

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Clasificaciones geomecánicas para estimación del tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor  
BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021

Presentado por:

Lindbergh Ordoñez Moreano

Para optar el Título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

**“CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS PARA ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE AUTOSOORTE EN NIVEL 4306 LABOR BP 4306-SW EN LA U.O. PALLANCATA, AYACUCHO 2021”**

Presentado por **LINDBERGH ORDOÑEZ MOREANO**, para optar el Título de:  
**INGENIERO DE MINAS**

Sustentado y aprobado el 03 de marzo del 2023, ante el jurado evaluador:

**Presidente:**

*Ing. Hilario Carrasco Kolque*

**Primer Miembro:**

*Ing. Edgar Crispín Huacac Farfan*

**Segundo Miembro:**

*Mstro. Dariensko Ronald Bustos Villena*

**Asesor:**

*Mstro. José Adolfo Cárdenas Catalán*

### **Agradecimiento**

*Agradezco a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, que es mi alma mater gracias a la cual soy profesional, por lo que me dio la oportunidad de formarme como profesional.*

*Tengo el honor de poder agradecer a mis padres por su apoyo incondicional durante el tiempo que cursaba la universidad.*



## **Dedicatoria**

*Esta investigación la dedico con cariño a mis padres Oscar y Vilma y a mis queridos hijos Reyli y Alessia de igual modo dedico a mi pareja Rita por su apoyo incondicional y a mi hermana Kathia está por su apoyo moral que tanto me sumaba para lograr esta investigación.*



“Clasificaciones geomecánicas para estimación del tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor  
BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021”

línea de investigación: Geología, geotecnia y medio ambiente

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1 Descripción del problema .....	4
1.1.1 Generalidades de la mina .....	5
1.1.1.1 Historia de la mina.....	5
1.1.1.2 Fuerza laboral y campamento minero .....	5
1.1.1.3 Métodos de explotación.....	6
1.1.1.4 Planta concentradora.....	6
1.1.1.5 Medio ambiente y gestión de seguridad .....	7
1.1.1.6 Comercialización .....	7
1.1.1.7 Cierre de mina .....	8
1.2 Enunciado del Problema .....	9
1.2.1 Problema general.....	9
1.2.2 Problemas específicos .....	9
1.2.3 Justificación de la investigación.....	10
<b>CAPÍTULO II</b> .....	11
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	11
2.1 Objetivos de la investigación .....	11
2.2.1 Objetivo general .....	11
2.2.2 Objetivos específicos.....	11
2.2 Hipótesis de la investigación .....	11
2.2.3 Hipótesis general .....	11
2.2.4 Hipótesis específicas .....	12
2.3 Operacionalización de variables .....	13
<b>CAPÍTULO III</b> .....	14
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	14
3.1 Antecedentes .....	14
3.1.1 A nivel internacional .....	14
3.1.2 A nivel nacional.....	16
3.2 Marco teórico .....	20
3.2.1 Clasificaciones geomecánicas .....	20
3.2.1.1 Propiedades mecánicas de la labor .....	21
3.2.1.1.1 El RMR de Bieniawski (1989) .....	21



3.2.1.1.2	Clasificación geomecánica de Barton.....	25
3.2.1.1.3	Clasificación según el índice de GSI.....	32
3.2.1.1.4	Resistencia a compresión simple.....	33
3.2.1.2	Propiedades físicas.....	34
3.2.1.2.1	Peso específico o peso unitario.....	34
3.2.1.2.2	Porosidad.....	35
3.2.1.2.3	Absorción.....	35
3.2.1.2.4	Factor de esponjamiento.....	35
3.2.1.2.5	Peso específico Aparente.....	36
3.2.2	Tiempo de Autosoporte.....	36
3.2.2.1	Sostenimiento.....	36
3.2.2.2	Tipos de sostenimiento.....	37
3.2.2.3	Calidad de la roca.....	37
3.2.2.4	Ancho de excavación.....	37
3.3	Marco conceptual.....	39
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>41</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>41</b>
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	41
4.2	Diseño de la investigación.....	41
4.3	Descripción ética de la investigación.....	42
4.4	Población y muestra.....	42
4.5	Procedimiento.....	42
4.6	Técnica e instrumentos.....	43
4.7	Análisis estadístico.....	43
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>44</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>		<b>44</b>
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>44</b>
5.1	Determinación de las clasificaciones Geomecánicas mediante las propiedades mecánicas del macizo rocoso, para la estimación del tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.....	44
5.1.1	Calculo de RMR de labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata.....	44
5.1.1.1	Cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial de matriz rocosa.....	45
5.1.1.2	Cálculo de la resistencia a la compresión simple de matriz rocosa mediante el martillo Schmidt.....	46
5.1.2	Calculo del RQD de labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata.....	50
5.1.3	Cálculo del GSI de la labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata.....	50
5.2	Determinación de las clasificaciones geomecánicas mediante las propiedades físicas del macizo rocoso para la estimación del tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.....	51
5.2.1	Resultados de las propiedades físicas de la labor.....	51

