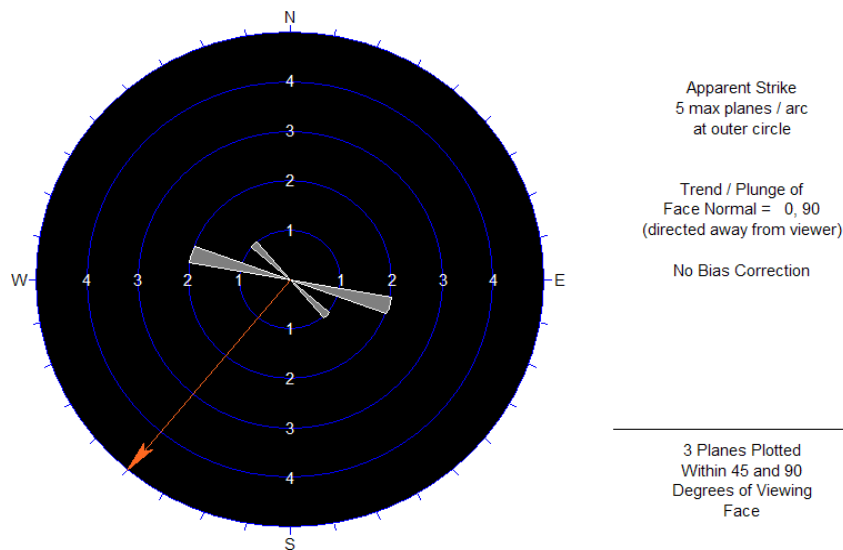
**CUADRO N° 09: CALIDAD DE LA ROCA DE ACUERDO A DEERE AND  
MILLER**

TEORICO		APLICACIÓN PRACTICA
% RQD	CALIDAD DE ROCA	
< 25	Muy Mala	-----
25 – 50	Mala	-----
50 – 75	Regular	Zona de Contacto y Pizarra
75 – 90	Buena	Mineral y Cuarcita
90 – 100	Muy Buena	Granodiorita

## GRAFICO N° 01 – A: CALIZA



## GRAFICO N° 01 – B: CALIZA



En la **Figura N°01-A**, podemos apreciar que mediante el análisis estereográfico de la excavación tiene un rumbo de S 40° W, mientras que la familia representativa se encuentra en contra de la excavación con un buzamiento de 70°.

En la **Figura N°01-B**, se puede apreciar mediante la roseta que la excavación es estable.



#### 4.1.2. Caracterización del Comportamiento Mecánico de la Masa

##### Rocosa

##### 4.1.2.1. Ensayos de Laboratorio

CUADRO N° 10: RESULTADOS DE LABORATORIO

MUESTRA ROCOSA		Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	P.E.A. KN/m <sup>3</sup>	P.A. %	Absorción %
M-5	CALIZA	2.58	25.32	2.60	1.01

##### 4.1.2.2. Ensayos In-situ

CUADRO N° 11: TABLA DE CORRECCION PARA EL  
MARTILLO SCHMIDT DE DUREZA

ESCLEROMETRO TIPO "L"	REBOTE	HACIA ARRIBA		HACIA ABAJO		HORIZONTAL
	R	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
10	0	-0.8	0	0	-3.2	
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4	
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1	
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7	
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2	
60	0	-0.4	-4	-3.3	-1.7	

CUADRO N° 12: REBOTE PROMEDIO SEGÚN ISRM

LABOR Y/O NIVEL	ESTACION	REBOTE PROMEDIO SEGÚN ISRM				
1.-	ESTACION-01	52	52	50	48	48

RESISTENCIA COMPRESIVA  
(MPa)

