UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

INFORME DE EXAMEN PROFESIONAL

"DETERMINACION DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE LAS CLASIFICACIONES GEOMECANICAS GSI, RMR Y Q DE BARTON EN LAS LABORES DE LA UNIDAD MINERA SAN ANTONIO – COMPAÑÍA MINERA CHASPAYA S.A.C. 2021"

PRESENTADO POR:

Bach. Robert Antony Vega Quispe

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

INFORME DE EXAMEN PROFESIONAL

“DETERMINACION DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE LAS CLASIFICACIONES GEOMECANICAS GSI, RMR Y Q DE BARTON EN LAS LABORES DE LA UNIDAD MINERA SAN ANTONIO – COMPAÑÍA MINERA CHASPAYA S.A.C. 2021”

Examen Profesional aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N°505-2022-UNAM, de fecha 15 de julio de 2022.

ASESOR .....
MSc. Agapito Flores Justo

BACHILLER .....
Robert Antony Vega Quispe

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
FEDATARIO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 024

ACTA DE TITULACIÓN

I. Modalidad:

Examen Profesional

II. Documento de aprobación:

Resolución de Comisión Organizadora N° 505 - 2022 - UNAM

Fecha: 15 - 07 - 2022

III. Título de Informe de Examen Profesional:

"DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE LAS CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS GSI, RMR Y Q DE BARTON EN LAS LABORES DE LA UNIDAD MINERA SAN ANTONIO - COMPAÑIA MINERA CHASPAYA S.A.C. 2021"

Bachiller: Robert Antony, VEGA QUISPE

Asesor Principal: Msc. Agapito, FLORES JUSTO

Co-Asesor :

IV. Se dictamina con las siguientes notas:

Examen Escrito: 11 Entrevista: 0 Promedio: 11

Promedio en letras: Once por lo que: Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 08:45 horas, del 09 de septiembre del año 2022 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado.

Dr. Marcos Luis, QUISPE PÉREZ
Presidente del comité de grados y títulos
de Examen Profesional
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Dr. Arquímedes León VARGAS LUQUE
Director
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Robert A., VEGA QUISPE
Bachiller

Msc. Agapito, FLORES JUSTO
Asesor
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho esfuerzo a mis padres, por el apoyo incondicional en todo momento, desde inicio a fin por motivarme también constantemente para cada uno de los anhelos míos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Moquegua por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente, de igual forma a mi Asesor y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por los conocimientos adquiridos a lo largo de esta ardua etapa.

A mis compañeros y amigos que a lo largo de esta formación también culminan con esta etapa, agradecerles por su apoyo y constancia durante todo el tiempo estudiado.

.

Robert Antony Vega Quispe

AGRADECIMIENTO

El informe de Examen Profesional se realizó con la finalidad de demostrar los fundamentos y criterios teóricos al ejecutar los estudios geomecánicos para poder determinar el tipo de sostenimiento que requiere según indiquen las características del macizo rocoso, para así poder desarrollar las operaciones de una manera más eficiente y segura en minería subterránea.

Dicho informe se compromete a enfatizar la real importancia que se tiene al realizar este tipo de control con el macizo rocoso, que no solo va a permitir la seguridad e integridad de cada uno de los trabajadores de dicha minera sino también a mantener la operatividad en forma óptima en las labores mineras de la Unidad Minera de San Antonio de la Compañía Minera Chaspaya.

Dicho informe está orientado a compartir y describir las distintas etapas que se tomaron para el desarrollo. Finalmente, mediante el estudio de las distintas clasificaciones geomecánicas se pudo realizar la determinación del tipo de sostenimiento.

Palabras claves: Geomecánica, sostenimiento, cuadros de madera, RMR, calidad de mineral, operaciones mineras.

ABSTRACT

The Professional Examination report was carried out with the purpose of demonstrating the fundamentals and theoretical criteria when carrying out geomechanical studies in order to determine the type of support required according to the characteristics of the rock massif, in order to develop operations in a more efficient and safe way in subway mining.

This report is committed to emphasize the real importance of carrying out this type of control with the rock massif, which will not only allow the safety and integrity of each of the workers of this mining company, but also to maintain the optimal operation of the mining works of the San Antonio Mining Unit of the Chaspaya Mining Company.

This report is oriented to share and describe the different stages that were taken for the development. Finally, through the study of the different geomechanical classifications, it was possible to determine the type of support.

Key words: Geomechanics, support, timber frames, RMR, ore quality, mining operations.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO IV
ABSTRACT V
ACRONIMOS Y ABREVIATURAS 1
INTRODUCCIÓN 2

1. CAPÍTULO I 3

ASPECTOS GENERALES 3

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA / INSTITUCIÓN 3
1.1.1. Ubicación 3
1.1.2. Accesibilidad 4
1.1.3. Visión y misión 5
1.1.4. Historia 5

2. CAPÍTULO II 6

DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA 6

2.1. CLASIFICACION GSI 7
2.2. CLASIFICACIÓN DEL RMR (ROCK MASS RATING) 11
2.3. METODOLOGÍA 21
2.3.1. OBSERVACIÓN DIRECTA 21
2.3.2. TRABAJO EN CAMPO 22
2.3.3. TRABAJO EN GABINETE 23
2.3.4. PARA EL ANALISIS DE DATOS 24
2.3.5. APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS 25

3. CAPÍTULO III 29

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS 29

3.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES 29
3.2. ANTECEDENTES NACIONALES 30
3.3. OBJETIVOS 33
3.4. JUSTIFICACION 33

4. CAPÍTULO IV 35

DISCUSIÓN Y/O APORTES 35

4.1. ANALISIS 35
4.1.1. Caracterizacion Geomecanica de la masa rocosa. 35
4.1.2. Factores que controlan la estabilidad de las excavaciones. 36
4.1.3. Diseño de sostenimiento para labores de 2.00m x 2.50m 37

4.1.4. Evaluación geomecánica *37*
4.1.5. Sostenimiento para labores de 2.00m x 2.50m *38*
4.1.6. Especificaciones *39*
4.2. CON LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO 39
4.2.1. Valoración del Q de Barton *40*
4.2.2. Cálculo del RMR a partir del Q de Barton *41*
4.2.3. Cálculo del tipo de sostenimiento *41*
4.2.4. Conclusión del caso *42*

CONCLUSIONES 43

RECOMENDACIONES 44

BIBLIOGRAFÍA 45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización nacional y departamental de Unidad Minera Chaspaya - Proyecto Minero "El Nuevo Sureño" 3
Figura 2. Grafica de caracterización y clasificación del macizo rocoso, condiciones de superficie y estructura – GSI. 8
Figura 3. estimación del GSI para macizos heterogéneos como flysch 9
Figura 4. Sistema de clasificación del RMR 12
Figura 5. Estimación del terreno en la resistencia a la compresión uniaxial 13
Figura 6. Calidad del macizo roco según el RQD 14
Figura 7. Perfiles para la obtención de JRC 16
Figura 8. tiempo de auto-soporte versus luz de túnel 18
Figura 9. Peine de Barton y martillo de schmidt 22
Figura 10. Recorrido e inspección de labores 23
Figura 11. Toma de datos para gabinete 24
Figura 12. Secuencia para el análisis de datos 24
Figura 13. Jerarquía de análisis de datos 25
Figura 14. Laptop que se utilizo 26
Figura 15. Brújula Brunton 26
Figura 16. Peine de Barton 27
Figura 17. Picsa o martillo de geólogo 27
Figura 18. Cuaderno para toma de datos 28
Figura 19. Diseño de sostenimiento en labores subterráneas SPM 36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Accesibilidad a la Unidad Minera Chaspaya 4
Tabla 2. Valores del espaciamiento de juntas o discontinuidades..... 14
Tabla 3. Puntuación de la persistencia según su longitud 14
Tabla 4. Puntuación de la apertura según la separación de caras 15
Tabla 5. Grado y rango del tipo de relleno..... 16
Tabla 6. Clasificación del macizo rocoso a partir del Rock Mass Rating (RMR) 17
Tabla 7. Primer parámetro – Calculo de R.Q.D. (%) 20
Tabla 8. Segundo parámetro – Cálculo de la familia de diaclasas Jn (fisuras) . 20
Tabla 9. Tercer parámetro – rugosidad de las diaclasas JR. 20
Tabla 10. Aplicación de técnicas e instrumentos a utilizar 22
Tabla 11. Tipos de labores de avance en la zona estudiada 37
Tabla 12. Tipos de labores de avance en la zona convencional..... 38
Tabla 13. Sostenimiento de labores permanentes según tipo de roca 39
Tabla 14. Valoración del Q de barton 40
Tabla 15. Clasificación del macizo rocos según el parámetro Q 40
Tabla 16. Clasificación geo mecánica final de bieniawski..... 41

ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

SIST : Sistemas

Cu, Mo, Ag : Cobre, molibdeno, plata

GSI : Geological Strength Index

RMR : Rock Mass Rating

U. M. : Unidad Minera

IPERC : Identificación de Peligros Evaluación de Riesgos y Controles

SAC : Sociedad Anónima Cerrada

TJ : Tajeo o tajo

P&H : Palas Hidráulicas

RP : Rampa

NV : Nivel

PHVA : Planear, hacer, verificar y actuar

MIS : Sistema de información mina

SBC : Seguridad basada en el comportamiento

RSSO : Reglamento de seguridad y salud ocupacional

RPM : Revoluciones por minuto

INTRODUCCIÓN

Mediante el uso de las clasificaciones geomecánicas del índice de resistencia geológica GSI, RMR y Q de Barton, que juegan un papel crucial en las operaciones mineras al disminuir los accidentes, esta investigación tiene como objetivo definir el tipo de apoyo a emplear en las labores de la unidad minera San Antonio (incapacitante y fatal). La unidad minera San Antonio ha experimentado daños materiales (en edificios y equipos), así como paradas de proceso (operaciones). Siendo una herramienta muy útil, y con estas clasificaciones se podrán obtener resultados favorables, con estas clasificaciones se obtendrán datos más favorables a la hora de elegir el tipo de sostenimiento a utilizar, permitiendo determinar la calidad del macizo rocoso, cuya finalidad es dividir las características similares como: litología, tipo de estructura, resistencia, espaciamiento de juntas, entre otras.

Es importante conocer los factores que ocasionan los accidentes de este tipo, por lo que, se debe partir con el conocimiento general del yacimiento y ésta información debe ser difundida entre todos los trabajadores que realizan labores en sus frentes de trabajo; no se debe escatimar esfuerzos y reconocer que, la explotación minera es el resultado del trabajo de mineros, geólogos, topógrafos, entre otros., y ellos deben tener el total conocimiento de la zonas donde diariamente se exponen, por lo tanto, la información de las características del macizo rocoso, debe complementarse con el entrenamiento en campo, a fin de realizar actividades de desate completo de las dichas labores. El desarrollo de los controles para prevenir la ocurrencia de caída de rocas es un trabajo desplegado entre las jefaturas de las áreas operativas, quienes responsablemente deben asumir la dirección de las operaciones, con conceptos de autoestima, liderazgo, compromiso y respeto a la vida. Es importante desarrollar programas de inspección, de realizar mapeos Geomecánicos en toda la unidad minera, ya que las clasificaciones geomecánicas son herramientas de control y que provee información pertinente, y así evitar los problemas y prevenir la caída de rocas.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA / INSTITUCIÓN

1.1.1. Ubicación

La mina de Chaspaya es una mina de cobre subterránea que opera en el sur del Perú. La Minera Chaspaya tiene oficinas en la Urbanización Liberación Mza 22 Lt 04 con referencia al Hotel Las Lomas y está situada en la Región Moquegua, Provincia de Ilo, y Distrito de Algarrobal, a una altura de 350 a 750 metros sobre el nivel del mar.