5.3	Determinación el tiempo de autoaporte mediante la calidad del macizo rocoso en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.....	52
5.4	Determinación del ancho de excavación, para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.....	54
<b>DISCUSIONES .....</b>		<b>55</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>56</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>56</b>
6.1	Conclusiones .....	56
6.2	Recomendaciones .....	58
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>59</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>62</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables .....	13
<b>Tabla 2</b> — Parámetros de clasificación y sus valoraciones para estimar el RMR .....	22
<b>Tabla 3</b> — Parámetro de resistencia de la roca sana en (Mpa).....	24
<b>Tabla 4</b> — Resistencia a la compresión simple de los diferentes tipos de roca .....	24
<b>Tabla 5</b> — Valoración del Índice de calidad de R.Q.D. ....	26
<b>Tabla 6</b> — Valoración de la rugosidad de las discontinuidades.....	27
<b>Tabla 7</b> — Valoración del número de discontinuidades.....	28
<b>Tabla 8</b> — Valoración del número de discontinuidades.....	28
<b>Tabla 9</b> — Valoración de coeficiente reductor por la presencia de agua .....	30
<b>Tabla 10</b> — Valoración de factor de reducción por tensiones.....	31
<b>Tabla 11</b> — Categoría excavación ESR .....	38
<b>Tabla 12</b> — Resultados de ensayo de ensayo a compresión uniaxial.....	45
<b>Tabla 13</b> — Sistema de valoración de la masa rocosa-RMR (según bieniawski 1989).....	48
<b>Tabla 14</b> — Valoración del RMR.....	49
<b>Tabla 15</b> — Calculo del Q del macizo rocoso de la labor BP 4306-SW .....	50
<b>Tabla 16</b> — Calculo del GSI de la labor BP 4306-SW .....	50
<b>Tabla 17</b> — Resultados de propiedades físicas del macizo rocoso de la labor BP 4306-SW ..	52
<b>Tabla 18</b> — Leyenda de clasificación definitiva de la roca.....	52
<b>Tabla 19</b> — Tiempo de autosoporte según el tipo de roca .....	53
<b>Tabla 20</b> — Matriz de consistencia .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> — Labor en investigación nivel 4306 BP 4306-SW .....	4
<b>Figura 2</b> — Grafico para determinar el parámetro de la resistencia a la compresión simple..	25
<b>Figura 3</b> — Grafico para determinar el índice RMR, para el parámetro R.Q.D. ....	27
<b>Figura 4</b> — Cartilla de Sostenimiento según GSI .....	32
<b>Figura 5</b> — Cartilla de Sostenimiento según GSI .....	33
<b>Figura 6</b> — Resistencia a la compresión en campo haciendo uso del martillo de Schmidt ...	46
<b>Figura 7</b> — Abaco de correlación – Índice de rebote y UCS .....	47
<b>Figura 9</b> — Tiempo de autosoprote de la labor BP 4306-SW .....	53
<b>Figura 10</b> — Cartilla geomecanico de la compañía Hochschild mining.....	57
<b>Figura 11</b> — Reconocimiento del equipo en el laboratorio de mecánica de rocas de la escuela de ingeniería de minas – Unamba.....	64
<b>Figura 12</b> — Boca mina principal y Reconocimiento de la Unidad Minera pallancata .....	64
<b>Figura 13</b> — Realización de ensayo de ensayo de compresión uniaxial en el laboratorio de mecánica de rocas de la escuela de ingeniería de minas – Unamba.....	65
<b>Figura 14</b> — Realización de ensayo de compresión uniaxial en el laboratorio de mecánica de rocas de la escuela de ingeniería de minas – Unamba.....	65
<b>Figura 15</b> — Realización de ensayo de compresión uniaxial en el laboratorio de mecánica de rocas de la escuela de ingeniería de minas – Unamba.....	66
<b>Figura 16</b> — Realización de ensayo de compresión uniaxial.....	66
<b>Figura 17</b> — Uso del martillo de Schmidt para la estimación de la resistencia en el lugar (insitu).....	67
<b>Figura 18</b> — Preparación de muestras en el laboratorio .....	68
<b>Figura 19</b> — Vista de los equipos y materiales que se utilizaron para el ensayo de la resistencia de rocas .....	68
<b>Figura 20</b> — Calibración de los equipos de ensayo .....	69
<b>Figura 21</b> — Vista del investigador en el laboratorio de mecánica de rocas de escuela profesional de Ingeniería De Minas.....	69
<b>Figura 22</b> — Reconocimiento de Roca para realizar el ensayo correspondiente en una labor subterránea.....	70
<b>Figura 23</b> — Ensayo de calidad de roca con martillo de Geólogo.....	70
<b>Figura 24</b> — Fotografía en el frente de trabajo en la mina Pallancata( estimacion de las rocas para llevar al laboratorio) .....	71
<b>Figura 25</b> — Identificación de las facturas en el In-situ .....	72
<b>Figura 26</b> — Imagen isometrico de la labor en investigación.....	73
<b>Figura 27</b> — Estimacion de la resistencia del macizo rocoso .....	73
<b>Figura 28</b> — Resultados de ensayo a la compresion uniaxial .....	
<b>Figura 29</b> — Resultados de ensayo de las propiedades físicas de la roca.....	
<b>Figura 30</b> — Cartilla geomecanica de U.O. Pallancata.....	83

<b>Figura 31</b> — Mapeo geomecanico de RMR, Q y GSI .....	85
<b>Figura 32</b> — Valores de los parametros caracteristicos del sistema Q de Barton.....	86



## INTRODUCCIÓN

La explotación minera en los países del mundo, han optado a tener prácticas seguras para salvaguardar el recurso más valioso su personal, razón a ello la tecnificación y la aplicación del conocimiento de la geomecánica de rocas, se ha hecho más importante cada vez más y con variables que aún no definidas, estas por las complejidades que presenta el terreno. En el enfoque nacional, el estudio de mecánica de rocas hace unas décadas no tenía precisión, por el mismo hecho de no contar con los especialistas, y acercándose a nuestros tiempos, las organizaciones internacionales de seguridad han hecho de que las actividades de minería cumplan con la aplicación de la legislación minera y en algunos casos acogerse a las normas internacionales con la finalidad de que la explotación se vea de un enfoque más técnico y moderno.