139.28

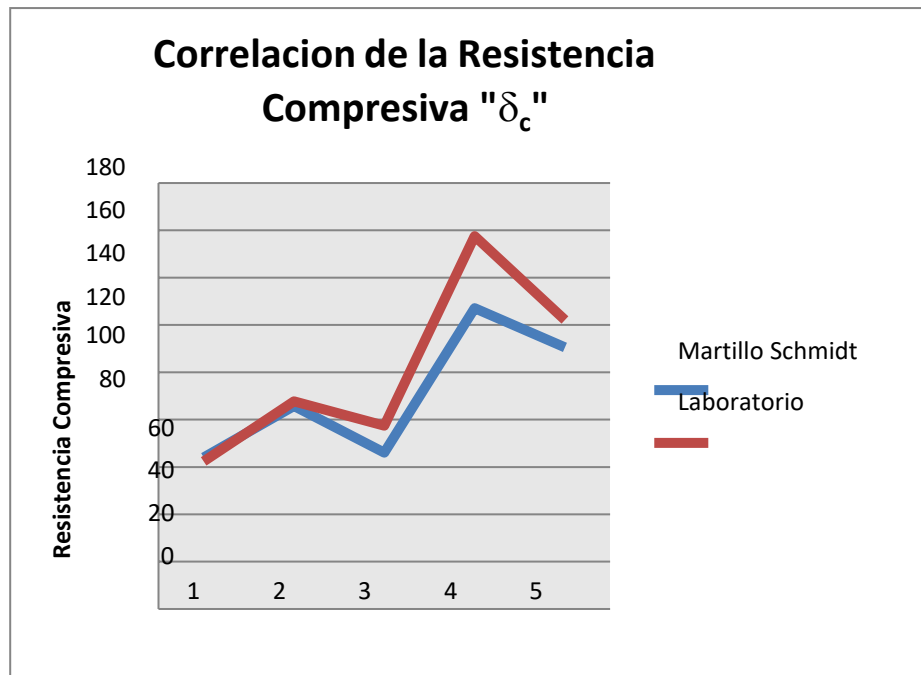
LEYENDA

..... CALIZA

**CUADRO N° 13: CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA**

ESTACIÓN	TIPO DE ROCA/ MINERAL	$\delta_c$ MARTILLO	$\delta_c$ LABORATORIO
Est. 05	CALIZA	110.63	122.18

**GRAFICO N° 02: CORRELACION DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA**



La correlación es simétrica en los 5 valores de la resistencia compresiva “ $\delta_c$ ”, cuantificados en el campo in-situ y en el laboratorio de mecánica de rocas, razón que dicha correlación se aplicara en la valoración del macizo rocoso.

CUADRO N° 14: MAPEO GEOMECANIO – CALIZA

VALORIZACION DEL MACIZO (R.M.R) - Clasificación RMR de Bieniawski (1989)								
PARAMETRO	RANGO DE VALORES Y VALORIZACIONES					VALORACION		
RESIST. COMP. UNIAXIAL	>250=R6 (15)	100-250 =R5 (12)	50-100=R4 (7)	25-50 =R3 (5)	<25(2)=R2, <5(1)=R1	1	12	
RQD (%) (fracts.)	90-100 (2-6) (20)	75-90 (6-12) (17)	50-75 (12-20) (13)	25-50 (>20 frac) (8)	<25 (Bxdo) (3)	2	20	
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (8)	<0,06 (5)	3	15	
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A	4
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert (5)	0.1-1.0mm (4)	1-5 mm (1)	>5 mm (0)	4B	5
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	5
	RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro>5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D	6
	ALTERACIÓN	Sana (6)	Lig.Alterada. (5)	Mod.Alterad (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E	5
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humeda (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	15	
VALOR TOTAL RMR								
CLASE DE MACIZO ROCOSO								
RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0		87	
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA		I MUY BUENA	
CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN								
Rumbo perpendicular al eje de túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Echado de 0-20° independiente del rumbo		
Penetración en el sentido del rumbo		Penetración contra el rumbo		Echado 45°-90°	Echado 20°-45°			
Echado 45°-90°	Echado 20°-45°	Echado 45°-90°	Echado 20°-45°	Muy desfav.	Regu.			
Muy favo. 0	Favo. -2	Regu. -5	Desfavo. -10	-12	-5	Desfavo. -30		
SIGNIFICADO DE LAS CLASES DE MACIZO ROCOSO								
TIEMPO DE MANTENIMIENTO	10 AÑOS PARA 5 m.	6 MESES PARA 4 m.	1 SEMANA PARA 3 m.	5 HORAS PARA 1.5 m.	10 MINUTOS PARA 0.5 m.		RMR (Bás.) 87	
COHESION	>30.66 Mpa	20.44 - 30.66 Mpa	15.33 - 20.44 Mpa	10.22 - 15.33 Mpa	< 10.22 Mpa		Corrección	
ANG. DE FRICCIÓN	>45°	40° - 45°	30° - 40°	30° - 35°	< 30°		-5	
DESCRIPCIÓN:	<i>La dirección de la labor minera esta en contra del set de familia con un buzamiento de 70°.</i> <i>Por lo que la condición geomecánica de esta labor es muy buena, y por lo tanto estable.</i>							
							RMR (Correg.) 82	
SUB - TIPO							IB MUY BUENA	
RECOMENDACIONES								

## 4.2. Análisis e Interpretación de la Información

### 4.2.1. Clasificación Geomecánica del Macizo Rocosó

Para la determinación de la calidad del macizo rocoso se realizó el mapeo geomecánico, en función a los parámetros anteriormente descritos.