Geográficamente, la operación minera "El Nuevo Sureño" está situada en la cima del cerro Chilatilla, en el lado norte del valle de Ilo, en la costa sur del Perú. La quebrada Sicatilla, la quebrada Zaparito, el borde norte del valle de Algarrobla, la planicie propiedad de SPCC y la quebrada Zaparito son los límites del área efectiva del proyecto minero por el norte, este y oeste, respectivamente.(MiningPress, 2016)



Figura 1. *Mapa de localización nacional y departamental de Unidad Minera Chaspaya - Proyecto Minero "El Nuevo Sureño"*
Fuente: Reporte geológico del proyecto minero “El nuevo sureño”

1.1.2. Accesibilidad

El acceso a la Unidad Minera se realiza a través de una carretera afirmada de 13 Km de la carretera de Pueblo Nuevo – Fundición por cuidad Jardin. Partiendo desde cualquier punto del Perú, se debe llegar al departamento de Moquegua y Provincia de Ilo. (Salazar Muñoz et al., 2016). Las accesibilidades promedias son:

Moquegua – Ilo : 94 Km.

Ilo – Ciudad Jardín : 5.5 Km.

Ciudad Jardín – U.M. : 13 Km.

Ubicación política

Distrito : Algarrobal

Provincia : Ilo

Departamento : Moquegua

Tabla 1.

Accesibilidad a la Unidad Minera Chaspaya

TRAMO	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (HRS)	TIPO DE VÍA
Moquegua – Ilo	94	45 min	Asfaltada
Ilo – Ciudad jardín	5.5	5 min	Asfaltada
Cuidad Jardín – U.M.	13	18 min	Trocha

Fuente: Elaboración propia (SALAZAR MUÑOZ, 2012)

1.1.3. Visión y misión

1.1.3.1. Visión y misión de Chaspaya

Visión

Ser una empresa extractiva ambiental y socialmente responsable, teniendo en cuenta la rentabilidad de la empresa y poniendo énfasis en incrementar el valor de competencias técnicas y conductas de sus colaboradores. Además, mantener una relación armoniosa con los grupos de interés.

Misión

Extraer y transformar los recursos naturales satisfaciendo las necesidades del mercado y de nuestros clientes, cumpliendo con nuestra responsabilidad social ambiental, y maximizando la creación de valor para nuestros accionistas, nuestros colaboradores y la comunidad.(MiningPress; SALAZAR)

1.1.4. Historia

Historia de CHASPAYA

La COMPAÑÍA MINERA CHASPAYA S.A.C. con Nº de Ruc 20532850313, especializada en la venta al por mayor de metales y minerales metalíferos. Fue creada y fundada el 24/02/2012, registrada dentro de las sociedades mercantiles y comerciales como una sociedad anónima cerrada. Esta empresa minera peruana, enfocada en la exploración, desarrollo y explotación de proyectos de minería metálica. Tiene como base en la ciudad de Ilo – departamento de Moquegua, donde viene desarrollando el proyecto “El nuevo sureño y San Antonio”, esto va dirigido por 02 socios con mas 30 años de experiencia en minería.

En febrero del 2012 asume como Gerente General el Sr. Javier Leonardo Salazar Muñoz.(SALAZAR)

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

En la unidad minera San Antonio no se cuenta con un área especializada en geomecánica por lo tanto el sostenimiento que se emplea es empírico y la experiencia de los trabajadores, el sostenimiento que se emplea no sigue parámetros ni conceptos existentes. Por lo cual no se sabe si el sostenimiento es el adecuado. Actualmente se viene aplicando como sostenimiento los cuadros de madera rectos, pero tampoco hay un análisis de esfuerzos verticales y horizontales para determinar los tipos de cuadros, por estas razones que se realiza el presente análisis geomecánico empleando tres clasificaciones geomecánicas que son RMR, Q de Barton y GSI. Usando y comparando las tres clasificaciones se obtendrá un mejor resultado y precisión en la calidad del macizo rocoso y así poder determinar el tipo de sostenimiento.

A lo largo del territorio peruano, unidades mineras en donde se explotan diversos minerales metálicos y no metálicos, el desarrollo de las mismas hace necesario el empleo de personal y tecnologías que hacen del trabajo más simple, pero no por ello menos arriesgado, la interacción y exposición de los trabajadores a los riesgos propios de la actividad, hacen que la minería sea en el Perú la segunda en registrar accidentes fatales solo por debajo de los trabajadores desarrollados en las industrias manufactureras (OIT).

El sostenimiento especificado para las labores mineras subterráneas permanentes y temporales no ha tomado en cuenta la presencia de discontinuidades en el entorno de las excavaciones. El análisis estructural ha indicado la formación de zonas inestables en la bóveda y paredes de las labores mineras. Particularmente en masas rocosas de calidad regular

siendo necesario este hecho para la definición del sostenimiento. De seguir con este problema continuaran aumentando las condiciones inseguras en las diferentes labores ya que no se tiene datos precisos y tampoco se conoce el comportamiento del sistema geomecánico de la unidad minera.(Geotecnia Fácil, 2020)

2.1. CLASIFICACION GSI

El GSI o método de clasificación GSI, es un sistema de caracterización geomecanica de las propiedades de los macizos rocosos, de la fácil identificación por evaluación optica de las propiedades geológicas in situ. El criterio tiene en cuenta el grado de alteración - meteorización de las rocas, la historia geológica y estado de formación, el estado de fracturación presente en ellas, así como la disposición de las juntas o discontinuidades porque las observaciones se basan en la evaluación estructural del macizo y las condiciones presentes en su superficie (discontinuidades).

- **Como se mide el GSI**

El índice de resistencia geológica oscila entre 1 y 100; los macizos más débiles y de menor calidad, con superficies desgastadas y muy fracturadas a menudo con rellenos de arcilla blanda- tienen las puntuaciones más bajas.

Por otra parte, los valores que se encuentran cerca a 100 hacen relacion a macizos que presentan muy buena calidad con una estructura sin superficies afectadas por la meteorización de la roca y con una fragmentación baja significativa. (Hoek , Marinos, & Benissi, Cuadro de estimación del GSI a partir de observación geológica, 1998).

Para la determinación del GSI se hace mediante una tabla a la que se ingresa desde 2 puntos de vista distintos, el horizontal y el vertical. El primero que hace referencia a la composición y estructuras de las rocas, evaluando el tamaño y la trabazón de los bloques entre sí, en tanto el segundo hace referencia al aspecto de las discontinuidades. Al ingresar los

dos puntos de vista, se coincide en un punto medio diagonal que da el valor del índice. (Geotecnia Fácil, 2020)

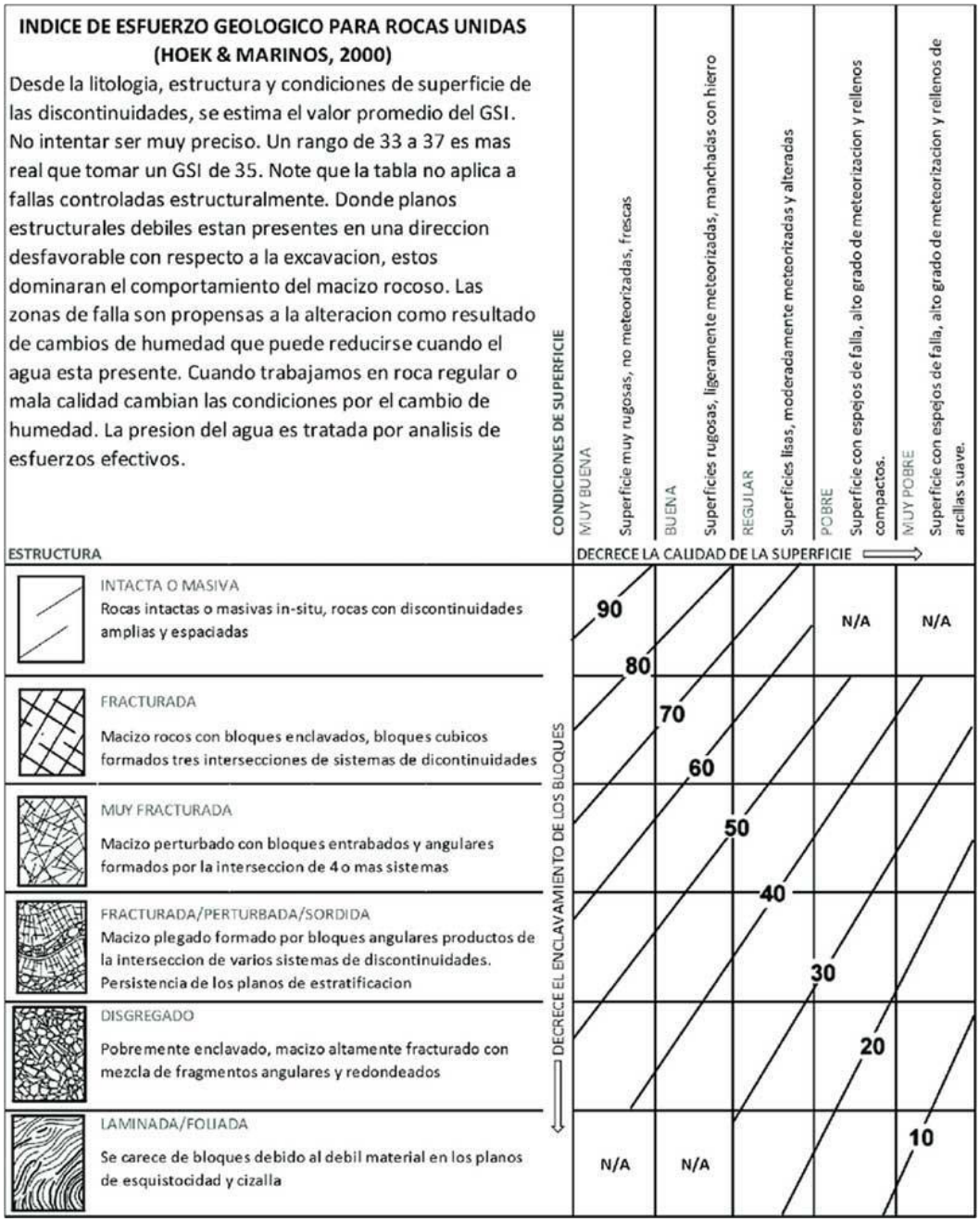


Figura 2. *Grafica de caracterización y clasificación del macizo rocoso, condiciones de superficie y estructura – GSI.*
Fuente: Hoek, Marinos & Benissi, cuadro de estimación del GSI

El gráfico de valores del GSI ha sido ampliado para adecuarse a la mayor variedad de macizos rocosos, incluyendo para rocas que tienen una baja calidad, por lo cual, para macizos heterogéneos como los flysch se utiliza la siguiente figura:

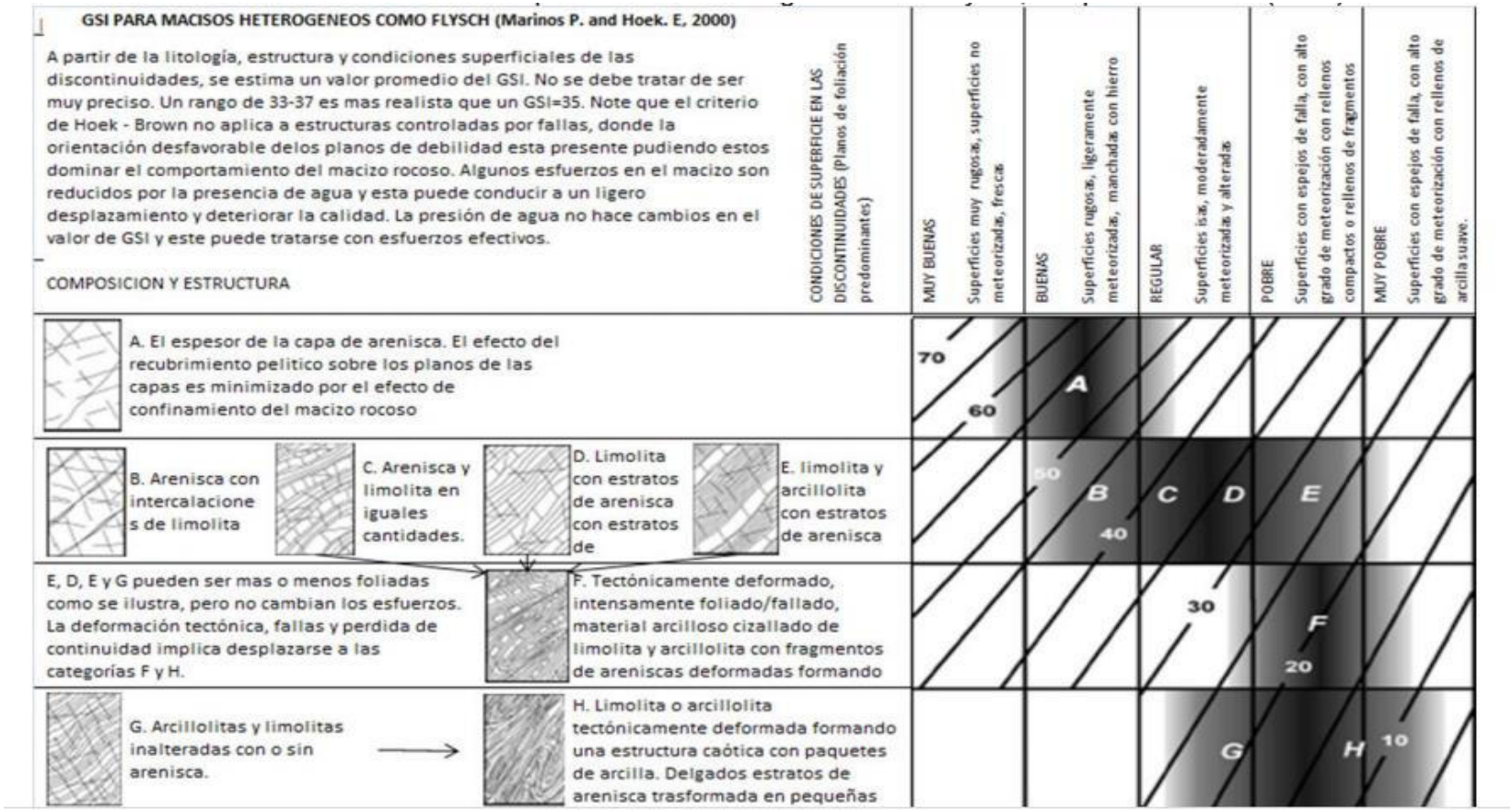


Figura 3. *estimación del GSI para macizos heterogéneos como flysch*
Fuente: Marinos P. and Hoek E,2000

- **La estructura**

Se considera el grado de fracturamiento o cantidad de fracturas por metro línea. (Hoek & Brown, Excavaciones Subterráneas en Roca, 1990). Las cinco categorías son:

  - Masiva o Levemente Fracturada (LF)
  - Moderadamente Fracturada (F)
  - Muy Fracturada (MF)
  - Intensamente Fracturada (IF)
  - Triturada o brechada (T)

- **La condición de la resistencia**

La masa rocosa involucra a la resistencia de la roca intacta y a las propiedades de las discontinuidades: resistencia, apertura, rugosidad, relleno y la meteorización o alteración. (Hoek & Brown, Excavaciones Subterraneas en Roca, 1990)

  - Masa rocosa Muy Buena (MB)
  - Masa rocosa Buena (B)
  - Masa rocosa Regular (R)
  - Masa rocosa Mala (M)
  - Masa rocosa Muy Mala (MM)

- **Consideraciones en la aplicación del GSI**

Este criterio del GSI se fundamenta en la suposición de que el macizo rocoso tiene un significativo número de discontinuidades orientadas al azar, por ende este se comporta como una masa isotrópica heterogénea, es decir, el comportamiento de la roca es totalmente independiente.

El GSI no debe aplicarse a macizos rocosos con una orientación estructural dominante claramente definida. Sin embargo, en situaciones difíciles, si se verifica que la falla de los macizos rocosos no está controlada

por esta anisotropía, el uso de gráficos GSI y el criterio de falla de Hoek-Brown pueden considerarse una opción viable. El valor de GSI se basa en estimaciones cualitativas, por lo que no se corresponde completamente con la realidad. Por ello, es recomendable verificar los resultados obtenidos con datos de campo y análisis posteriores

2.2. CLASIFICACIÓN DEL RMR (ROCK MASS RATING)

La clasificación geomecánica segun Bieniawski o RMR es un sistema de clasificación geomecánica introducido por Bieniawski en 1973 y reformado continuamente en 1976, 1979, 1984 y 1989.

Esta permite realizar una clasificación de un macizo rocoso 'in-situ'. Se utiliza en la construcción de túneles, de taludes y de cimentaciones. Esta formado de un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), que es independiente de la estructura y del factor de corrección. El RMR se logra evaluando 5 parámetros:

- Resistencia de la roca inalterada (compresión uniaxial)
- El RQD (Rock Quality Designation)
- Espaciamiento entre diaclasas
- El estado de las diaclasas
- Condiciones del agua subterránea.

Según las tablas, al resultado de cada parámetro se le asigna un valor y se suman para obtener el índice de calidad RMR sin correcciones. A este valor debe restarse un factor de ajuste en función de la orientación de las discontinuidades.

SISTEMA DE RMR (Según Bieniawski 1989).									
A. PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS VALORACIONES									
Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia del material de la roca intacta	Índice de resistencia bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para este bajo rango es preferible un ensayo de compresión simple		
		Resistencia a la compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD Calidad del testigo de perforación		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Puntuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciado entre discontinuidades		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Condiciones de las discontinuidades (Ver E)		Superficies muy rugosas Discontinuas No hay separación Paredes intactas	Superficies ligeramente rugosas Separación <1mm Paredes ligeramente meteorizadas	Superficies ligeramente rugosas Separación <1mm Paredes altamente meteorizadas	Superficies pulidas o relleno de falla < 5mm de espesor o separación 1-5mm Continuas	Relleno de falla suave> 5mm de espesor o separación > 5mm Continuas		
	Puntuación		30	25	20	10	0		
5	Agua subte-rránea	Afluencia por 10 m de longitud del túnel (l/m)	Ninguna	<10	10-25	25-125	>125		
		(Presión de agua en las juntas) / (σ principal mayor)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Condiciones generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteando	Fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		

Figura 4. *Sistema de clasificación del RMR*
Fuente: Marinos P. and Hoek E,2000

Unidades estructurales particulares

- **Resistencia a la compresión del material de roca intacta (MPa)**

La resistencia del material intacto de la roca se obtiene del macizo rocoso de acuerdo con las condiciones del lugar. El índice de resistencia se puede obtener mediante ensayos de compresión uniaxial (compresión simple), ensayos de carga puntual, mediante el martillo Schmidt o esclerómetro se mide la resistencia al rebote de una superficie rocosa, que se correlaciona con la resistencia a compresión simple. Usualmente para resistencias pequeñas se recomienda el uso de sólo la resistencia a la compresión uniaxial.

GRADO	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE MPA	RANGO RMR
R1	ROCA MUY BLANCA	Deleznable bajo golpes Fuertes con la parte puntiaguda del martillo geólogo; puede desconcharse con dificultad con navaja	1 -5	0-1
R2	ROCA BLANDA	Puede desconcharse con dificultad con una navaja; se pueden hacer marcas poco profundas golpeando fuertemente la roca con la punta del martillo	5 – 25	2
R3	ROCA MODERADAMENTE DURA	No se puede desrayar o desconchar con una navaja; las muestras se pueden romper con un golpe firme con el martillo.	25 – 50	4
R4	ROCA DURA	Se necesita más de un golpe con el martillo geólogo para romper la muestra	50 - 100	7
R5	ROCA MUY DURA	Se necesitan muchos golpes con el martillo geólogo para romper la muestra.	100 – 250	12
R6	ROCA EXTREMADAMENTE DURA	Solo se puede romper esquirlas de la muestra con el martillo geólogo.	>250	15

Figura 5. *Estimación del terreno en la resistencia a la compresión uniaxial*

Fuente: Marinos P. and Hoek E,2000

- **Rock Quality Designation (RQD)**

El parámetro RQD se determina entre la suma de las longitudes de los fragmentos de testigos mayores de 10 cm y la longitud total del tramo considerado.

$$R.Q.D. = \frac{\sum Longitud\ de\ los\ trozos\ de\ testigos\ \geq 10\ cm.}{Longitud\ Total} \times 100\%$$

R.Q.D. %	CALIDAD	RANGO RMR
<25	Muy mala	3
25 – 50	Mala	8
50 – 75	Media	13
75 – 90	Buena	17
90 - 100	Muy Buena	20

Figura 6. *Calidad del macizo roco según el RQD*
Fuente: Marinos P. and Hoek E,2000

- **Espaciamiento de juntas o discontinuidades**

El término discontinuidad cubre las juntas, foliaciones, zonas de cizalla, fallas menores, u otras superficies de debilidad. Debe medirse la distancia lineal entre dos discontinuidades adyacentes para todas las familias de discontinuidades y calcularse el índice paramétrico de la discontinuidad critica.

Tabla 2.
Valores del espaciamiento de juntas o discontinuidades

DESCRIPCIÓN	ESPACIADO DE LAS JUNTAS	TIPO DE MACIZO ROCOSO	RANGO RMR
MUY ANCHO	>2 m	SOLIDO	20
ANCHO	0.6 – 2 m	MASIVO	15
MODERADAMENTE CERRADO	200 – 600 mm	BLOQUES	10
CERRADO	60 – 200 mm	FRACTURADO	8
MUY CERRADO	< 60 mm	MACHACADO	5

Fuente: Marinos P. and Hoek E,2000

- **Condición de la discontinuidad**

Incluye la rugosidad de las superficies de la discontinuidad, su separación, continuidad, largo, meteorización de los bordes de roca o planos de debilidad y el material de relleno de las discontinuidades.

Persistencia: se refiere a la extensión o tamaño de una discontinuidad. Se trata de indicar desde donde empieza y hasta dónde llega la junta en varias direcciones. Es de gran interés en el estudio de la estabilidad de taludes porque indica la extensión de los posibles deslizamientos planos y el tamaño de las cuñas que se pueden formar.