La minería en nuestro país tiene deficiencias, en el aspecto de conocimiento del terreno, sin embargo, los estudios de las rocas como Bienaswki y Barton dieron mucho aporte a la geomecánica que gracias a ello, en el mundo se puede cuantificar la caracterización del macizo rocoso y a partir de ello se diseña mediante la ingeniería para dar mejores condiciones seguras de ejecución, de las excavaciones subterráneas, por ello mediante esta investigación titulada **“Clasificaciones geomecánicas para estimación del tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021”**, se inició con la determinación cuantitativa de las propiedades mecánicas y físicas de la labor y estimar el tiempo de autosoporte, aportando mediante este trabajo de investigación, el conocimiento de las clasificaciones geomecánicas.

En el presente trabajo de investigación se propuso determinar las clasificaciones geomecánicas para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.

Para ello el siguiente estudio, se encuentra estructurado de los siguientes principales capítulos; primero el Capítulo I, referidos al planteamiento del problema, segundo el Capítulo II, a los objetivos e hipótesis; tercero el capítulo III, que corresponde a los antecedentes, marco teórico y marco conceptual; cuarto el Capítulo IV, está que corresponde al diseño de la metodología; cuarto en esta se refiere a los resultados y discusión; quinto el Capítulo V se muestran los resultados y discusiones y finalmente sexto el capítulo VI se culmina con las conclusiones y recomendaciones.



## RESUMEN

En la presente investigación titulada: Clasificaciones geomecánicas para estimación del tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021 tuvo el **objetivo** determinar las clasificaciones geomecánicas para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021, se aplicó el **método** deductivo, tipo: aplicada, nivel: descriptivo–explicativo de diseño experimental siendo la población la U.O Pallancata y la muestra labor BP 4306-SW. Se obtuvo **Los resultados** que al realizar el estudio de las RMR de Bienaswki se obtuvo un RMR básico de 53 y un RMR corregido de 48 y condiciones secas se obtuvo un RMR de 58 y con lo que corresponde a la determinación de índice de Q de Barton de la labor de haber realizado el mapeo geomecánico se obtuvo un Q de 8.13 y un Q' de 16.25. y además haciendo uso de las clasificaciones geomecánicas además se estimó el índice de GSI se obtuvo 53. Finalmente se calculó de dos maneras la resistencia a la compresión de la roca predominante de la caja techo hastial derecho y hastial izquierdo la primera mediante el ensayo de compresión uniaxial y la segunda mediante el martillo Schmidt este segundo en el lugar o ínsito. La resistencia según el ensayo de resistencia a la compresión uniaxial es de 132.60 Mpa, 130.11 Mpa y 114.04 Mpa haciendo un promedio de resistencia a la compresión uniaxial de 125.58 Mpa, y la otra forma mediante el ensayo del martillo Schmidt se obtuvo una resistencia de 117 Mpa la investigación se **concluye** que según la litología de la mina la roca predominante es la andesita por lo que se determinó mediante la clasificación RMR planteada por Bieniawski, por lo que el RMR de la roca en condiciones seca es de 58 por lo que el RMR considerado para la labor es 48, además de haber realizado el mapeo geomecánico y se estimó el Q resultado de 8.13 y se consideró el RMR de 48 y siendo la calidad de la roca de clase III de sub clase de III-A calidad regular.

**Palabras clave:** autoaporte, clasificaciones geomecánicas, geomecánica, litología.



## ABSTRACT

In the present investigation entitled: Geomechanical classifications for estimation of self-support time at level 4306, work BP 4306-SW at the U.O. Pallancata, Ayacucho 2021 had the objective of determining the geomechanical classifications to estimate the self-support time at level 4306 labor BP 4306-SW in the U.O. Pallancata, Ayacucho 2021, the deductive method was applied, type: applied, level: descriptive-explanatory of experimental design, the population being U.O Pallancata and the labor sample BP 4306-SW. The results that when carrying out the study of the RMR of Bienaswki, a basic RMR of 53 and a corrected RMR of 48 were obtained and dry conditions an RMR of 58 was obtained and with what corresponds to the determination of RQD of the work to have been carried out geomechanical mapping, an RQD of 8.13% and a Q' of 16.25% were obtained. and also making use of the geomechanical classifications, the GSI index was also estimated, 53 was obtained. Finally, the compressive strength of the predominant rock of the right gable and left gable roof box was calculated in two ways, the first by means of the load test punctual and the second by means of the Schmidt hammer this second in the place or insito. The resistance according to the uniaxial compression resistance test is 132.60 Mpa, 130.11 Mpa and 114.04 Mpa, with an average compression resistance of 125.58 Mpa, and the other way, through the Schmidt hammer test, a resistance of 117 Mpa was obtained. The investigation concludes that according to the lithology of the mine, the predominant rock is andesite, which is why it was determined by the RMR classification proposed by Bieniawski, so the RMR of the rock in dry conditions is 58, so the RMR considered for the work it is 48, in addition to having carried out the geomechanical mapping and the RQD result of 8.13% was estimated and the RMR of 48 was considered and the quality of the rock is class III of sub class III-A regular quality.

**Keywords:** *self-support, geomechanical classifications, geomechanics, lithology.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

La unidad operativa pallancata, siendo una de las unidades operativas en producción del grupo Hochschild minig, en la mina pallancata cuenta con el departamento de geotecnia para que mediante los procedimientos del sistema de gestión de seguridad, todas las jornadas de labor se controla, se muestrea y se identifica la caracterización del macizo rocoso, en todas las labores de producción y además en las labores de desarrollo, sin embargo, los problemas se suscitan cuando la labor de excavación es de sección 4m de ancho por una altura de 4m siendo la sección de 4m x 4m. siendo la longitud de estudio de 50m en promedio, Está por el mismo del sistema de explotación mecanizado, que en este tipo de sistemas de explotación, se utilizan los equipos motorizados, como la perforación, transporte y entre otras actividades unitarias de la mina, estas secciones de labor presentan riesgos y peligros, sobre todo el tiempo de autosoporte que prevalece hasta realizar las actividades de minado en la labor.