**CUADRO N° 15: CALCULO DEL RMR PROMEDIO**

ESTACIÓN	TIPO DE ROCA/ MINERAL	RMR Básico	RMR Corregido	RMR Promedio
Est. 01	CALIZA	87	82	85

**CUADRO N° 16: CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO DE ACUERDO AL RMR  
(BIENIAWSKI – 1989)**

TIPO DE ROCA/ MINERAL	CLASE	SUB CLASE	CALIDAD
CALIZA	I	I-B	Muy Buena

**CUADRO N° 17: TIEMPO DE AUTOSOPORTE DE LAS LABORES MINERAS**

EST.	TIPO DE ROCA/ MINERAL	RMR SIN SOST.	TIEMPO DE AUTOSOSTENIMIENTO	SOSTENIMIENTO
Est. 01	CALIZA	85	3 AÑOS Y 8 MESES	Sostenimiento en caso los requiera, por el proceso de meteorización de la roca; realizando control preventivo.

### 4.2.2. DISCUSION DE LAS CLASIFICACIONES GEOMECHANICAS DE BIENIAWSKI (RMR) Y BARTON (Q)

En este caso referido al estudio Geomecánico de labores mineras subterráneas de JC Astilleros; la relación entre el RMR y Q, basado en la ecuación siguiente:

$$\mathbf{RMR = 9LnQ + 44}$$

Y de acuerdo a la teoría de Palmstron, obtenemos como resultado la siguiente ecuación:

$$RMR = 4.41 \ln Q + 49.76$$

Que se encuentra entre los rangos de dicha teoría.

**CUADRO N° 18: VALORIZACION DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN Q DE BARTON – BANDIS (Índice de Calidad Tunelera)**