Tabla 3.
Puntuación de la persistencia según su longitud

GRADO	DESCRIPCIÓN	CONTINUIDAD	RANGO RMR
1	MUY PEQUEÑA	<1m	6
2	PEQUEÑA	1 – 3m	4
3	MEDIA	3 – 10m	2
4	ALTA	10 – 20m	1

5	MUY ALTA	>20m	0

Fuente: Marinos P. and Hoek E,2000

Apertura: Es la separación entre los labios de las discontinuidades. Cuanta más separación más inestable es el conjunto, siendo además zonas de preferencia para la circulación de agua y la presencia de materiales arcillosos que restan resistencia al macizo (Sociedad nacional de minería petróleo y energía,2014).

Tabla 4.

Puntuación de la apertura según la separación de caras

GRADO	DESCRIPCIÓN	SEPARACION DE CARAS	RANGO RMR
1	ABIERTA	>5mm	0
2	MODERADAMENTE ABIERTA	1-5mm	1
3	CERRADA	0.1 – 1mm	4
4	MUY CERRADA	<0.1mm	5
5	NO TIENE	0	6

Fuente: Marinos P. and Hoek E,2000

Coeficiente de Rugosidad de la junta (JRC): Es la Aspereza o irregularidad de la discontinuidad. Cuanto más rugosa sea, tendrá una mayor resistencia de los labios de la discontinuidad. La importancia de la rugosidad disminuye al aumentar la apertura, el espesor del relleno o cualquier desplazamiento alterado con anterioridad, utilizamos los perfiles normalizados que muestran ondulación en una parte y rugosidad en la otra.

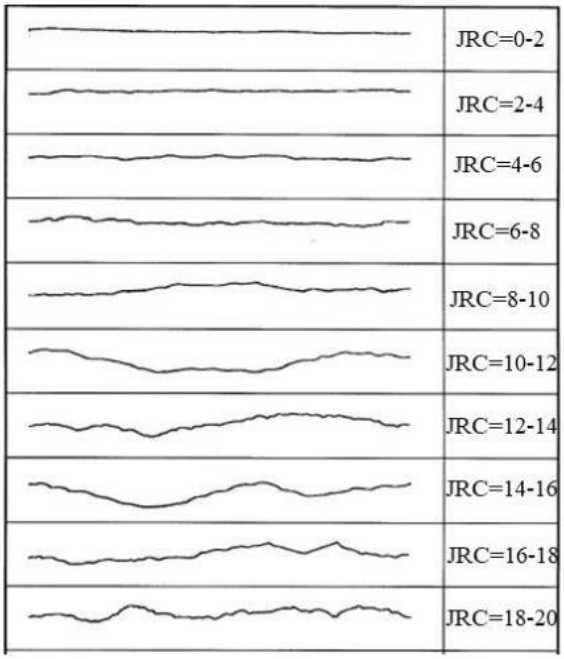


Figura 7. *Perfiles para la obtención de JRC*
Fuente: Elaboración propia

Relleno: Se debe de mostrar si no hay, si este es duro (filón) o de arcilla, etc. Con el espesor que deberá más o menos coincidir con la apertura de la junta; salvo que solo tengamos parte de la junta rellena (algo no muy frecuente).

Tabla 5.
Grado y rango del tipo de relleno

GRADO	DESCRIPCION	RANGO RMR
1	RELLENO BLANDO > 5mm	00
2	RELLENO BLANDO <5mm	01
3	RELLENO DURO >5mm	02
4	RELLENO DURO <5mm	04
5	NINGUNO	06

Fuente: Elaboración propia

Meteorización: La meteorización de las rocas se entiende a la modificación en la composición o estructura de las rocas ubicadas en o cerca de la superficie terrestre, debido a la influencia de los factores climáticos.

- **Condición de agua en suelo**

En el caso de túneles, este se determina el índice para la condición de agua en suelo en base a la medición de litros por minuto para un largo de 10 metros de túnel excavado, o una condición general descrita como

completamente seco, húmedo, mojado, goteando o con flujos de agua. Si se maneja el dato de presión de agua, este debe ser expresado en términos de la fracción entre la presión de agua infiltrada y la mayor tensión principal.

- **Estimación y aplicaciones del RMR**

El Rock Mass Rating quedará definido como la suma algebraica de los cinco valores obtenidos a partir de los parámetros dados. Sobre la base de los valores de RMR para una estructura dada, el macizo rocoso se clasifica dentro de una de las cinco categorías nombradas como Muy buena, Buena, Media, Pobre y Muy pobre tal como se describe en la Tabla 6.

Tabla 6.

Clasificación del macizo rocoso a partir del Rock Mass Rating (RMR)

Propiedades del parámetro del macizo	ROCK MASS RATING				
	100-81	**80-61**	**60-41**	**40-21**	**20-0**
Clasificación de la roca	Muy buena	Buena	media	pobre	Muy pobre
Tiempo promedio de autos aporté	10 años para 15m de luz	6 meses para 8m de luz	1 semana para 5m de luz	10 horas para 2.5m de luz	30 min para 1m de luz
Cohesión del macizo rocoso	> 0.4 (MPa)	0.3-0.4 (MPa)	0.2-0.3 (MPa)	0.1-0.2 (MPa	< 0.1 (MPa
Angulo de fricción interna del macizo rocoso	< 45°	35°- 45°	25° - 35°	15° - 25°	15°

Fuente: Recopilado de (Bieniawski Z. T., 1989)

Asumiendo que el macizo rocoso se comporta como un material que cumple con la ley constitutiva de Coulomb, su esfuerzo de corte va a depender de su valor de cohesión y ángulo de fricción interna. En base a la experiencia de la aplicación de esta clasificación geomecánica, estos valores son aplicables solo para laderas o pendientes con macizos rocosos saturados y meteorizados. El valor de cohesión es un orden de magnitud mayor en el caso de túneles gracias a que las discontinuidades son relativamente más estrechas y menos espaciadas entre ellas.

A partir del valor de RMR es posible obtener una serie de parámetros útiles como son la luz de túnel no soportada, el tiempo de soporte autónomo de túneles, la presión del soporte para aberturas subterráneas, entre otros.(Thomas 2014)

- **Tiempo de autosoporte de túneles**

En la Figura 8 se puede observar la estimación del tiempo de autosoporte de túneles según su clasificación RMR, tiempo que depende de la luz efectiva del túnel, que se define como la distancia más pequeña entre el ancho de la abertura subterránea y la distancia entre el frente del túnel y el último soporte instalado. Para túneles con techo en forma de arco el tiempo de autosoporte será significativamente más grande que para aquellos túneles con techos planos. Para túneles con techos en forma de arco, el tiempo de soporte autónomo está relacionado con la categoría de clasificación RMR, mostrada en la Figura 8. Es importante destacar que no se debe retrasar innecesariamente el soporte del techo, en los casos de macizos rocosos con alto tiempo de autosoporte, ya que esto puede conducir a un deterioro del macizo rocoso.(Bieniawski,1989)

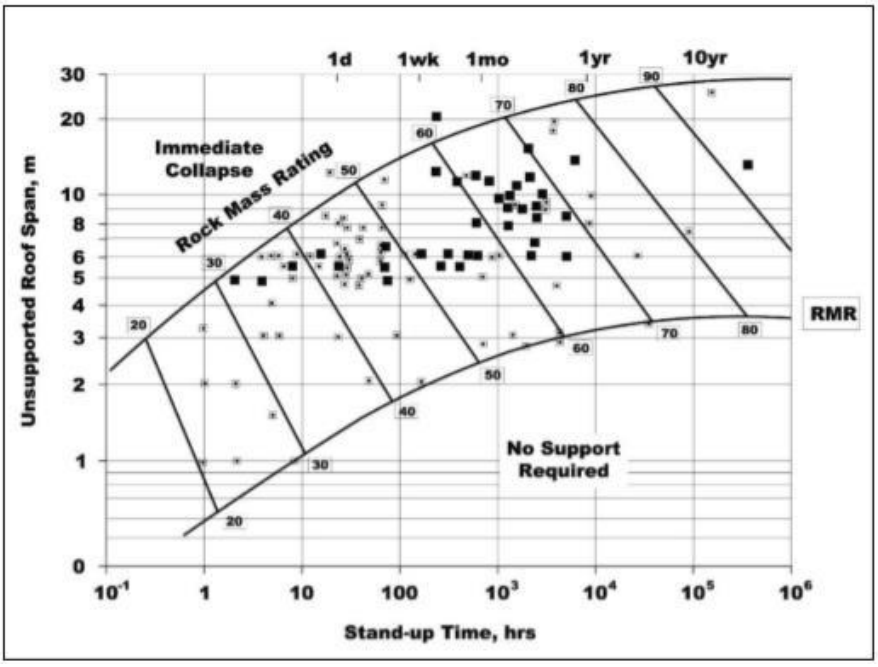


Figura 8. *tiempo de auto-soporte versus luz de túnel*

Fuente: Tiempo de autosoporte versus luz de túnel para varias clases de macizos rocosos y sus clasificaciones según RMR. (Bieniawski, 1989

- **Requerimiento de soporte según RMR**

Bieniawski (1989) proporcionó una guía para la determinación de los requerimientos de soporte para un túnel, con luz libre de 10 m, excavado según el método convencional o Drill and Blast. De igual manera, la guía es aplicable en función de factores como la profundidad en la superficie (para tener presente problemas de sobrecarga o tensiones in situ), tamaño del túnel y método de excavación. Las cantidades de soporte y soporte corresponden al soporte permanente y no al temporal o soporte primario

Bases teóricas de la clasificación Q de Barton

Estos autores consideran esta clasificación tomando en cuenta el R.Q.D relacionándola con diversos parámetros, que serán considerados a continuación y que están relacionados con la siguiente formula.

$$Q = \frac{R.Q.D}{Jn} \chi \frac{Jr}{Ja} \chi \frac{Jw}{SRF}$$

La clasificación de Q de Barton se analiza basada en los 6 parámetros:

R.Q.D. : Índice de calidad de roca.
Jn : Número de familias de diaclasas.
Jr : Rugosidad de las superficies de las discontinuidades.
Ja : Alteración de las diaclasas.
Jw : Coeficiente reductor. Presencia del agua.
SRF : Factor reductor del esfuerzo.

El primer coeficiente R.Q.D/Jn, representa en la formula el tamaño de los bloques. El segundo coeficiente Jr/Ja representa en la formula la resistencia al corte de los bloques. El tercer y último coeficiente Jw/SRF

representa en la formula el estado tensional del macizo rocoso. (Barton & Grimstad, El Sistema Q para la Selección del Sostenimiento, 2000)

Parámetros de la clasificación de Barton

Tabla 7.

Primer parámetro – Calculo de R.Q.D. (%)

DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO	R.Q.D (%)	OBSERVACIONES
Muy mala	0-25	Para R.Q.D <10 se puede tomar R.Q.D =10 en la ecuación de Q.
Mala	25-50	
Regular	50-75	
Buena	75-90	
Excelente	90-100	

Fuente: Recopilado de la clasificación de Barton

Tabla 8.

Segundo parámetro – Cálculo de la familia de diaclasas Jn (fisuras)

DESCRIPCIÓN	JN
Roca masiva	0.5-1
Una familia de diaclasas	2
Una familia de diaclasas y algunas diaclasas ocasionales	3
Dos familias de diaclasas	4
Dos familias de diaclasas y algunas diaclasas ocasionales	6
Tres familias de diaclasas	9
Tres familias de diaclasas y algunas diaclasas ocasionales	12
Cuatro o más familia de diaclasas, roca muy fracturada	15
Roca triturada terrosa	20
En boquillas, se utiliza 2 jun y en túneles 3jun	

Fuente: Recopilado de la clasificación de Barton

Tabla 9.

