



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS
DEL MACIZO ROCOSO PARA DETERMINAR EL TIPO DE
SOSTENIMIENTO EN LA UEA ANA MARIA – LA RINCONADA**
TRABAJO DE SUFICIENCIA DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

MIGUEL ANGEL MAMANI CRUZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERÚ

2019



NOMBRE DEL TRABAJO

**INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS
GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO
PARA DETERMINAR EL TIPO DE SOSTEN
IM**

AUTOR

MIGUEL ANGEL MAMANI CRUZ

RECuento de palabras

4189 Words

RECuento de caracteres

22263 Characters

RECuento de páginas

23 Pages

Tamaño del archivo

965.5KB

Fecha de entrega

Apr 18, 2023 8:39 PM GMT-5

Fecha del informe

Apr 18, 2023 8:40 PM GMT-5

● **11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 11% Base de datos de Internet
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Resumen



DEDICATORIA

Quiero empezar agradeciendo a Dios ya que me protege, ilumina y me da el valor para afrontar todos los retos de mi camino y cumplir uno de los objetivos de mi vida.

Quiero agradecer a mi madre Dominga, por haber confiado en mí y brindarme su apoyo en todo momento. Ella que siempre me demostró su amor corrigiendo mis errores y aplaudiendo mis éxitos, lo cual no tengo duda de que ha sido fundamental en mi camino.

A mi pareja Yovana, por el apoyo absoluto y las palabras de aliento para poder realizar este trabajo con éxito.



AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero expresarles mi agradecimiento a mis padres, ya que me dieron la vida, me proporcionaron la moral y la fortaleza necesarias para afrontar cada día, por estar siempre abiertos a mis ideas y ofrecerme su apoyo incondicional, y por hacer los sacrificios necesarios para que yo pudiera terminar mi formación profesional de ingeniero de minas.

Doy gracias a los profesores de la Escuela de Ingeniería de Minas que contribuyeron a formarme tanto académica como profesionalmente y siempre estuvieron disponibles para responder a mis dudas y disipar mis preocupaciones compartiendo sus conocimientos y experiencias personales.

Una parte de la información que he recibido y que utilizaré en mi desarrollo profesional se la debo a la Universidad Nacional del Altiplano Puno, mi alma mater, que me acogió en sus aulas a lo largo de mi desarrollo profesional.

Miguel Angel



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE TABLA	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
IV. DISCUSIONES	22
V. CONCLUSIONES	23
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	24

Área: Ingeniería de Minas

Tema: Geomecanica

FECHA DE SUSTENTACION: 15 de noviembre de 2019



ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Toma de datos en la ficha geomecánica	15
Tabla 2. Designación de la calidad de rocas (RQD).....	17
Tabla 3. Valoración del macizo rocoso (RMR).....	16
Tabla 4. Índice (Q).....	19
Tabla 5. Calculo de valor de GSI.....	19
Tabla 6. Resumen Estructural	20
Tabla 7. Tensión Principal Mayor σ_i	21
Tabla 8. Espaciamiento de soporte por pernos, ϕ taladro 40 – 45 mm.....	22



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Dominio geotecnia estación N° 1	20
FIGURA 2. Niveles de esfuerzo presentes en la estación N° 1	21



INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO PARA DETERMINAR EL TIPO DE SOSTENIMIENTO EN LA UEA ANA MARIA – LA RINCONADA

RESUMEN

Al explotar los subterráneos, los incidentes por desprendimientos rocosos son comunes y suelen ser graves e incluso mortales. Por esta razón, es crucial prestar más atención al caracterizar el macizo rocoso. Por ello, la finalidad del presente estudio es determinar la clase de sostenimiento necesario para el macizo rocoso del proyecto minero Morro-Pelado, utilizando el método descriptivo-aplicativo y empleando fichas de mapeo y ensayos de laboratorio para obtener información sobre la calidad rocosa y la clasificación geomecánica. Esta información es esencial para diseñar y ejecutar el sostenimiento adecuado a utilizar. Este estudio tiene como objetivo principal la identificación de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso y evaluar su caracterización geomecánica para aplicarla en el diseño del sostenimiento en las actividades de desarrollo de la unidad Ana Mara-La Rinconada. Para ello, se utilizarán enfoques tanto directos como indirectos, también ensayos en laboratorios para determinar sus propiedades. Según la RMR89, la calidad de dicho macizo rocoso del proyecto se encuentra entre roca regular (III) y roca buena (II). Asimismo, los dominios geotécnicos de la propiedad de la discontinuidad indicaron el tipo de fallo debido al efecto cuña, lo que llevó a la aplicación del tipo del sostenimiento por refuerzos activos en la construcción de cámaras y pilares por parte de los contratistas.