La caracterización del macizo rocoso, se controla mediante herramientas y modelos matemáticos, por el departamento de geotecnia de la compañía en consecuencia es importante conocer y estimar el tiempo de autosoporte, esta del techo y los hastiales de la labor en ejecución, además la existencia de las aguas subterráneas que afectan e incrementan la carga y que expone a un posible estallido y/o derrumbe de las labores, entonces la caracterización del macizo rocoso es de un buen aporte según expuesto la problemática.



Figura 1 — Labor en investigación nivel 4306 BP 4306-SW

## 1.1.1 Generalidades de la mina

### 1.1.1.1 Historia de la mina

Los trabajos históricos de suscitan desde épocas de la colonia, en lo que se han encontrado a lo largo de las vetas Pallancata y Mariana como labores a media barreta y pequeñas canchas de mineral entre los años 1970 y 1980 el titular sr. Javier Triviño ha trabajado la veta Pallancata en pequeña escala esporádicamente, además se cita la reseña histórica:

- En 1970 se iniciaron los trabajos al encontrar evidencias de la veta de Tumiri, trabajos realizados por los españoles.
- En 1973 se inició con la producción de la veta tumiri por minerales de Ag, cerrándose en 1980 por la caída del precio de los minerales y problemas del terrorismo en el país.
- En 1983 el grupo Hochschild inicio su presencia en el área.
- En 1984 la compañía inicio campañas de exploración descubriendo las vetas don Enrique y Orión, Santa Angela al NW de la veta Diana.
- En 1985 Hochschild suspende las actividades de exploración t reanuda en 1994.
- En 2001 se crea la compañía minera Suyamarca para explotar la veta don Enrique y la veta Orión ambas en Pallancata.
- En 2007 se explota la veta Diana en Santa Angela por minerales de Ag y Au.
- En febrero del 2007 se inicia con la producción de minerales de Ag con 2000 tm<sup>3</sup>/día y ahora la producción es de 3500 tm<sup>3</sup>/día.

### 1.1.1.2 Fuerza laboral y campamento minero

La unidad operativa pallancata se ubica en el distrito de coronel Castañeda en la provincia de Parinacochas en la región de Ayacucho se estima a 520 Km al sudeste de Lima y 180 Km al SW del Cusco.

La compañía minera Ares S.A.C. cuenta con áreas en la cual cuenta con promedio de personal de 120 trabajadores siendo directivos y jefes de áreas y la otra parte apoya de contratistas y/o proveedores que con su propia fuerza laboral debidamente calificada y con condiciones buenas de salud estas comprenden en promedio de 200 trabajadores y finalmente se La compañía minera Ares S.A.C. se apoya de personal de piso estas siendo comuneros del área de influencia directa.



El campamento minero cuenta con las instalaciones de oficinas, dormitorios, laboratorios, guardianías, almacenes, parqueos y entre otros típicamente con instalaciones de una mina para la mejor comodidad del personal.

#### **1.1.1.3 Métodos de explotación**

La explotación en la U.O. Pallancata es una mina subterránea, la explotación radica en el método de minado que se está usando actualmente por el método de subniveles ascendentes con relleno en pasta y a la fecha se ha mejorado con relleno de pasta cementado, Esta tecnología brinda una serie de ventajas desde el punto productivo y medio ambiental El presente artículo se presentan los resultados de la comparación económica del relleno en pasta con el relleno cementado para la U.O. Pallancata como método para el manejo de los relaves provenientes del proceso de concentración por flotación de su planta de beneficio en la planta de Selene y su disposición final en las labores subterráneas de mina U.O. Pallancata. El Proceso de preparación de relleno consiste en mezclar la fracción gruesa de los relaves con cemento, brindándole determinadas características de resistencia a la compresión para ser empleado como relleno de grandes volúmenes en interior mina, así como en otras labores. Conforme a lo establecido en el estudio de factibilidad, se contempla la utilización de los relaves obtenidos de la Planta de Desaguado existente con malla Nro. 200 así como agregado no mayor de 3 pulgadas, en actual ejecución ubicada en Selene.

#### **1.1.1.4 Planta concentradora**

La planta concentradora desde los inicios de la explotación se venía realizando las mejoras según las pruebas metalúrgicas, a la fecha se cuenta con equipos de chancado y molienda que justifican la capacidad de proceso de un total de 3500 tm<sup>3</sup>/día. Comprenden los componentes área de acopio de mineral procedente de mina, tolva de gruesos, área de chancado primario y chancado secundario, área de molienda y remolienda, área de lixiviación, flotación, decantación y área de relaves.



#### **1.1.1.5 Medio ambiente y gestión de seguridad**

La U.O Pallancata cuenta con área de medio ambiente y de seguridad es una de las empresas con las mejores prácticas siendo el sistema de gestión con la certificación internacional los compromisos y responsabilidades lo practican desde los directivos hasta el último trabajador por lo que en la U.O. Pallancata se tiene implementado el sistema de gestión de riesgos SGR DNV y para el medio ambiente se ha implementado y certificado el ISO 14001 y otros reconocimientos.

El sistema de gestión de seguridad DNV (Det norske veritas) “la verdad noruega” proporciona herramientas para el control de perdidas, estas se presentan de manera sistemática en un conjunto de 20 elementos 126 subelementos y más de 650 requisitos que contienen estándares y PETS denominados corporativos que sirven como guía para el desarrollo del sistema de gestión.