Tercer parámetro – rugosidad de las diaclasas JR.

CONTACTO ENTRE LAS 2 CARAS DE LAS DIACLASAS CON POCO DESPLAZAMIENTO LATERAL DE MENOS DE 10CM	JR

Juntas discontinuas	04
Juntas rugosas o irregular ondulada	03
Suave ondulada	02
Espejo de falla, ondulada	1.5
Rugosa o irregular, plana	1.5
Suave plana	01
Espejo de falla, plano	0.5
NO EXISTE CONTACTO ENTRE LAS 2 CARAS DE LAS DIACLASAS CUANDO AMBAS SE DESPLAZAN LATERALMENTE	**JR**
Zona de contenido de minerales arcillosos, suficientemente gruesa para impedir el contacto entre las caras de las diaclasas	01
Arenas, gravas o zona de fallada suficientemente gruesa para impedir el contacto entre las dos caras de las diaclasas	01
Nota: si el espaciado de la familia de las diaclasas es mayor de 3m hay que aumentar el Jn en una unidad. Para diaclasas con espejo de falla provisto de lineaciones, si están orientadas favorablemente, se puede usar Jr = 0.5	

Fuente: Recopilado de la clasificación de Barton

2.3. METODOLOGÍA

Los conocimientos y clasificaciones geomecánicas han sido aplicados a una determinada realidad y en un determinado periodo de tiempo, una vez realizado la evaluación de los resultados, determinaremos el tipo de sostenimiento.

El diseño de investigación es de tipo descriptivo, ya que se recolectará datos, con el propósito de poder describir y cuantificar en las clasificaciones geomecánicas para la determinación del tipo de sostenimiento.

- **Procedimientos**

2.3.1. Observación directa

Primero se realizará una inspección y reconocimiento del lugar para poder analizar y determinar el diseño del sostenimiento. Para realizar un correcto diseño necesitaremos instrumentos y luego realizar una toma de datos.

Tabla 10.

Aplicación de técnicas e instrumentos a utilizar

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación directa	Cuaderno de notas
Toma de datos en campo	Revisión bibliográfica
	Peine de Barton
	Martillo de Schmidt
	Flexómetro
	Fichas y ábacos geomecánicas
	Planos topográficos
	Tablero acrílico

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. *Peine de Barton y martillo de schmidt*

Fuente: Google Imágenes

2.3.2. Trabajo en campo

Para el trabajo en campo se realizó una inspección y un recorrido de la zona a determinar el diseño de sostenimiento y toma de datos para el levantamiento geomecánico del macizo rocoso, esto para realizar la evaluación adecuada.



Figura 10. *Recorrido e inspección de labores*
Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Trabajo en gabinete

Para el trabajo en gabinete se realizó una revisión de los datos obtenidos en campo, luego se realizó un análisis y verificación de datos, y estos se adjuntaron en tablas para posteriormente realizar una simulación en computadora.

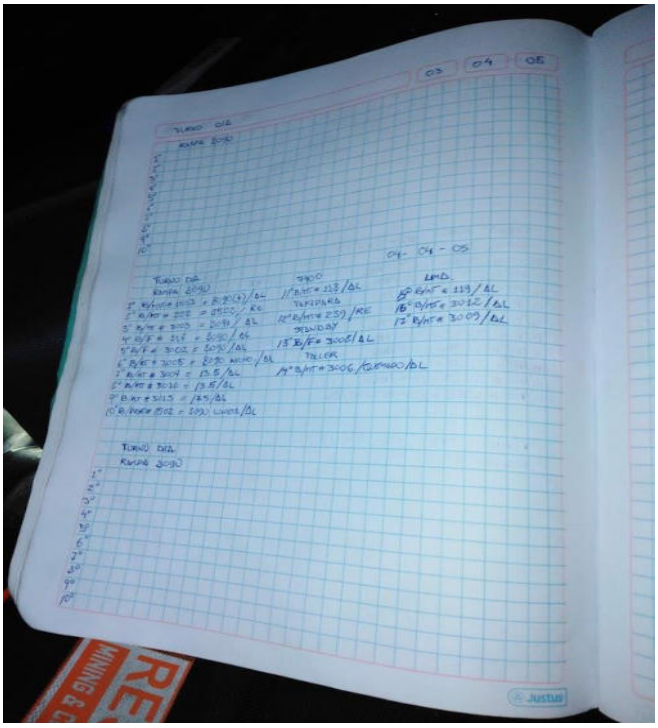


Figura 11. *Toma de datos para gabinete*
Fuente: Elaboración propia

2.3.4. Para el análisis de datos

Para el análisis de datos se realizará según la estructura presentada:



Figura 12. *Secuencia para el análisis de datos*
Fuente: Elaboración propia

- RECOLECCION DE DATOS: para la recolección de datos para el diseño de sostenimiento, este comprende el análisis de las clasificaciones geomecánicas para determinar el tipo de sostenimiento a presentarse en las labores, por lo que se establecerá el factor de seguridad (FS) teniendo en cuenta la profundidad a la que se viene efectuando la toma de muestras.

- PROCESAMIENTO DE DATOS: para el procesamiento de datos se utilizará métodos de clasificación geomecánica que nos ayudaran a determinar un tipo de sostenimiento.

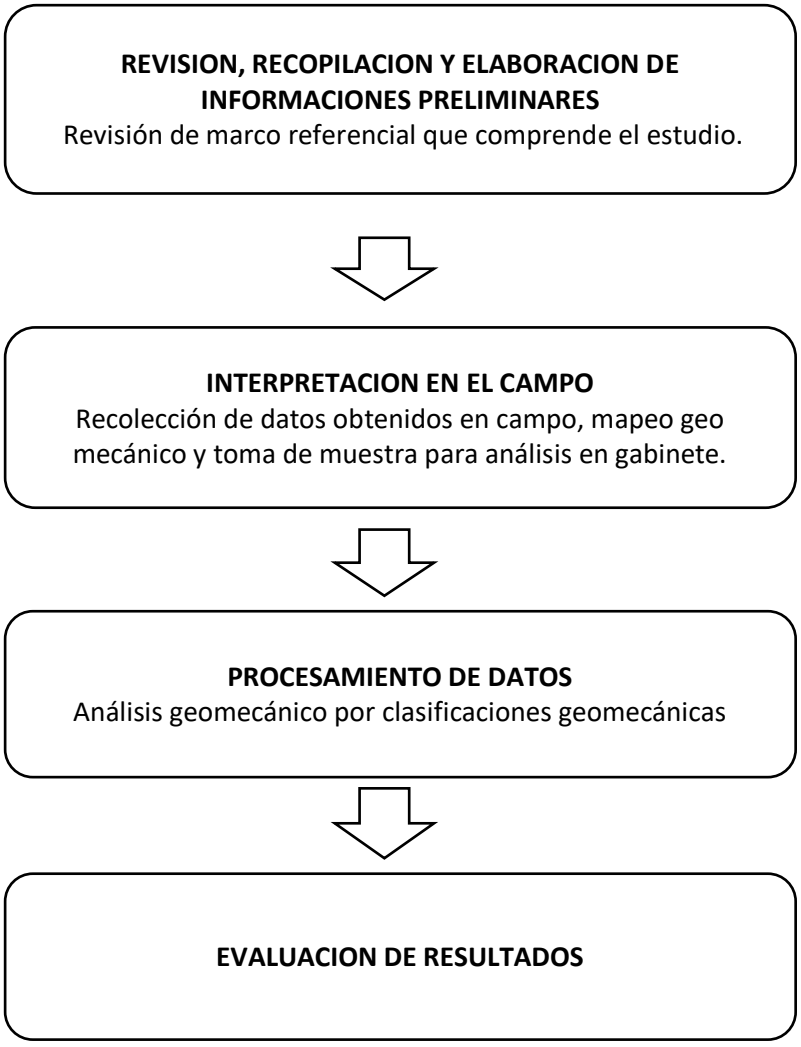


Figura 13. *Jerarquía de análisis de datos*
Fuente: Elaboración de datos

2.3.5. Aplicación de los instrumentos para la recolección y procesamiento de datos

- **Laptop:** este equipo fue fundamental para el almacenamiento y procesamiento de datos.



Figura 14. *Laptop que se utilizo*
Fuente: Elaboración propia

- **Brújula:** instrumento que posee una aguja imantada que dispone en la dirección de las líneas de magnetismo natural de la tierra, se utilizo para obtener mediciones de grados direccionales (azimut) la marca de la brújula que se utilizo fue Brunton.



Figura 15. *Brújula Brunton*
Fuente: Elaboración propia

- **Peine de Barton:** Instrumento metálico con laminares metálicas moldeables. Especialmente usado para determinar el perfil de rugosidad de las fracturas geológicas.



Figura 16. *Peine de Barton*
Fuente: Google Imágenes

- **Picsa:** Herramienta en forma de martillo con dos cabezas diferentes, una de forma plana y otra en forma de punta. Utilizado para dividir y romper rocas.



Figura 17. *Picsa o martillo de geólogo*
Fuente: Elaboración propia

- **Flexómetro:** Es un instrumento de medida que consiste en una cinta de acero centimetradas y milimétricas. Son flexibles y fácil de manipular para medir distancias.

- **Martillo de Schmidt:** Equipo metálico de forma tubular empleado para medir la resistencia de compresión de materiales.

- **Fichas y ábacos geomecánicas:** Hojas informativas para la caracterización del macizo rocoso, basados en los sistemas de clasificación RMR, Q DE BARTON Y GSI.

- **Planos topográficos:** Hojas geográficas del lugar para la georreferenciación de las zonas para la recolección de datos.

- **Tableros acrílicos:** Son tableros de tamaño A-4 para sujetar y apuntar los formatos de registro.

- **Spray de pintura:** Envase de líquido mezclado con gas a presión, se utilizará para marcar y caracterizar los lugares a recolectar los datos.

- **Cuaderno de campo:** Hojas de tamaño A-4 que se utilizara para tomar apuntes.

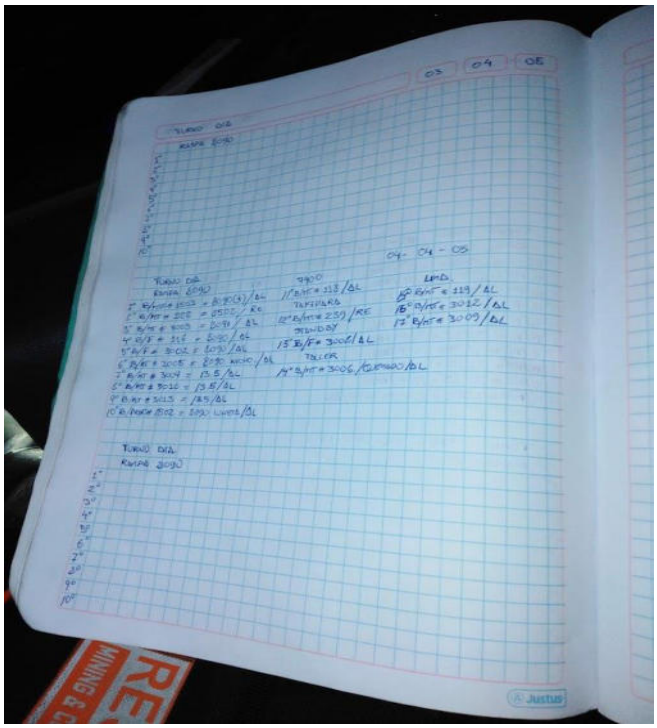


Figura 18. *Cuaderno para toma de datos*
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

3.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según Granados, en su tesis "*Diseño del sostenimiento en arcos de acero bajo la influencia de presiones generadas por la explotación por tajo de la Mina Tauro en el municipio de Guacheta-Cundinamarca*", indica que el programa creado permite concluir en que puntos se deberían tomar medidas para contrarrestar las presiones que se presentaran en los bordes de la excavación. Las medidas que se propongan para contener los esfuerzos generados se proponen luego del análisis de cada una de las variables que tratan del estudio.