PALABRAS CLAVE

Geomecánica, sostenimiento, caracterización, discontinuidades, roca



ABSTRACT

When mining underground, rockfall incidents are common and are often serious and even fatal. For this reason, it is crucial to pay more attention when characterizing the rock mass. For this reason, the purpose of this study is to determine the kind of support necessary for the rock mass of the Morro-Pelado mining project, using the descriptive-applicative method and using mapping sheets and laboratory tests to obtain information on the rock quality and the geomechanical classification. This information is essential for designing and executing the proper support to use. The main objective of this study is to identify the geomechanical parameters of the rock mass and evaluate its geomechanical characterization to apply it in the design of support in the development activities of the Ana Mara-La Rinconada unit. For this, both direct and indirect approaches will be used, as well as laboratory tests to determine their properties. According to the RMR89, the quality of the project's rock mass is between regular rock (III) and good rock (II). Likewise, the geotechnical domains of the discontinuity property indicated the type of failure due to the wedge effect, which led to the application of the type of support by active reinforcements in the construction of chambers and pillars by the contractors.

KEYWORDS

Geomechanics, support, characterization, discontinuities, rock



I. INTRODUCCIÓN

Este estudio nace con la intención de evidenciar la influencia de la caracterización del macizo rocoso en los diseños de tipos de sostenimiento. A partir de su caracterización, se realiza su dimensionamiento y se elige la clase de sostenimiento para las explotaciones mineras, con la finalidad de entregarle seguridad al personal y de la maquinaria y disminuir el elevado índice de accidentes generadas las explotaciones de las minas subterráneas.

Dado que los recursos humanos están expuestos a situaciones peligrosas que pueden provocar accidentes mortales e incapacitantes durante los trabajos de acceso y explotación, es importante caracterizar el macizo rocoso y evaluarlo. Según datos facilitados por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), el 29% de todos los accidentes se atribuyen a la caída de rocas como efecto de poca prevención en cuanto a seguridad.

En ocasiones, la descripción de la región de investigación se relaciona con la identificación de áreas que experimentan cambios que afectan la fortaleza del conjunto de rocas circundante, así como su estabilidad o capacidad de mantenerse por sí mismo. Todo ello es influenciado por la cantidad de lluvia que se produce en la zona, la cual varía entre 0,2 y 17,3 mm durante las temporadas de precipitación, así como por la infiltración de agua en los acuíferos subterráneos (SENAMHI, 2014).

El propósito de caracterizar el macizo rocoso, así como de realizar su evaluación es ofrecer la mayoría de los estudios que se han realizado como resultado del desarrollo de la geomecánica, fecha en la caracterización de una zonificación del sitio que se formará para una solución rápida, pero no se han resuelto mediante un modelo conveniente que necesite un estudio sobre la caracterización. Es importante señalar que no se encontraron referencias en la literatura que se buscó. Mientras se desarrollaba la metodología para su caracterización, se consideró necesario tener en cuenta tanto las características mecánicas



como estructurales del mismo, a fin de obtener una representación más precisa de su comportamiento. Esto contrasta con la clasificación geomecánica existente, como las de Deere y Barton, que solo clasifican las rocas según estas metodologías, y no ofrecen el modelo geomecánico completo (Maday 2006).

Amanqui (2009), la evaluación geomecánica de los macizos rocosos es esencial para seleccionar y dimensionar los sostenimientos. Su estudio es crucial debido a su impacto directo en la prevención de accidentes por desprendimientos de rocas, por lo que es importante prestar atención a este aspecto.

Luis (2014), señala que los distintos grupos de discontinuidades presentes en el macizo rocoso son las que examinan su resistencia o deformabilidad de todos los macizos. Estos grupos de discontinuidades se diferencian entre sí por sus características u orientación, o por su combinación.