El sistema integrado de gestión de HOSCHSCHILD MINING DNV, el cual alcanzo el nivel 6 de certificación en el año 2011 a nivel corporativo y el nivel 7 en la unidad económica administrativa Pallancata luego de ser implementado en el año 2008. Invita a la empresa especializada IESA a la aplicación del SIG HOSCHSCHILD MINING DNV como obligación para continuar sus actividades en Pallancata alineándose a la corporación.

El sistema DNV tiene 10 niveles en función a los cuales los elementos del sistema deben cumplir con algunos requisitos que van en aumento de acuerdo al nivel. En general la HOSCHSCHILD MINING DNV dentro de sus operaciones y prevenir la ocurrencia de accidentes e incidentes que puedan causar impactos negativos afectar a personas, equipos, materiales y ambiente de trabajo en la mina.

#### **1.1.1.6 Comercialización**

La producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A. Para el planeamiento consistió en la estimación de los recursos minerales y reservas para la explotación, el plan de laboreo, el programa de avances, la generación de desmonte, el ciclo de minado, el plan de consumo de insumos (materiales y equipos), proyección de personal y de proveedores. Este planeamiento contribuyó a que la producción real



(767,562.77 Ton) alcanzó un incremento del 3% de lo planeado (749,441.93 Ton), asimismo los costos reales fueron US\$ 95.62/ton resultando ligeramente inferior a lo planificado de US\$ 95.91/ton. Este crecimiento de producción permitió el incremento de finos de Plata y Oro, los cuales generaron mayores ingresos por ventas de plata equivalente, generando un aumento del margen operativo bruto en US \$ 408,130. De acuerdo a la evaluación económica del plan de producción proyectado y real del 2021, se observa una mejora sustancial en el tonelaje extraído y con la consecuente reducción de costos e incremento de los ingresos. Así mismo, considerando una tasa de descuento del 12% se realizó una evaluación del flujo de caja proyectado y real generando un incremento en el Valor Presente Neto (NPV) de US \$ 630,207 y de la Tasa Interna de Retorno del 19%, incrementando la rentabilidad operativa de la Unidad Minera Pallancata.

#### **1.1.1.7 Cierre de mina**

Hochschild detiene producción de mina Pallancata y acciones bajan a 5.3%. El bloqueo de carreteras y la renegociación del uso de tierras por parte de pobladores en Ayacucho, motivaron al grupo Hochschild suspender temporalmente las operaciones en su unidad minera Pallancata.

Los manifestantes reclaman una compensación económica de la empresa a cambio de cederles el derecho de uso y paso en su propiedad.

El cierre de producción repercutió gravemente en su desempeño accionarial en la Bolsa de Metales de Londres, donde sus activos cotizaban 5.3% a 230 peniques (9.84 soles). Los precios de la plata se negociaban el jueves con una baja de 1.7% a US\$ 16.53 por onza.

En octubre, Hochschild proyectó que su producción de plata alcanzaría 35 millones de onzas equivalentes a costos sostenibles – el costo total de mantener la producción y el gasto de capital – en el rango de entre 11 y 11,5 dólares por onza de plata equivalente.



Sin embargo, la minera, que opera yacimientos en Perú, Chile y Argentina, dijo que sus previsiones de costos y producción del 2016 no serían afectadas por la detención de sus faenas de extracción.

La U.O. Pallancata, ubicada en Ayacucho, produce plata y oro. El mineral es transportado 22 kilómetros hasta la planta de Selene para su procesamiento. La unidad minera inició su funcionamiento en el 2007 con participación accionarial de Hochschild (60%) e International Minerals Corporation-IMZ (40%). Seis años después, la compañía británica compró IMZ para convertirse en la propietaria total.

Finalmente, la compañía ha presentado a la osinerning y dgfm el expediente de cierre de mina en estas completa el cierre progresivo, cierre final y post cierre con la debida garantía efectuada ante la entidad competente y aprobado por MINEM.

## **1.2 Enunciado del Problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo son las clasificaciones geomecánicas para estimar el tiempo de autoaporte en el nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo son las propiedades mecánicas del macizo rocoso, para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?
- ¿Como son las propiedades físicas del macizo rocoso, para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?
- ¿Cuál es la calidad de la roca, para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?
- ¿Cuál es el ancho de excavación, para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?



### 1.2.3 Justificación de la investigación

Esta investigación se justifica como aporte de la teoría y aplicación de la teoría, modelos matemáticos a favor de la investigación, en específico en la U.O. Pallancata con la finalidad de determinar las propiedades geomecánicas y propiedades físicas de las rocas en la labor en explotación en el nivel 4306, para estimar el tiempo de autoaporte, esta con análisis de las clasificaciones geomecánicas para su proyección de la ejecución de la BP 4306 SW en producir el mineral de manera segura y eficiente previniendo los accidentes, sobre todo cuando exista los desprendimientos de las rocas.

La justificación de esta indagación, se arraiga la contribución de la teoría y la utilización del método científico al beneficio de la investigación de la caracterización del macizo rocoso, mediante la determinación de las clasificaciones geomecánicas para una correcta estimación del tiempo de autoaporte de las labores de excavación de U.O. Pallancata.



## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **2.1 Objetivos de la investigación**

##### **2.2.1 Objetivo general**

Determinar las clasificaciones geomecánicas para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.

##### **2.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades mecánicas del macizo rocoso, para la estimación del tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.
- Determinar las propiedades físicas del macizo rocoso para la estimación del tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.
- Determinar la calidad de la roca, para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.
- Determinar el ancho de excavación, para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.

#### **2.2 Hipótesis de la investigación**

##### **2.2.3 Hipótesis general**

Es posible estimar el tiempo óptimo de autoaporte con las clasificaciones geomecánicas en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.