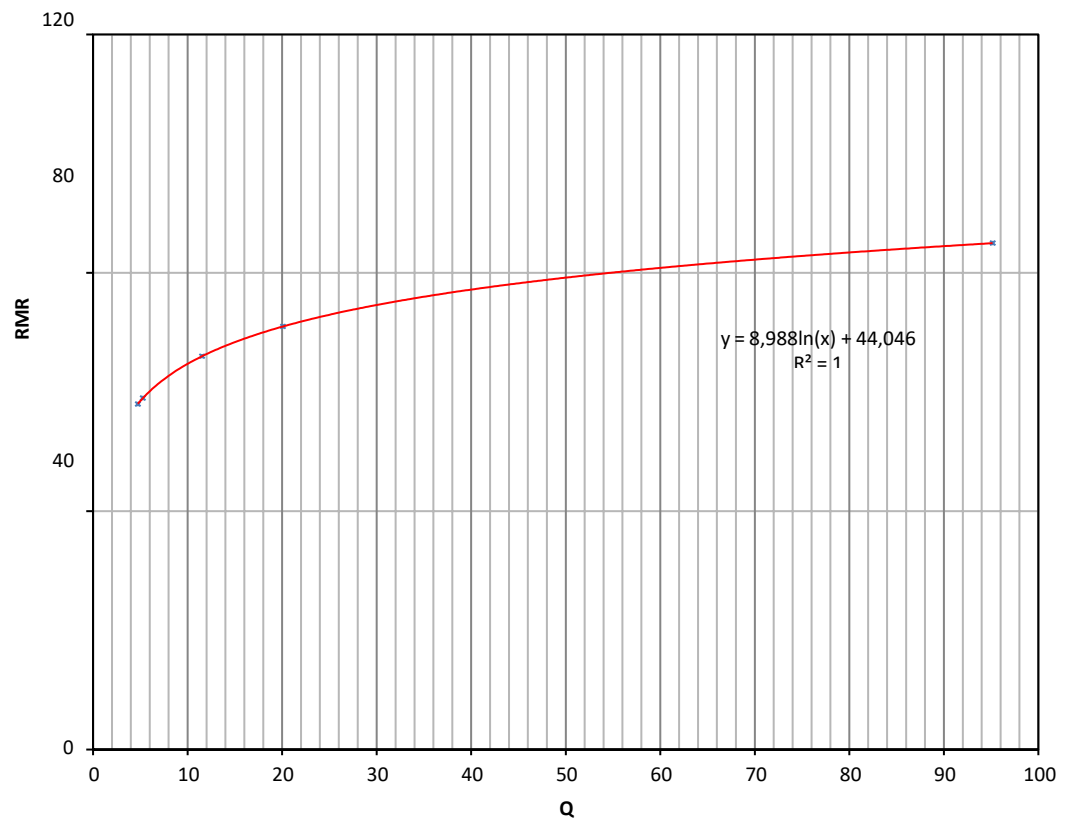
Est. 05

RMR	85
Q	95.16

**CUADRO N° 19: RELACION DEL RMR Vs. Q**

RMR	Q
85	95.16

**GRAFICO N° 03: RELACION DEL RMR Vs. Q**



### 4.3. Discusión de los Resultados

- De acuerdo al análisis de los datos de campo, laboratorio y gabinete, basados en el **ISRM** (Society Internacional For Rock Mechanic's), se determinó que el **RMR Básico** y el **corregido de la roca encajante varía** entre **87 - 82 (Tipo I-B)**.
- De acuerdo al criterio científico de Palmstrom la ecuación para la **CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01**, lo relacionado al **RMR y Q (Bieniawski – Barton)**, es  **$RMR = 8.988\ln(x)+44.046$** , dicho valor se encuentra dentro del rango establecido por esta teoría.
- En lo relacionado al tiempo de **autosporte sin sostenimiento**, para el caso de la **CALIZA** cuyo valor es 87 – 82, es de 03 años 08 meses.
- En lo referente al sostenimiento de acuerdo a los valores determinados por **Bieniawski (RMR)** y **Barton (Q)**, en el caso de la **CALIZA** es necesario el sostenimiento con cuadros de madera cuando se requiera.

### 4.4. Aportes de la tesista

Al realizar el trabajo de investigación se obtuvo los siguientes aportes:

- Es fundamental determinar el valor promedio de la calidad geomecánica de la roca predominante, en este caso la caliza, alrededor de la excavación para el respectivo análisis de esfuerzo-deformación en las secciones geológicas.
- Se obtuvieron buenos resultados durante el estudio geomecánico de las principales labores mineras subterráneas de la **CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01**, que especialmente ha sido estudiada para realizar el sostenimiento con cuadros de madera en caso lo requiera.

## CONCLUSIONES

- 1 De acuerdo al análisis de los datos de campo, laboratorio y gabinete, basados en el **ISRM** (Society Internacional For Rock Mechanic's), se determinó que el **RMR Básico** y el **corregido de la roca encajante varía** entre **87 - 82 (Tipo I-B)**.
- 2 De acuerdo al criterio científico de Palmstrom la ecuación para la **CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01**, lo relacionado al **RMR y Q (Bieniawski – Barton)**, es  **$RMR = 8.988\ln(x)+44.046$** , dicho valor se encuentra dentro del rango establecido por esta teoría.
- 3 En lo relacionado al tiempo de **autosoporte sin sostenimiento**, para el caso de la **CALIZA** cuyo valor es 87- 82, es de 03 años 08 meses.
- 4 En lo referente al sostenimiento de acuerdo a los valores determinados por Bieniawski (RMR) y Barton (Q), en el caso de la **CALIZA** es necesario el sostenimiento con cuadros de madera cuando se requiera