Según Canchari (2015), los índices de clasificación RMR (Bieniawski, 1989) tienen una confiabilidad del 95%, después de analizarlo y aplicarlo.

Por otro lado, Ccoa (2015), afirma que, al aplicar la geomecánica para caracterizar las rocas y la recopilación de datos en campo, junto con el uso de los softwares DIPS, se identificaron tres grupos de discontinuidades. Esto se puede observar en el diagrama de polo, frecuencia y roseta.

Zorrilla (2015), la ingeniería de minas actual adoptó la geomecánica considerándola como un instrumento tecnológico esencial para garantizar las condiciones óptimas sobre seguridad o eficiencia al excavar los túneles, cavernas u otros.

Ccapa (2016), indica que una característica geomecánica es utilizada para aplicar metodologías empíricas, analíticas y numéricas con el objetivo de analizar y recuperar gran cantidad como sea posible de mineral.



Chura (2016), el valor del índice Q de Barton está fuertemente asociado con la calidad de las rocas y sugieren la clase de sostenimiento adecuado para utilizar. En este caso, se recomienda emplear un sostenimiento mediante refuerzos activos de pernos del anclaje con una longitud de 1,8 m. o 6 pies distanciados con 1,5 y 3 m., empernados puntual o sistemáticamente sin refuerzos de concretos lanzados.

Condori (2010), menciona que el parámetro geomecánico tienen un comportamiento directamente relacionados con el plano de fracturamiento. Las principales técnicas de discontinuidades dominantes se caracterizan por un par de familias y otras aleatorias, que en casi todos los casos son paralelos al plano estratificado.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Ámbito de estudio.

Políticamente, la mina del contrato minero Peyols está situada en la región de Ananea del departamento de Puno, provincia de San Antonio de Putina.

Características físico – mecánicas de la matriz rocosa.

Fundamentalmente, tiene que ver con las variables que deben evaluarse, reconocerse en el mundo real y tenerse en cuenta al diseñar el soporte.

Densidad (ρ) Se determina dividiendo la masa de la muestra por su volumen.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Humedad (ω) Se comparan el peso tanto de la roca sólida como del agua dentro de la roca.

$$\omega = w_w/w_s$$



Porosidad (η) se define como la relación del volumen del espacio vacío con y el volumen total.

$$\eta(\%) = \frac{V_v}{V_m} \times 100$$

Alterabilidad. se refiere a la capacidad de las rocas para sufrir cambios físicos y químicos cuando está expuesta a fenómenos atmosféricos.

Permeabilidad (k) una característica de la hidráulica de la roca que afecta a los flujos de agua mediante su matriz.

Caracterización del macizo rocoso

En esta caracterización interceden diversos parámetros, los cuales intervienen en los comportamientos de los macizos rocosos.

Parámetros en discontinuidades

Número de discontinuidades.

La cantidad de discontinuidades se realiza por los números de familias (ISRM, 1981)

Orientación. viene determinada por las estructuras del plano de falla, fracturas, juntas, planos de sedimentación, foliación o la orientación de buzamiento de la esquistosidad, comúnmente denominada dip-dir.

Espaciado. es la distancia perpendicular entre el plano de discontinuidad, y esto influye en el volumen del bloque de roca resultante. (Ferrer *et. al.*,1999)

Rugosidad. se relaciona con la resistencia a cortes (τ) entre la pared de una fractura, y se influencia por factores, como es el caso de la separación de las paredes o la presencia de



rellenos suaves. Se debe a imperfecciones en las paredes de la fractura, que pueden ser causadas por minerales o planos de foliaciones y esquistosidad. (Ferrer *et. al.*, 1999).

Alteración. Para medir la alteración de los macizos rocosos, se evalúa el nivel de meteorización que ha sufrido, y en algunos casos puede ser necesario romper bloques de rocas para observar el nivel de alteración (ISRM 1981).

Diseño de sostenimiento

Parámetros geomecánico por evaluación.

La evaluación de los trabajos ayuda a crear diseños de soporte adecuado y tiene en cuenta estos factores: calidad, fijeza estructural, tensión en el lugar objetivo, consideraciones de seguridad, parámetro mecánico.