#### 2.2.4 Hipótesis específicas

- Es posible determinar las propiedades mecánicas del macizo rocoso para la estimación del tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.
- Es posible determinar las propiedades físicas del macizo rocoso para la estimación del tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.
- La calidad de la roca, influye en el tiempo de autoaporte en el nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.
- El ancho de excavación influye directamente, en la estimación de tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021.



### 2.3 Operacionalización de variables

Variable independiente: Clasificaciones geomecánicas

Variable dependiente: Tiempo de autosoporte

**Tabla 1 — Operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>Variable independiente:</b> Clasificaciones geomecánicas	Las clasificaciones geomecánicas, consiste en que permiten obtener, mediante las correlaciones establecidas, los principales parámetros mecánicos y evaluar sus características para determinar de forma cuantitativa su calidad (RAMIREZ OYANGUREN, y otros, 2004)	Esta variable consistió en realizar los trabajos de campo en cuantificar y analizar las propiedades mecánicas y físicas del macizo rocoso	D1: Propiedades mecánicas del macizo rocoso	I1: RMR I2: RQD I3: GSI	RAZÓN
			D2: Propiedades físicas del macizo rocoso	I1: Peso Específico I2: Porosidad I2: Absorción I3: Peso Específico Aparente	RAZÓN
<b>Variable dependiente:</b> Tiempo de autosoporte	Las labores mineras que permanezcan abiertas, se podrán usar como elemento de sostenimiento el hormigón manteniendo las características técnicas de resistencia a la compresión simple, a la tracción, la flexo-tracción y a la adhesión (DS 023-2017-EM)	Esta variable consistió en realizar la estimación del tiempo de autosoporte a partir de las características mecánicas y físicas de la labor	D1: Calidad de la roca  D2: Ancho de excavación (spam)	I1: Buena I2: Regular I3: Mala I4: Muy mala  I1: Longitud (m)	RAZÓN

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

##### 3.1.1 A nivel internacional

a) Según (OCHOA QUESADA, 2018) en la tesis de posgrado titulado: “Propuesta de una clasificación geomecánica para la evaluación del comportamiento del macizo rocoso en el frente de arranque del Tunel Levisa-Mayari Tramo IV”, fijo como **objetivo**: proponer una clasificación geomecánica que permita evaluar el comportamiento del macizo rocoso en el frente de arranque del túnel Levisa-Mayari Tramo IV, Aplicando una **metodología**: siendo de método científico, La investigación es aplicada, obtuvo los **resultados** siguientes: se obtuvo el macizo rocoso esta fracturado con tres familias de grietas predominantes y según las clasificaciones geomecánicas el mismo se clasifica de calidad muy mala a mala. A partir de ajustes de parámetros del índice de calidad Q con la resistencia a carga puntual se obtiene  $Q=(RQD/J_n * J_r / J_a * J_w / SRF) K_R$ , y la correlación de GSI con ambos se obtiene una ecuación de cálculo con resultados similares a los medidos,  $Q=2*10^{-07} GSI^{4.244}$  ecuación de ajuste de tipo exponencial  $R^2=0.999$ , lo que representa el comportamiento en tiempo real del macizo rocoso en el túnel según la clasificación de GSI ajustada finalmente, fija como **conclusiones**, a partir del análisis de las diferentes clasificaciones geomecánicas empleadas en túneles, de las características geomecánicas del macizo rocoso y del ajuste a sus parámetros fue posible definir la clasificación geomecánica que permita evaluar el comportamiento del macizo en el frente de arranque del túnel Levisa – Mayari Tramo IV y también hace la conclusión que la clasificación GSI de Hoek y Marinos con los ajustes pertinentes es la que más se adecuada a las particularidades de macizo rocoso estudiado, la clasificación Q de Barton ofrece mejores resultados para proyectar soluciones de sostenimiento.



- b) Según (THOMAS CABRERA, 2014) en la tesis de pregrado “**Estudio comparativo entre requerimientos de soporte y fortificación de túneles definitivos según métodos empíricos de clasificación geomecánica versus métodos analíticos y numéricos**” fijo como **objetivo**, evaluar los requerimientos de soporte en túneles obtenidos mediante el uso de metodologías empíricas y comparando sus resultados entre sí y con el resultado de escenarios análogos obtenidos a partir de modelos analíticos y numéricos (software) aplico una **metodología** esta fue una investigación cuantitativa de nivel descriptivo experimental obtuvo los **resultados** siguientes en el contexto descrito y considerando la validez del programa para los casos investigados, se muestran en esta sección los resultados obtenidos en Phase2 los diagramas muestran los desplazamientos totales del macizo rocoso además las zonas de plastificación del macizo, de las diaclasas, del shotcrete y de los pernos instalados según sea el caso finalmente fija como **conclusión** respecto al uso de este programa en esta investigación dice relación con el rango de aplicación donde es posible analizar los modelos usados para la investigación ante la capacidad física (hardware) disponible para este trabajo de título. Dentro de los alcances y objetivos de este trabajo están la búsqueda o estudio del comportamiento de macizos ante la presencia de discontinuidades que lo definan como un material fracturado, esta situación pierde validez cuando los tamaños de bloque analizados tienen espaciamientos demasiado pequeños para las familias de diaclasas, generando modelos de elementos finitos que se acercan más a un comportamiento continuo y de material homogéneo, que a uno con un comportamiento controlado por la interacción de los bloques existentes. Esta situación se verá afectada ante el análisis de una sección de túnel más pequeña, que conduzca a un análisis para un espectro menor de CF ( $CF=Dt/Db$ ) y que evitaría un refinamiento excesivo del modelo, aun manteniendo las características geométricas del macizo rocoso (volumen de bloque).
- c) Según (ALVARADO VALDES, 2020) en la tesis de postgrado “**Modelamiento geostadístico de la clasificación geomecánica de bieniawski (RMR)**” fijo como **objetivo**, generar un modelo predictivo de la clasificación geomecánica de Bieniawski (Rock Mass Rating, RMR) presente