## RECOMENDACIONES

1. La capacitación del trabajador debe ser permanente, en vista que ellos serán los directos ejecutores de los estándares establecidos y el grado de involucramiento de parte de los mismos, de manera que se garantice el éxito de la implementación del estudio realizado.
2. Evaluar la posibilidad de utilizar el realizar inspecciones constantes para verificar e identificar los riesgos estructurales.
3. Realizar la evaluación de todos los frentes de trabajo para trabajar con seguridad en relación a la caracterización del macizo rocoso.
4. Para un buen desarrollo de las labores implementar en un futuro un área de geomecánica, para realizar levantamientos litológicos – estructural y velar por la estabilidad de las labores mineras subterráneas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **ALBA N., (2017)** “Ciclo de las Rocas \_ Geología”, Universidad de Antioquia, UdeA Medellín - Colombia.
- **ARIAS J., BELTRAN R., (2015)** “Estudio geomecánico de los estratos superiores al manto 20 para el diseño de las labores de explotación de la Mina Vista Hermosa ubicada en el Municipio de Cucuta, Norte de Santander”, Bucaramanga – Santander.
- **ARIAS S., BENAVIDES G., (2015)** “Determinación de la equivalencia entre el tiempo de exposición de lutitas en cámara climática y en condiciones de radiación solar de Bogotá”, Bogotá.
- **BETANCUR B., LÓPEZ A., (2019)** “Caracterización y clasificación geomecánica del macizo rocoso en el nivel veintiuno de la Mina la Maruja (Distrito Minero de Marmato, Caldas) para estimar las recomendaciones de estabilidad y soporte en la excavación y su correlación con las alteraciones hidrotermales”, Medellín – Colombia.
- **BONGORNIO F., BELANDRIA N., (2010)** “Clasificaciones geomecánica de los Macizos Rocosos según: Bieniawski Barton Hoek & Brown Romana”, Universidad de los Andes – Venezuela.
- **CAIZALUISA V., CRIOLLO S., (2015)** “Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el plan de cierre y liquidación de las canteras ubicadas en las parroquias de San Antonio de Pichincha (“Fucusucu III”) y de Píntag (“Esperanza”)”, Quito – Ecuador.

- **CCORAHUA B., (2016)** “La Geomecanica en el Sostenimiento en la Mina Ricotona Lambrama”, Puno – Perú.
- **CUYUBAMBA J., (2019)** “Zonificación geomecánica para optimizar el diseño de malla de perforación y voladura - Unidad Minera Parcoy - Consorcio Minero Horizonte S.A.”, Huancayo – Perú.

# ANEXOS



**ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIAS**  
**GEOMECAÁNICA PARA EL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES MINERAS SUBTERRÁNEAS EN LA**  
**CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01 – AÑO 2022**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>POBLACION</b>
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Tipo</b>	<b>Población y Muestra</b>
¿La geomecánica diseñará el sostenimiento de las labores mineras subterráneas en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01 – Año 2022?	Aplicar la Geomecánica para el diseño del sostenimiento de las labores mineras subterráneas en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01 – Año 2022.	La geomecánica diseña el sostenimiento de las labores mineras subterráneas en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01 – Año 2022.	Básica, utiliza, además, el método de observación y la noexperimentación, considerando la geomecánica con el fin de dar solución a los problemas planteados, específicamente de sostenimiento.	<p align="center"><b>POBLACION</b></p> <p>La población está constituida por las labores mineras subterráneas donde se diseñará el sostenimiento en base a la aplicación de la geomecánica en la CONCESIÓN MINERA JC ASTILLEROS N° 01.</p> <p align="center"><b>MUESTRA</b></p> <p>Son las labores mineras subterráneas de acceso donde se diseñará el sostenimiento para garantizar la seguridad.</p>
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Nivel y Método de la investigación</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿La caracterización del macizo rocoso incidirá en el diseño del sostenimiento de las labores mineras subterráneas?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la caracterización del macizo rocoso en el diseño del sostenimiento de las labores mineras subterráneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La caracterización del macizo rocoso incide en el diseño del sostenimiento de las labores mineras subterráneas.</li> </ul>	<p align="center"><b>NIVEL</b></p> <p>El nivel de investigación es descriptivo; porque se considera bajo conceptuales existentes.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Los procedimientos para la aplicación del RMR89 de Bienawski influirán en la determinación de la calidad del macizo rocoso?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar los procedimientos para la aplicación del RMR89 de Bienawski en la determinación de la calidad del macizo rocoso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los procedimientos para la aplicación del RMR89 de Bienawski influyen en la determinación de la calidad del macizo rocoso.</li> </ul>	<p align="center"><b>MÉTODO</b></p> <p>El diseño es no experimental – transversal, porque describe procesos en un tiempo condicionado.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿El elemento o sistema de sostenimiento recomendado influirá en la estabilidad de las labores mineras subterráneas?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar el elemento o sistema de sostenimiento recomendado en la estabilidad de las labores mineras subterráneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El elemento o sistema de sostenimiento recomendado influye en la estabilidad de las labores mineras subterráneas.</li> </ul>		

**Fuente: Elaborado por el Tesista**

**ANEXO N° 02: INGRESO A LA CONCESION MINERA JC ASTILLEROS N°01**