Parámetro operativo

asociada a la usanza de del trabajo, se encuentran:

Tiempo de usabilidad, capacidad de las cargas, calidad de soporte, aspecto de seguridad, tamaño y rentabilidad

Elementos de sostenimiento

Perno de anclaje mediante adherencia, barniz, cartuchos, cementos e inyecciones.

Pernos de anclaje por fricción, cargas altas, pernos mecánicos, cargas bajas, *Split set* y *Swellex*.

Elemento de soporte: Shotcrete, cartucho y simbra, cuadro de madera, soporte puntal Mallas.



Método

En este estudio, las caracterizaciones de los macizos rocosos se reducen a 700 m de longitud, con secciones de 3 x 3 m, y se aplica la investigación activa de los aspectos justificativos y descriptivos. Su enfoque será descriptivo.

Instrumentos de recolección de datos

Los datos se recogen mediante la cartografía de estaciones geomecánicas, donde se encuentran todos los parámetros geomecánicos necesarios para el estudio. Con ellos se consiguen las variables y rasgos que caracterizan las condiciones de los macizos rocosos.

Martillo de geólogo (picsa): Su finalidad es calibrar la dureza global de las rocas.

Flexómetro: se usa para medir la longitud de la discontinuidad.

Laptop: Herramienta donde es procesada la información obtenida.

Brújula: sirve para medir azimut.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la recopilación de datos por mapeos geomecánicos por estaciones, en la zona morro pelado, donde se adquirieron todas las propiedades geomecánicas necesarias para esta investigación. Proporcionan la información necesaria para determinar aquellos parámetros y rasgos que caracterizan las condiciones de los macizos rocosos. Ver la siguiente tabla

Tabla 1.

Toma de datos en la ficha geomecánica

Estación Geomecánica									
Litología	pizarra	Formación			Sandia	Fecha		01/09/2015	
Coordenadas	X:451				Y:8 383 394			Z:4842	
Dirección de labor: 85°									
Medidas				Lectura					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9



Tipo de plano	J	J	J	E	J	J	J		
Dip. Buz. (DIP-)	172	60	106	170	153	75	98		
Buzamiento (DIP)	77	28	36	3	81	61	40		
Espaciado									
> 2000 mm					X	X			
600 – 2000 mm	X						X		
200 – 600 mm	X		X	X					
< 60 mm									
Continuidad									
< 1 m	X	X	X		X	X	X		
1 – 3 m				X					
10 – 20 m									
Apertura									
Nada			X	X		X	X		
< 0.1 mm	X	X			X				
0.1 – 1.0 mm									
1 – 5 mm									
> 5 mm									
Rugosidad									
Ondulación	LR	S	LR	LR	LR	LR	LR		
JRC	4-6	3	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6		
Metor. Juntas									
Grado	II	II	II	II	II	II	II		
Agua									
Seco									
Húmedo	X	X	X	X	X	X	X		
Goteando									
Relleno									
Naturaleza	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX		
Espesor mm	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1		
Martillo schmidt					Media				
Matriz									
Juntas	22	32	36	30	32	31			
	30	34	34	32	30				
		JCS MPa					22		
Datos para RQD									
Fracturas / metro				Δ				11	
Juntas / m3				Jv					
Ensayo Tilt-Test				ϕ Básico					

Fuente: Jorda, L.2012. Casos reales de geomecánica aplicada a la minería,

Tabla 2.

Valoración del macizo rocoso (RMR)

Parámetros		Rango de valores							Σ
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
	Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5- 25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa	4
VALOR			15	12	7	4	2	1	0

2	RQD	90-	75-90%	50-75%	25-50%	25%	13
	Valor	20	17	13	8	3	
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	6-20 cm	< 6 cm	10
	Valor	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
		Valor	6	4	2	1	0
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0,1-1,0	1-5 mm	> 5 mm
		Valor	6	5	3	1	0
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
		Valor	6	5	3	1	0
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm
		Valor	6	4	2	2	0
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
		Valor	6	5	3	1	0
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5
		Condiciones generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo
		Valor	15	10	7	4	0
SUBTOTAL							54
		Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Σ
Valoración para	Túneles	0	-2	-5	-10	-12	-5
	Cimentación	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60	
TOTAL							49
CLASE		I	II	III	IV	V	
Calidad		Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala	
RMR		81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	0 - 20	
Cohesión MPa							0,24
RMR estación							49 - III

Fuente: Jorda, L.2012. Casos reales de geomecánica aplicada a la minería.