Según Loarte, en su tesis "*Geomecánica para el diseño del sostenimiento de las labores mineras en la corporación minera toma la mano – cormitoma s.a*", indica que fue necesario realizar trabajos de campo, laboratorio y gabinete. En una primera etapa del estudio estará orientado a la ejecución de investigaciones básicas, con el fin de obtener la información necesaria, que permitirá evaluar los factores principales del control de la estabilidad, y estimar los parámetros geomecánicos básicos. En una segunda etapa, se integrará la información obtenida durante las investigaciones básicas, con el fin de evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones subterráneas, para finalmente dar las recomendaciones para garantizar la estabilidad de las labores mineras subterráneas.

Según Diaz, en su tesis "*Caracterización geomecánica y comportamiento de la excavación de un Túnel de desvió en el proyecto hidroeléctrico SAVEGRE*", realizó una investigación de la condición Geológica en términos de litologías presentes y orientación de los sistemas de fracturas y estratificación, esto con la finalidad de proveer una base para

la mejor optimización del lugar. Se hizo una evaluación geotécnica del macizo rocoso por medio de perforaciones y diferentes ensayos geotécnicos de campo y de laboratorio, esto para conocer las condiciones físicas y geomecánicas de la roca intacta y del macizo.

Según Rosado, en su tesis "*Caracterización y clasificación geomecánica del cuerpo intrusivo ubicado en la vía perimetral de los cantones Nobol, provincia de Guayas*", indica que el punto fundamental de este trabajo de titulación fue analizar la calidad del macizo rocoso en la provincia de Guayas, se determinó las características estructurales de los taludes mediante herramientas digitales que permitieron el análisis de dichas estructuras, para poder estimar la calidad de la roca, se tuvo que considerar parámetros geo mecánicos como Rock Quality Designation, entre otros.

3.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Según Ccora, en su tesis "*Determinación de las condiciones del macizo rocoso en la profundización del avance en la zona esperanza del nivel 23 mediante un análisis geo mecánico en la unidad minera americana de Cia. Minera Casapalca*" indica que se evaluó con las clasificaciones geomecánicas de RMR, Q de Barton y GSI donde se determinó un factor de seguridad de 1.58 aplicando sostenimiento y un factor de seguridad de 1.11 sin sostenimiento, siendo una zona de trabajo seguro. El macizo rocoso del crucero 212 son rocas de buena calidad.

Según Moscoso & Sacha, en su tesis concluyen que el estudio comparativo de índice de Resistencia Geológica (GSI) y Rango de Macizo Rocoso (RMR) los trabajos de sostenimiento se aplican de acuerdo a la evolución si es de tipo activos reforzados, y que el estudio de investigación fue determinar la relación que había entre la clasificación geomecánica de índice de resistencia y el rango macizo rocoso en la Sociedad Minera Corona).

Según Carhuamaca, en su tesis "*Evaluación y optimización del sostenimiento con cimbras en minería subterránea*", indica que se amplio

el conocimiento del uso de las cimbras metálicas en el sostenimiento en minería subterránea, mediante el control y registro de las mediciones de convergencia, lo que nos permitirá mejorar nuestra metodología de diseño inicial y tomar medidas de control apropiadas en el tiempo oportuno a un costo óptimo cuando se tengan problemas de altos esfuerzos o deterioro de cimbras por influencia de factores hidrogeológicos adversos.

Según Uchamaco, en su tesis "*Evaluación geomecánica para determinar el diseño de sostenimiento en minería subterránea: caso Ana María – Rinconada*" nos indica que es necesario determinar las condiciones del macizo rocoso para caracterizar los tramos en galerías, para la determinación del Estado tensional-deformación al para diseñar las labores mineras y de este modo dar seguridad al personal y equipos.

Según (Orellana, en su tesis *"Selección de la alternativa óptima de sostenimiento en rampas para el control de inestabilidades subterráneas*", indica que este trabajo fue de seleccionar la alternativa óptima de sostenimiento de rampa RP 315 para el control de inestabilidades subterráneas, para el cual fue necesario hacer un estudio geomecánico de esta rampa en una longitud aproximadamente de 379,9 m; a partir delos cuales se encontró tres familias de discontinuidades, siendo el principal de ellos la primera familia.

Según Suasnabar, en su proyecto "*Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la compañía Minera Casapalca S.A*.", establece un marco teórico practico tratando sobre temas de sostenimiento en las labores de desarrollo, preparación y explotación. Posteriormente se identifican y establecen los parámetros que permitan optimizar el sistema, para lo cual se determinó que el método más apropiado para la investigación en la ejecución y desarrollo del sostenimiento actual de las diferentes labores, porque los elementos y parámetros de selección pertenecen a labores definidas, el procedimiento se llevó a cabo con fichas, encuestas, cuestionarios; obteniéndose un tamaño de muestra representativa de labores diferentes.

Según Lazo, en su tesis "*Optimización del sistema de sostenimiento de las labores subterráneas para una mina con problemas de altos esfuerzos",* indica que 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.

Según Lazaro & Velez, indican que, 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 a trabajando de los diferentes mantos existentes, mantos que tienen resultados favorables para su explotación y mantos que no tienen ley mínima explotable.

Según Calcina, en su proyecto aborda el tema de e diseño y sostenimiento de una labor minera subterránea (bypass 942). Se tuvo en consideración que la importancia del diseño utilizando la geomecánica es preservar la seguridad e integridad del personal dentro de la operación minera, al mantener labores estables. No menos importante es procurar una operación rentable, teniendo una baja sobre excavación asegurando la estabilidad de las labores.

Según Oriundo & Rojas, indica que va a tratar como tema de estudio de investigación la aplicación del índice de resistencia geológica (GSI) modificado, el modelamiento geológico y geomecánico, la descripción detallada de la aplicación del índice de resistencia geológica como sistema de caracterización del macizo rocoso para determinar el tipo de roca en la

cual se está trabajando, el tipo de sostenimiento recomendado, la corrección por factores influyentes, la aplicación en la perforación y voladura de rocas para determinar la malla de perforación, los explosivos a utilizar y la secuencia de salida así como en la limpieza de mineral de los tajeos; para finalmente culminar en la implementación del índice de resistencia geológico

3.3. OBJETIVOS

3.3.1 Objetivos General

- Aplicar las clasificaciones geomecánicas GSI, RMR y Q de Barton para poder determinar el tipo de sostenimiento de la Unidad Minera San Antonio.

3.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades del macizo rocoso mediante las herramientas geomecánicas GSI, RMR y Q de Barton para favorecer el sostenimiento del frente “VETA FLOR” de la unidad minera San Antonio.

- Reducir el índice de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas en las labores realizadas de Minera San Antonio.

3.4. JUSTIFICACION

- En la Unidad Minera San Antonio, no se cuenta con una herramienta geomecánica, es por ese motivo que sea plantea la aplicación de las clasificaciones geomecánicas GSI, RMR y Q de Barton, ya que de esta forma se podrá determinar el tipo de sostenimiento.

- Por otro lado, en las labores mineras subterráneas, se requiere cuantificar los parámetros geomecánicas para el diseño del sostenimiento, siendo una herramienta muy valiosa, el cual nos permite determinar la calidad del macizo rocoso, cuya finalidad es

dividir las características similares como: litología, tipos de estructura, resistencia, espaciado de juntas, entre otros.

- La mayoría de los principales accidentes en los últimos 20 años se han registrado por caída de rocas. Las pérdidas considerables por daños ocasionados a las instalaciones, equipos y lesiones a personas se registran anualmente con las estadísticas de fatalidades. Es importante desarrollar programas de inspección, de realizar mapeos geo mecánicos en toda la unidad minera, ya que las clasificaciones geomecánicas son herramientas de control y que provee información pertinente y así evitar los problemas y prevenir la caída de rocas.

- Se tiene como finalidad implementar herramientas geomecánicas para determinar el tipo de sostenimiento idóneo para una mejor selección y aplicación, generando la reducción de costos y contribuyendo con el medio ambiente ya que se reducirá el uso excesivo del eucalipto y otros organismos naturales que se emplea en el sostenimiento.

- El motivo del desarrollo de este trabajo de investigación es por lograr mi grado de ingeniero de minas para un mejor desarrollo de mi vida profesional en el campo de la minería.

.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN Y/O APORTES

Para el diseño hay que determinar las condiciones del macizo rocoso, caracterizar los tramos en galerías, determinar el estado tensional y deformación para desarrollar las labores mineras y así poder garantizar la seguridad del personal y equipos. El desarrollo del caso se da en etapas como: la recopilación de datos, que comprende con el mapeo geomecánico, pruebas, toma de muestras, características técnicas, entre otros. Y los resultados se realizan en función a los materiales y el método para coincidir con la metodología en su análisis del macizo rocoso.

Para el sostenimiento para labores de 2.00m x 2.50m, se consideró la estimación mediante metodologías empíricas de Grimstad and Barton (1994), modificado para la minera Chaspaya, esta relaciona la calidad del macizo rocoso expresado por el valor de Q de Barton y/o RMR de Bieniawski, la excavación (S) ajustada por un factor de seguridad según el tipo de excavación.

5.1. ANALISIS

5.1.1. Caracterizacion Geomecanica de la masa rocosa.

Se caracterizó la masa rocosa desde el punto de vista litológico y estructural. En la información estructural, se han considerado a las estructuras mayores, fallas y contactos; a las estructuras menores, diaclasas y planos de estratificación. Las características geomecánicas de estas discontinuidades han sido establecidas mediante el mapeo geomecánicos de las labores subterráneas; para ello, se han utilizado las normas de la ISRM (International Soviet for Rock Mechanics).

El análisis de la distribución de discontinuidades se realizó procesando los datos de orientación de las discontinuidades con técnicas estereográficas, y las características estructurales de los sistemas de discontinuidades se establecieron mediante tratamiento estadístico convencional de la data del mapeo geomecánico (Mass Rating), también conocido como Clasificación geomecánica, fue desarrollado por Bieniawski y considera cinco parámetros básicos.

- Resistencia de la roca intacta.
- Designación de la calidad de roca (RQD).
- Espaciamiento de discontinuidades.
- Estado de las discontinuidades.
- Condiciones de agua subterránea.