en el yacimiento y cuantificar la incertidumbre en este parámetro mediante simulación geoestadística aplico una **metodología** un procedimiento sintetizado a seguir para llevar a cabo el ejercicio propuesto para un caso de estudio de acuerdo con los objetivos planteados siendo la investigación de enfoque cuantitativo obtuvo los **resultados** las realizaciones permiten determinar el comportamiento esperado del yacimiento, con un escenario promedio de RMR que varía de 50 a 63 en el primer enfoque y de 53 a 64 en el segundo enfoque, clasificándose el dominio simulado en calidad de roca regular o buena. En cada enfoque la probabilidad de visualizar una roca con mala calidad es baja, indicando una zonificación de bajo riesgo para futuras operaciones siguientes finalmente fija como **conclusión** que genero un modelo predictivo de la clasificación geomecánica de Bienawski (Rock Mass Rating, RMR 1989) en un macizo rocoso y cuantifico la incertidumbre de esta clasificación mediante simulación geoestadística. Para esto se realizaron mapas con dos enfoques.

Al comparar los mapas de las realizaciones, se observaron algunas diferencias entre ambos enfoques. La simulación directa (enfoque 1) entrega distribuciones levemente menos dispersas y con una mayor continuidad a corta escala con respecto a la simulación resultantes. Sin embargo, considerando el rango (de 0 a 100) y la dispersión de la variable RMR a modelar, las estadísticas de los errores de validación cruzada son muy similares (tabla 16), no permitiendo establecer la superioridad de uno u otro enfoque en términos de la capacidad de predecir el RMR en sitios no muestreados.

### 3.1.2 A nivel nacional

- a) Según (VALDIVIA DONAYRE, 2020) en la tesis de grado titulado: **“Estimación del comportamiento geomecánico, mediante método de Kriging para el macizo rocoso del cerro Callacpuma - sector Huayrapongo, 2020”**, fijo como **objetivo**: estimo el comportamiento geomecánico del macizo rocoso mediante método de Kriging para el macizo rocoso del cerro Callacpuma - sector Huayrapongo, 2020, Aplicando una **metodología**: siendo de método científico, La investigación es aplicada, con alcance descriptivo y diseño no experimental, obtuvo los **resultados**



siguientes: fueron RCU (resistente a muy resistente), JRC (rugosa), RQD (media a buena), espaciado (medianamente junto). Finalmente, fija como **conclusiones**, la estimación representa una fuente confiable para identificar las zonas críticas del macizo y así ser tomadas en cuenta por parte de las autoridades pertinentes para establecer las medidas preventivas necesarias.

- b) Según (FLORES CHAVEZ, 2021) **Autor** en la tesis de pregrado “**Caracterización geomecánica del macizo rocoso para determinar el tipo de sostenimiento en la concesión minera subterránea Zenit 1, distrito San Luis**” fijo como **objetivo**, realizar la caracterización geomecánica del macizo rocoso para determinar el tipo de sostenimiento en la concesión minera subterránea Zenit 1, distrito de San Luis aplico una **metodología** obtuvo los **resultados** se realizó el mapeo del macizo rocoso para determinar un tipo de sostenimiento adecuado y de acuerdo a los datos obtenidos de la caracterización del macizo rocoso es mala debido al afloramiento que alteraron el macizo rocoso siendo esta inestable para su extracción del mineral se evaluó los parámetros geo mecánicos de RMR De Bieniawski y se determinó que el tipo de sostenimiento depende de la calidad del macizo rocoso y su competencia para determinar mediante estudios geomecánicos el tipo de sostenimiento y el tipo el cual va a durar para las labores mineras, finalmente fija como **conclusión**, en relación al objetivo de la selección de la metodología se encontró que el estudio más completo es de realizar mediante uso de simulación de programas de sostenimientos y esfuerzo atencional del macizo rocoso para evaluar y determinar con mejor aceptación la determinación de un tipo de sostenimiento más adecuado para la extracción de mineral en las labores subterráneas.
- c) Según (TACURI GAMBOA, 2017) en la tesis de pregrado “Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la aplicación del sostenimiento en la mina hércules – cia minera Lincuna S.A” fijo como **objetivo**, determinar el estado geomecanico del macizo rocoso de la mina hércules aplico una **metodología** Aplicando una metodología: siendo de método científico, La investigación es aplicada, con nivel de investigación explicativo obtuvo los **resultados** se determinó cuatro tipos de roca: II-A, II-B, III-A, III-B, IV-A, IV-B y con esto a su vez seleccionar el sistema de sostenimiento más



conveniente finalmente fijo conclusiones, que las clasificaciones geomecánicas tiene dos aplicaciones, la primera es para seleccionar el tipo de sostenimiento que debe aplicarse a una determinada labor subterránea y la segunda es un parámetro para diseñar adecuadamente la malla de perforación – voladura y también fija que de acuerdo a la clasificación geomecánica GSI, las rocas existentes en el nivel 4300 de la mina hércules, tienen calidad: buena ( $RMR > 51$  a 70), calidad mala ( $RMR = 21-40$ )

siguientes finalmente fija como **conclusión** conforme a la aplicación de sistemas geomecánicos el RMR del macizo rocoso en el nivel 4300 está comprendido entre 21 a 75 y el Q entre 3 a 9. La clasificación geomecánica tiene dos aplicaciones la primera es para seleccionar el tipo de sostenimiento que debe aplicarse a una determinada labor subterránea y la segunda es un parámetro para diseñar adecuadamente la malla de perforación y voladura.