De la tabla 1 se puede apreciar que se realiza unas 7 lecturas las cuales tienen como resultado el tipo de plano contempla casi en su totalidad que son juntas con distinto tipo de buzamiento entre el espaciado se tiene datos que son mayores de 60 mm con una continuidad que son menores a 1m con apertura menores a 0.1 mm en algunas lecturas nada, con respecto al agua está considerado como húmedo.



También se puede apreciar un resultado de fracturas/metro es igual a 11.

De la tabla 2 de la valoración del macizo rocoso (RMR) se tiene en la resistencia de las rocas intactas tenemos un valor de 25-50 Mpa así mismo se obtuvo un valor para el RQD que la calidad de roca es de 50-75% correspondiendo el valor numérico 13, teniendo espaciado de las discontinuidades entre 0.2 – 0.6 m. el cual le corresponde un valor numérico de 10, para el caso del estado de discontinuidades se realiza una sumatoria de varios factores tales como su longitud, abertura, doblez, relleno y alteración a las cuales se les da un valor y la sumatoria del valor numérico corresponde a 20, teniendo como última valoración el flujo de agua en las juntas el cual fue evaluado como húmeda teniendo un valor numérico de 7, teniendo todos estos datos de valor numérico se tiene un subtotal que es igual a 54 posterior a eso se realiza la valoración para túneles considerado como medio y su valor numérico es -5 el cual se tiene que restar con el subtotal y nos da una valoración de RMR de 49 el cual es revisado de acuerdo a la tabla le corresponde al valor de RMR en esa estación es clase III calidad media RMRM que esta entre 41-60 con una cohesión de 0.24 Mpa.

Tabla 3.
Designación de la calidad de rocas (RQD)

Estación Geomecánica					
Litología	pizarra	Formación	Sandia	Fecha	01/09/2015
Coordenadas	X:451 900		Y:8 383		Z:4842
	Dirección de labor: 85°				
	RQD				
Fracturas / metro		λ			11
RQD		%			70
Calidad de roca		50 - 75			Regular

Fuente: Jorda, L.2012. Casos reales de geomecánica aplicada a la minería.

Tabla 4.
Índice (Q)

Estación Geomecánica								
Familia	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	Q Est.
1	70	6	1,5	2	1	2,5	3,5	
2	70	6	1,5	2	1	2,5	3,5	4,67
3	70	3	1,5	2	1	2,5	7	
CLASIFICACIÓN FINAL Q								
Calidad			Valoración			Estación Q		
Excepcionalmente malo			< 0.01					
Extremadamente malo			0.01 – 0.1					
Muy malo			0.1 – 1			4,67		
Malo			1 – 4					
Medio			4 – 10					
Bueno			10 – 40			Medio 4 – 10		
Muy bueno			40 – 100					
Extremadamente bueno			100 – 400					
Excepcionalmente bueno			> 400					

Fuente: Jorda, L.2012. Casos reales de geomecánica aplicada a la minería.

Tabla 5.
Cálculo de valor de GSI

Estación Geomecánica		
DATA	RMR89 > 23	9 lg Q + 44
	49	4.67
GSI	44	50

Fuente: Chura Lope, 2016 Tesis.

Según lo descrito en las tablas, el RMR89 se considera el mejor indicador para caracterizar la roca y el macizo rocoso, pero se requiere un análisis detallado de las etapas geomecánicas. En cuanto al índice Q, es necesario un análisis más exhaustivo para su uso en el diseño de obras lineales. Aunque el RQD se considera buen evaluador a la calidad de los macizos rocosos, no es un indicador confiable para el diseño de sistemas de sostenimiento.