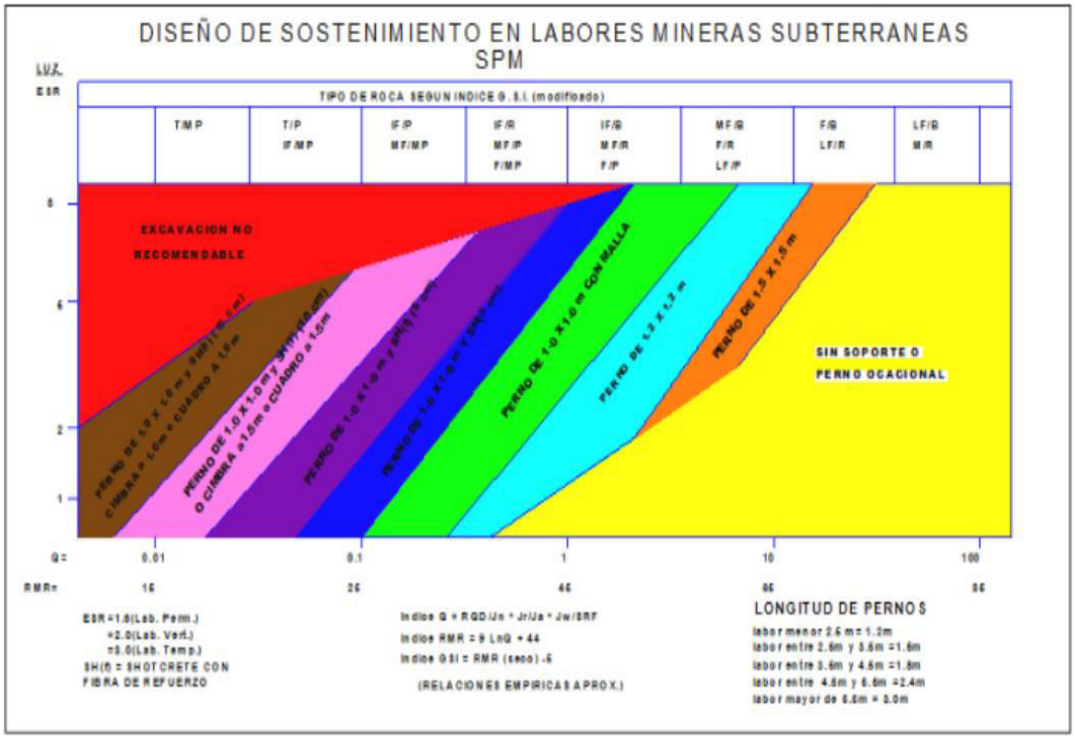


Figura 19. *Diseño de sostenimiento en labores subterráneas SPM*
Fuente: Manual de Geotecnia

5.1.2. Factores que controlan la estabilidad de las excavaciones.

Hay dos clases de factores que inspeccionan la estabilidad de las excavaciones asociadas al minado subterráneo de los yacimientos

minerales. El primer grupo corresponde a los factores previos a la excavación y el segundo grupo a los factores posteriores a la excavación. Los factores pre-existentes a la excavación son:

- Las características del medio geológico.
- El comportamiento mecánico del medio geológico.
- Los esfuerzos in-situ.

5.1.3. Diseño de sostenimiento para labores de 2.00m x 2.50m

Diseño de sostenimiento para labores de 2.00m x 2.50m Para definir los sistemas de sostenimiento, se consideró la estimación mediante metodologías empíricas de Grimstad and Barton (1994) modificado para Minera Chaspaya, que relaciona la calidad del macizo rocoso expresado por el valor de Q de Barton y/o RMR de Bieniawski y la luz de la excavación (S) ajustada por un factor de seguridad según el tipo de excavación (ESR, Excavation Support Ratio). En el plano geomecánico elaborado para el proyecto, se determinaron los rangos de valores de RMR. De manera que, en la estimación de sostenimiento, se considera como labores permanentes y su valor para el parámetro ESR igual a 1.6. En la tabla 3 se presenta las dimensiones de luz máxima de diseño, así como también la razón S/ESR.

Los tipos de labores de avance que se recomienda en la zona son: Galerías, Cruceros, By Pass, Sub-Niveles, Ventanas. Siendo los de mayor relevancia.

Tabla 11.
Tipos de labores de avance en la zona estudiada

TIPO DE LABOR	SECCIÓN	TIPO	SPAN	ESR	DE
GA/XS/BP/SN	2.00m x 2.50m	Permanente	3.5	1.6	2.2

Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Evaluación geomecánica

Se realiza la evaluación geomecánica y la zonificación del nivel 590, se determina calidad de macizo rocoso y sostenimiento a colocar. El nivel 590 presenta un tipo de roca Buena a Regular, en cruceros el RMR varía de 65 – 45, mientras que en galerías la calidad del macizo rocoso varia de Regular a Mala con RMR de 45 – 31, teniendo zonas puntuales de calidad muy mala (presencia de fallas de gran magnitud).

5.1.5. Sostenimiento para labores de 2.00m x 2.50m

Para evaluar el tipo de sostenimiento en el techo y hastiales, se evalúa el comportamiento del tipo de roca tanto en techo como hastiales según el criterio establecido por Palmstrom A. and Broch E, y a continuación se determina el tipo de sostenimiento para ambos casos.

Ejemplo de evaluación: para el caso de Roca Regular, el RMR Prom. es 50 y corrigiendo con el criterio de Palmstrom A. and Broch E, se verifica que el RMRwall Prom. es 56, esta condición demuestra que por calidad de roca es posible sostener el hastial con perno sistemático y de menor requerimiento de soporte.

Tabla 12.

Tipos de labores de avance en la zona convencional

CLASIFICACION	TECHO				HASTIALES		
	TIPO	RMR	RMR Prom.	Q	$TIPO_{Wall}$	Q_{wall}	RMR_{wall} Prom.
Roca Muy Mala	V	0-20	10	0.002	V	0.002	10
Roca Mala-B	IV-B	21-30	25	0.02	IV-B	0.02	25
Roca Mala-A	IV-A	31-40	35	0.1	IV-A	0.1	35
Roca Regular	III	41-60	50	1.0	III	2.5	56
Roca Buena	II	61-80	70	22	II	53.9	76

Fuente: Manual de geotecnia

Tabla 13.

Sostenimiento de labores permanentes según tipo de roca

CLASIFICACION	TIPO	COD. COLORES	SOSTENIMIENTO AVANCES PERMANENTES
Muy Mala	V		Instalar pre-sostenimiento (Spilling bar) en la corona con P. inflable de 7 pies espaciados 0.3 m, ejecutar el avance, instalar cimbras metálica espaciados a 1.0m con planchas acanaladas y topeado con bolsacret.
Mala-B	IV-B		2.0 pulgadas de shotcrete con fibra con P. inflable espaciado a 1.0m x 1.0m con malla electro-soldada, finalmente shotcrete 2.0pulgada sin fibra.
Mala-A	IV-A		2.0pulgadas de Shotcrete con fibra más P. inflable de espaciado a 1.5m x 1.5m de forma sistemática / Instalar P. inflables espaciados a 1.5 m más malla electro-soldada en la corona a partir de la gradiente.
Regular	III		Instalar P. Split Set y/o P. inflables espaciados a 1.5 m de forma sistemáticas a partir de la gradiente.
Buena	II		Sin sostenimiento y/o perno ocasional

Fuente: Manual de geotecnia

5.1.6. Especificaciones

La longitud de pernos por ancho de labor es:

- Ancho labor ≤ 4.0m : 05 – 07 pies
- Ancho labor > 4.0m : 07 pies

5.2. CON LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

Se ha realizado un mapeo geomecánico en mina, constituido por rocas sedimentarias (calcitas, caliza, cupritas). Y se ha obtenido la siguiente información:

Los datos son los siguientes:

- Ancho de la galería : 2.00 m
- Profundidad mapeada : 120 m
- Altura de la galería : 2.50m

Matriz y discontinuidades:

- Peso específico : 0,028 MN/m3
- RQD : 60 %

- Tres familias de discontinuidades: Onduladas rugosas
  - 60/300
  - 20/210
  - 70/198
- Pequeña separación de los labios de las juntas, en contacto con pequeños desplazamientos : < 10cm.
- Bordes de juntas alterados, partículas arenosas y algunos fragmentos pequeños de roca.
- Para la corrección por estado tensional consideramos la roca competente y como σ1 la carga litostática sobre el túnel
- Índice Q : 11.25 (BUENO – REGULAR)
- Índice RMR : 63 (BUENO Y MEDIO)

5.2.1. Valoración del Q de Barton

Tabla 14.

Valoración del Q de barton

	PARÁMETRO / ÍNDICE	VALOR
Centro del túnel	RQD	60
	Jn	06 – (3 familias)
	Jr	03 – (Onduladas rugosas)
	Ja	02 – (Ligera alteración)
	Jw	00 – (Filtraciones de agua pequeñas)
	SRF	01 - (200 > 13.3 > 10)
	Q	**15**
Boquillas	RQD	60
	Jn	06 – (3 familias)
	Jr	03 – (Onduladas rugosas)
	Ja	02 – (Ligera alteración)
	Jw	01 – (Filtraciones de agua pequeñas)
	SRF	2
	Q	**03**
Total puntuación / 06		

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DEL SRF

$$SRF = \left(\frac{RCS}{densidad}\right) x\ Profundidad$$

$$SRF = \left(\frac{40}{0{,}028\ MN/m3}\right) x120m$$

$$\boldsymbol{SRF = 05}$$

Tabla 15.

Clasificación del macizo rocos según el parámetro Q

CLASIFICACIÓN DEL MACIZO	Q	ΔQ

Excepcionalmente malo	0.001 – 0.01	+- 0.0005
Extremadamente malo	0.01 – 0.1	+- 0.005
Muy malo	0.1 – 1	+- 0.01
Malo	1 – 4	+- 0.3
Regular	4 – 10	+- 1.5
Bueno	10 – 40	+- 3
Muy bueno	40 – 100	+- 8
Extremadamente bueno	100 – 400	+- 40
Excepcionalmente bueno	400 - 1000	+- 100

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Cálculo del RMR a partir del Q de Barton