Modelamiento estructural en estadía geomecánica

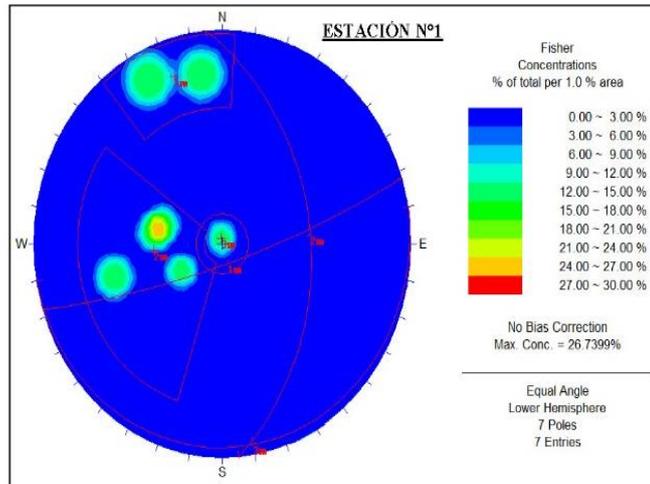


FIGURA 1. Dominio geotecnia estación N° 1

Fuente: Wilber Chura L. (2016)

De a figura 1 del dominio geotecnia se obtiene los siguientes resultados.

Ver tabla 6.

Tabla 6.

Resumen Estructural

N° familias interceptas	Tipo de falla	Sostenimiento
	Techo /pared	
3	cuña	si

Modelamiento deformacional de las labores en estadía geomecánica

Para llevar a cabo el proceso, se utiliza el software PHASES, aunque se debe considerar la posibilidad de deformación para garantizar una expulsión adecuada y segura de la cuña.

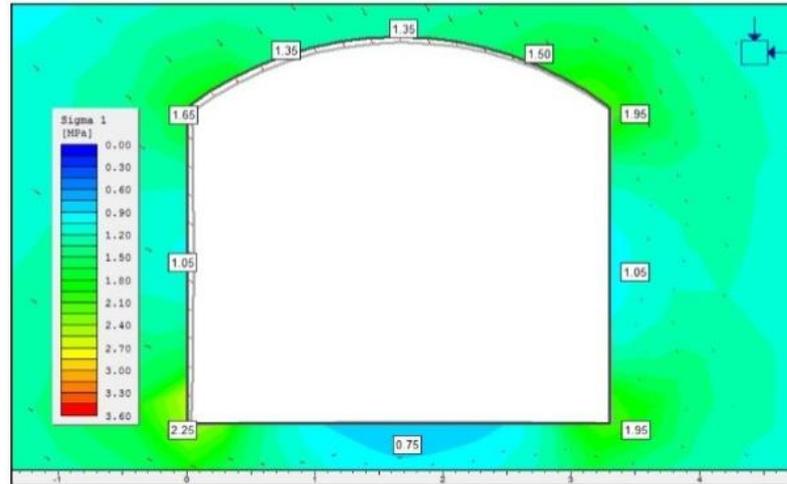


FIGURA 2. Niveles de esfuerzo presentes en la estación N° 1
Fuente: Wilber Chura L. (2016)

De la figura 2 niveles de esfuerzos presentes se tienen los siguientes resultados.

Tabla 7.
Tensión Principal Mayor σ_i

Hastial derecho (Mpa)	Corona o techo (Mpa)	Hastial izquierdo (Mpa)
1.05	1.36	1.05

Diseño del sostenimiento

Con el fin de proteger los recursos humanos y la integridad de la maquinaria empleada en los trabajos de preparación y extracción, es crucial considerar el estado geomecánico de los macizos rocosos al diseñar el soporte para cuñas o bloques irregulares. Dado que los estudios son la única forma de acceder a este diseño, los parámetros clave para su determinación deben ser evaluados secuencialmente a través del análisis y decisión a tomar al momento de ejecutarlo.

Elementos de sostenimiento

Aunque la relación entre los macizos rocosos y los elementos de apoyo no siempre es evidente, sigue siendo crucial para el diseño del apoyo. Realizando una investigación basada en mediciones in situ, podemos mejorar la correlación.

Por adherencia: se aplica soportes activos que presionan temporalmente los macizo mediante elementos de soporte específicos, de las que tenemos:

Perno helicoidal: es un elemento de soporte que consiste en un barrote de acero que tiene un hilo helicoidal izquierdo y está fijado con placa. Para mejorar su anclaje en su longitud, se complementa inyectando concretos o resinas.

Pernos de anclaje: utilizan cartucho de resinas activantes que reaccionan químicamente para lograr su total endurecimiento y, de esta forma, lograr su adherencia al macizo.

Por refuerzo: se utilizan los valores de Q de Barton, NR, Lien R y Lunde (1974) para determinar las dimensiones adecuadas en base a las tablas de diseños de sostenimiento. La variable fija en este caso es el ancho de la labor, establecido en 3,3 m.

Tabla 8.

Espaciamiento de soporte por pernos, ϕ taladro 40 – 45 mm.

Sección (m)	Espaciado de pernos sin Shotcrete	Q/Calidad
3,3	1,5 a 2,0 m	4,67 media

Fuente: Wilber Chura L. (2016)

De lo que se deduce que la distancia media entre el elemento de apoyo y el macizo rocoso está entre 1,5 y 2,0 metros, la buena calidad Q está entre 2,0 y 3,0 metros, y la muy buena calidad Q está entre 3,0 y 3,50 metros. Esto es ventajoso para la relación de la calidad geomecánica de las masas rocosas y el componente de apoyo, en ciertos casos, también determina si el agua fluirá a través de la obra directamente.

IV. DISCUSIONES

Teniendo en cuenta la revisión de varias tesis, concuerdo en que el RMR89 de Bieniawski y los valores del índice de Q de Barton, son indispensables al caracterizar el material, el cual entrega una clase de sostenimiento más adecuado, se pudo evidenciar



con nuestra investigación y comparando a la investigación de cruzado (2017) se evidencia que en ambos casos se encontró un tipo de roca regular (tipo III)

V. CONCLUSIONES

Según las clasificaciones geomecánicas RMR89 de Bieniawski, la evaluación realizada en este proyecto indica una calidad regular del tipo III en la pizarra y una buena calidad del tipo II en la cuarcita. En las dos calidades de rocas, el dominio estructural de la caracterización geomecánica muestra el mecanismo de fallas tipo cuña por el comportamiento de 2 o 3 familias de discontinuidades presentes.

En cuanto al refuerzo activo, se han utilizado pernos de anclaje que tienen una longitud de 1,8 m. y separación de 1,5 y 3 m., atornillados de manera puntual y sistemática sin necesidad de refuerzo de hormigón proyectado. El valor del índice Q de Barton está altamente relacionada con la calidad de las rocas y sugieren la clase de sostenimiento a emplear.

Como el proyecto aún está en proceso, se han utilizado pernos helicoidales que tienen 19 mm. (diámetro) y 1,8 m. (longitud), los cuales tienen gran resistencia a las fluencias y a las tracciones entre 14 y 19 MT. Además, se han instalado cartuchos encapsulantes con resinas y cementos según la zona a soportar.



VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Calderón, M. A. (2018). *Caracterización geomecánica para la determinación del tipo de sostenimiento en la galería gavilán de oro de la U.E.A. Ana María*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Chura, L. W. (2016). *Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la unidad económica administrativa Ana María – la Rinconada*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Medina, V. H. (2017). *Diseño de cámaras y pilares basado en las características geomecánicas del macizo rocoso en la Corporación Minera Ananea S.A.* Universidad Nacional del Altiplano.
- Pantaleón, H., & Carbajal, C. (2017). *Evaluación geomecánica para el dimensionamiento, secuencia de minado y relleno de tajeos de una mina subterránea. (Tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/12
- Córdova R. D. y Colaboradores *Mecánica de Rocas Aplicada a la Mina Juanita” Inf. N° 024 – 87/DMR – INGEMMET, Lima – Perú, 1987.*
- Córdova R.D. (2010). *Evaluación Geomecánica para el método de minado del Cuerpo Esperanza B – Mina Maria Teresa – Minera Colquisiri S.A., Perú: Informe Técnico*
- Córdova, R.D. (2010). *Evaluación Geomecánica para el Minado del Mineral Remanente del Underpit de la U.E.A. Graciela*. Lima, Perú: Informe Técnico.
- Cuadros J. y Córdova D. (2011). *Dimensionamiento Geomecánico de Tajeos de Mina Chupa – Unidad Minera Iscaycruz XXV Conv. Ing. Minas.*
- Weiss F. y Córdova D. (1991). *Influencia de las condiciones naturales en la selección del método de explotación en minería subterránea”*. Lima, Perú Informe INGEMMET.