Utilizaremos la siguiente formula

$$RMR = 9\,LnQ + 44$$

$$RMR = 9\,(2.70) + 44$$

$$RMR = 65$$

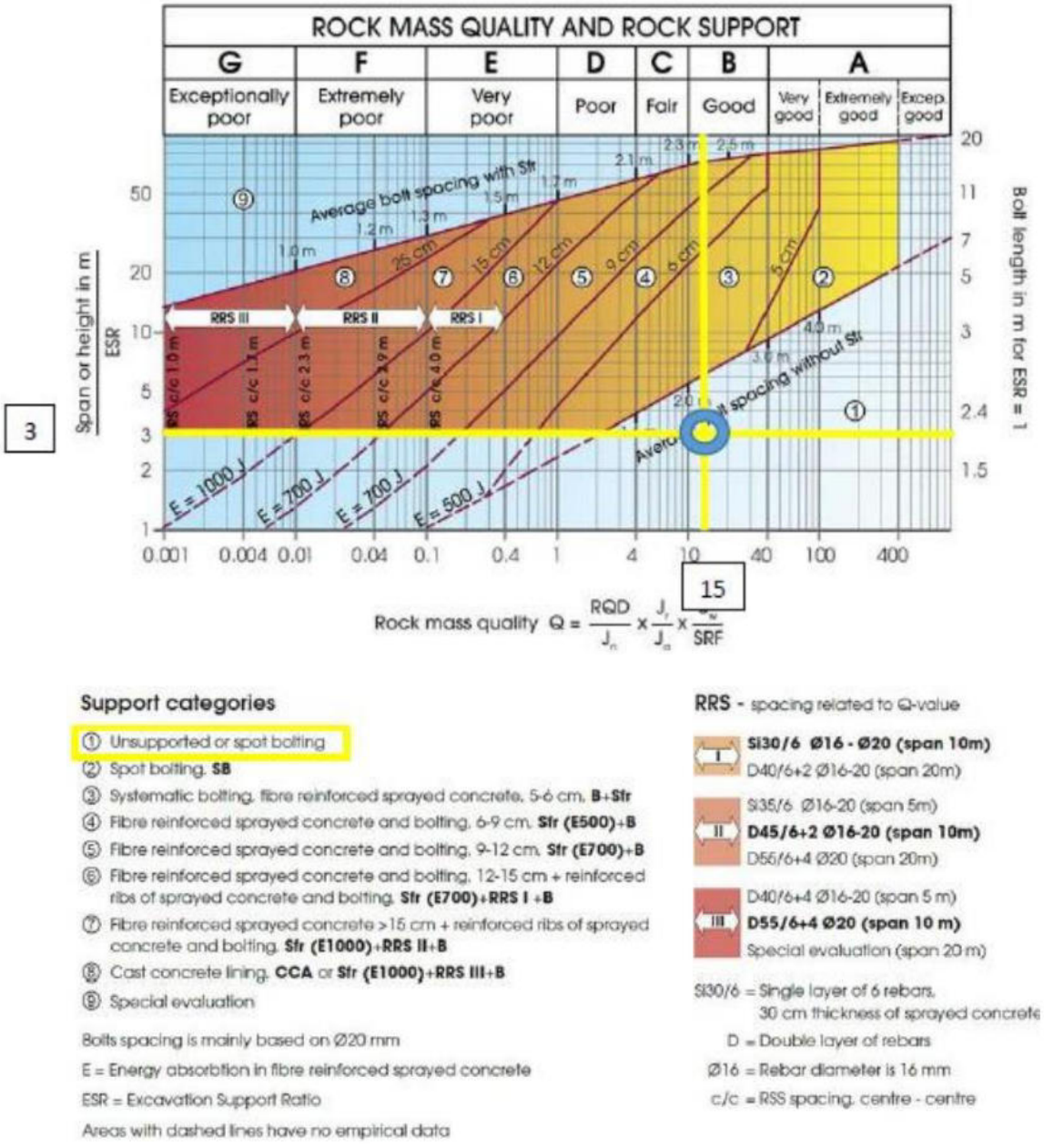
Tabla 16.

Clasificación geo mecánica final de bieniawski

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA FINAL		
RMR suma de los puntajes de las tablas	**Clasificación del Macizo rocoso**	**Clase**
81 - 100	Muy Bueno	I
61 – 80	Bueno	II
41 – 60	Medio	III
21 – 40	Malo	IV
0 – 20	Muy Malo	V

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Cálculo del tipo de sostenimiento



Support categories

① Unsupported or spot bolting
② Spot bolting. **SB**
③ Systematic bolting, fibre reinforced sprayed concrete, 5-6 cm. **B+Sfr**
④ Fibre reinforced sprayed concrete and bolting, 6-9 cm. **Sfr (E500)+B**
⑤ Fibre reinforced sprayed concrete and bolting, 9-12 cm. **Sfr (E700)+B**
⑥ Fibre reinforced sprayed concrete and bolting, 12-15 cm + reinforced ribs of sprayed concrete and bolting. **Sfr (E700)+RRS I +B**
⑦ Fibre reinforced sprayed concrete >15 cm + reinforced ribs of sprayed concrete and bolting. **Sfr (E1000)+RRS II+B**
⑧ Cast concrete lining. **CCA** or **Sfr (E1000)+RRS III+B**
⑨ Special evaluation

Bolts spacing is mainly based on Ø20 mm
E = Energy absorbtion in fibre reinforced sprayed concrete
ESR = Excavation Support Ratio
Areas with dashed lines have no empirical data

RRS - spacing related to Q-value

I — **Si30/6 Ø16 - Ø20 (span 10m)**
D40/6+2 Ø16-20 (span 20m)

II — Si35/6 Ø16-20 (span 5m)
D45/6+2 Ø16-20 (span 10m)
D55/6+4 Ø20 (span 20m)

III — D40/6+4 Ø16-20 (span 5 m)
D55/6+4 Ø20 (span 10 m)
Special evaluation (span 20 m)

Si30/6 = Single layer of 6 rebars, 30 cm thickness of sprayed concrete
D = Double layer of rebars
Ø16 = Rebar diameter is 16 mm
c/c = RSS spacing, centre - centre

5.2.4. Conclusión del caso

No requiere tipo de sostenimiento ya que según los resultados nos indica que presenta un macizo rocoso de calidad buena, por lo tanto no representaran un verdadero peligro duran el minado.

CONCLUSIONES

Con el estudio geomecánico se logró analizar las condiciones del macizo rocoso que está formado por roca sedimentaria de tipo granodiorita con una textura fina de cuarzo y feldespatos. para determinar el tipo de sostenimiento que iba tener según las propiedades físicas que la roca indique.

Asimismo, establezca procedimientos de drenaje eficaces para reducir los efectos negativos del agua que podrían agravar el problema de la inestabilidad del macizo rocoso. Además, se aconseja emplear el Índice de Resistencia Geológica (GSI) de Hoek-Brown, que se utiliza para estimar un soporte basado en descripciones geológicas en trabajos temporales

Se determinó que no requería ningún tipo de sostenimiento, ya que según los estudios mediante las clasificaciones geomecánicas indican que la roca es de tipo II: buena calidad. Por ende, pueden trabajar de manera segura y optima en sus operaciones de la Unidad Minera.

Los desprendimientos de rocas darán lugar a menos incidencias y percances en la Unidad Minera de San Antonio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar evaluaciones geomecánicas del macizo rocoso en labores de profundización, ya que a mayor profundidad existirá mayor presión de los cuerpos y una mayor temperatura para así poder cambiar quizá el tipo de sostenimiento.

Contar con el personal adecuado para el estudio geo mecánico, para así realizar dicho estudio de manera correcta, efectiva y óptima para que así los datos obtenidos tengan un alto grado de seguridad y veracidad.

Con el fin de minimizar los accidentes causados por los desprendimientos de rocas, el Departamento de Geomecánica debe priorizar la prestación de un apoyo adecuado junto con la planificación de la Unidad Minera de San Antonio.

BIBLIOGRAFÍA

Calcina Bedoya, E. (2018). DISEÑO Y SOSTENIMIENTO DEL BYPASS 942 (NIVEL 3340) PARA OPTIMIZAR LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES EN LA MINA CHIPMO. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA*. http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5055/MIcabee.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carhuamaca Guerrero, J. P. (2013). Evaluación y optimización del sostenimiento con cimbras en minería subterránea. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA*. http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2342496

Ccora, C. (2019). *Determinación de las condiciones del macizo rocoso en la profundización del avance en la zona esperanza del nivel 23 mediante un análisis geo mecánico en la unidad minera americana de Cia. Minera Casapalca* (C. Ccora, Ed.).

Cerrón Rosales, J. H. (2020). *Propuesta de elección de tipo de sostenimiento por utilizarse en la Unidad de Producción Yauricocha, Lima*. UNIVERSIDAD CONTINENTAL. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9756/4/IV_FIN_110_TI_Cerron_Rosales_2020.pdf

Diaz, J. (2015). *Caracterización geomecánica y comportamiento de la excavación de un Túnel de desvió en el proyecto hidroeléctrico SAVEGRE* (J. Diaz, Ed.). Universidad de Costa Rica, escuela centroamericana de Ingenierías.

Geotecnia Facil. (2020). *Índice de Resistencia Geológica GSI (Geological Strength Index)*. https://geotecniafacil.com/gsi-indice-resistencia-geologica/

Granados Herrera, E. E. (2019). Diseño del sostenimiento en arcos de acero bajo la influencia de presiones generadas por la explotación por tajo de la Mina Tauro en el municipio de Guacheta-Cundinamarca. *TRABAJO DE PREGRADO - COLOMBIA*. http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3175680

Lazaro Quicaña, J. J., & Velez Rojas, G. J. (2020). Diseño y evaluación de sostenimiento de labores de desarrollo para minería artesanal del sector de Ollachea-Puno Caso de estudio". *UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL PERÚ*. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3774/Juan%20Lazaro_Gerardo%20Velez_Tesis_Titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lazo Laura, R. A. O. (2020). Optimización del sistema de sostenimiento de las labores subterráneas para una mina con problemas de altos esfuerzos. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU*. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15944

Loarte Trujillo, O. J. (2018). GEOMECANICA PARA EL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES MINERAS EN LA CORPORACIÓN MINERA TOMA LA MANO – CORMITOMA S.A. – AÑO 2018. *UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"* .

MiningPress. (2016, agosto). *Ilo: El Nuevo Sureño, el proyecto de Chaspaya*. https://miningpress.com/nota/300220/ilo-el-nuevo-sureno-el-proyecto-de-chaspaya-

Moscoso, G., & Sacha, I. (2015). *Estudio comparativo entre la clasificación geomecánica de índice de resistencia geológica GSI y rango de Macizo rocoso en el sostenimiento de la masa rocosa* (G. Moscoso & I. Sacha, Eds.). Universidad Nacional de Huancavelica.

Orellana Mendoza, E. E. (2020). Selección de la alternativa óptima de sostenimiento en rampas para el control de inestabilidades subterráneas. *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ*. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5862/T010_19913461_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Oriundo Yaranga, N., & Rojas Gallegos, L. (2008). El índice de resistencia geológica (GSI) y su aplicación en la explotación de la mina Huarón. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2196

Rosado, B. (2018). *Caracterización y clasificación geomecánica del cuerpo intrusivo ubicado en la vía perimetral de los cantones Nobol, provincia de Guayas* (B. Rosado, Ed.). Universidad de Guayaquil.

SALAZAR MUÑOZ. (2012, febrero). *COMPAÑIA MINERA CHASPAYA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA*. https://compuempresa.com/info/compa-ia-minera-chaspaya-sociedad-anonima-cerrada-20532850313

Salazar Muñoz, J., Salas Medina, J., & Hilasaca Gomez, H. (2016). *reporte geologico del proyecto minero "el nuevo sureño" provincia de Ilo departamento de moquegua peru*. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/pdf-reporte-geologico-del-proyecto-minero-el-nuevo-sureo-provincia-de-ilo-departamento-de-moquegua-peru_compress.pdf

Suasnabar Ortega, P. J. (2019). Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la compañia Minera Casapalca S.A. *UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN*. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1564/1/T026_47344236_T.pdf

Trujillo, L. (2018). *Geomecánica para el diseño de sostenimiento de las labores mineras en la Corporación Minera Toma la Mano-CORMITOMA* (L. Trujillo, Ed.). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Uchamaco Alanoca, W. B. (2019). Evaluación geomecánica para determinar el diseño de sostenimiento en minería subterránea: caso Ana María - Rinconada. *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO*. http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3280008

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : ROBERT ANTONY VEGA QUISPE
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 74083604
Correo electrónico : robert.vega.q30@gmail.com
Teléfono/Celular : 928569239

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado ( )
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía (X)
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis ( )
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico (X)

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : **"DETERMINACION DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE LAS CLASIFICACIONES GEOMECANICAS GSI, RMR Y Q DE BARTON EN LAS LABORES DE LA UNIDAD MINERA SAN ANTONIO - COMPAÑIA MINERA CHASPAYA S.A.C. 2021"**
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.07.05
c) Fecha de publicación : 2022

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : **AGAPITO FLORES JUSTO**
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 00479949
c) ORCID : 0000-0002-6054-9471

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : **74083604**
NOMBRES Y APELLIDOS : **ROBERT ANTONY VEGA QUISPE**

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(__x__) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : **74083604**

NOMBRES Y APELLIDOS : **Robert Antony Vega Quispe**

FECHA : **2022**