La clasificación geomecánica practicada en el nivel 4300 de la mina Hércules al conocimiento de 3 tipos de rocas que a su vez han determinado el sostenimiento a utilizarse para su estabilidad como también la formulación de los costos unitarios excavación, teniendo en cuenta el proceso constructivo y el RMR hallado, las rocas a su vez se clasifican en roca tipo I, II, III y IV respectivamente.

- d) según (SALAZAR ISLA , 2020) la tesis de pregrado “**Evaluación geomecánica para determinar en tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente unidad minera yauri cocha Sociedad Minera Corona S.A.**” fijo como **objetivo** determinar cómo influye la evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente, tajeo 0337, RP basculante, piso 0 nivel 1170, zona V cuerpo mascota - unidad minera Yauricocha, 2018, aplico una **metodología** de enfoque cuantitativo de nivel descriptivo-explicativo de tipo cuasi experimental obtuvo los **resultados** realizo la descripción petrográfica del macizo estableciendo roca predominante andesita compuesta por plagioclasas, cuarzo y horblenda, determino las propiedades físicas siendo estas: contenido de humedad de 0.50777%, porosidad de 1.46408% , absorción de 0.52542%, densidad masiva de 2563,3 kg/m<sup>3</sup>, densidad seca de 2588,244 kg/m<sup>3</sup> y gravedad específica  $G_s = 2,80065$  y en los cálculos de las



propiedades mecánicas resulto un  $RQD=97.343\%$  , la resistencia a la compresión mediante el martillo de Schmidt obtuvo un 150 Mpa y un RMR de 74 finalmente fija como **conclusión** se estableció que la evaluación geomecánica de tajeo 0337, conforme a la clasificación de Bieniawski, dieron como resultado que el tipo de sostenimiento aconsejado para la roca que se tomó como muestra es de valorización 74 puntos lo cual lo clasifica como macizo rocoso bueno clase II. Este resultado nos permite utilizar pernos Split set localmente de 3m en la corona, espaciados a 2.5 m con malla electrosoldada y shotcrete ocasionalmente.

- e) Según (CALAMA NINA, 2021) en la tesis de pregrado “**Evaluación geomecánica para la selección del tipo de sostenimiento en la construcción en la rampa-440, en la minera aurífera cuatro de enero s.a. (Macdesa)-Arequipa**” fijo como **objetivo**, determinar la influencia de la evaluación geomecánica en la selección del tipo de sostenimiento para cada tipo de roca mediante la clasificación geomecánica en la construcción de la rampa 440 se aplicó una **metodología** de enfoque descriptivo no experimental obtuvo los **resultados** que garantizan una mejor selección del tipo de sostenimiento para cada tipo de roca mediante la clasificación geomecánica de Bienawski de 1989 y Q de Barton los cuales reducen los tiempos y costos de sostenimiento finalmente fija como **conclusión** principal que la evaluación geomecánica del macizo rocoso en la construcción de la rampa 440 de la minera aurífera cuatro de enero S.A. Para efectos de selección de sostenimiento de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski de 1989 y Q de Barton, permitió determinar que la selección del tipo de sostenimiento adecuado para cada tipo de roca está en función de una evaluación geomecánica constante y eficiente.
- f) Según (ARANA CABRERA, y otros, 2019) en la tesis de pregrado “**Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su influencia en el tipo de sostenimiento en el nivel 05 de la mina subterránea paredones, san pablo, Cajamarca, 2019**” fijo como **objetivo**, determinar de qué manera la caracterización geomecánica del macizo rocoso contribuye en la definición del tipo de sostenimiento para el nivel 05 de la mina subterránea Paredones,



San Pablo, Cajamarca. aplico una **metodología** de esta investigación fue descriptiva, explicativa y cuantitativa obtuvo los **resultados** La caracterización geomecánica el macizo rocoso basado en el RMR de Bieniawski-1989 en promedio de las tres estaciones, es de  $RMR = 56$ , siendo una roca de calidad Regular, con una resistencia entre 1 y 2 MPa, con  $RQD=78\%$ , el espaciado promedio es de 29.7 cm, la persistencia está entre 3 y 10 metros, la abertura entre 1 y 5 mm, las discontinuidades son ligeramente rugosas, con relleno de cuarzo mayor a 5 mm moderadamente alteradas, finalmente las discontinuidades se encontraron húmedas. Según la Q de Barton la roca es mala, por lo cual necesita sostenimiento. El tipo de sostenimiento según Merrit 1972, es el de Bulonado Sistemático de 3-4 m con separaciones de 1,5-2 m en clave y hastiales con mallazo en clave. La excavación será con avance de 1,5 a 3 metros. finalmente, fija como **conclusión** que la caracterización geomecánica el macizo rocoso basado en el RMR de Bieniawski-1989, es de  $RMR = 56$ , siendo una roca de calidad Regular, con una resistencia entre 1 y 2 MPa, con  $RQD=78\%$ , el espaciado promedio es de 29,7 cm, la persistencia está entre 3 y 10 metros, la abertura entre 1 y 5 mm, las discontinuidades son ligeramente rugosas, con relleno de cuarzo mayor a 5 mm moderadamente alteradas, finalmente las discontinuidades se encontraron húmedas. Y la Q de Barton es 1,9 siendo una roca mala.

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Clasificaciones geomecánicas

Las clasificaciones geomecánicas según (RODRIGUEZ, 2007 pág. 12), el macizo rocoso es un medio discontinuo, complejo, con un comportamiento geomecánico, que puede ser estudiado y clasificado en función de su aptitud para distintas aplicaciones.

Las clasificaciones geomecánicas aportan índices de calidad relacionados con los parámetros geomecánicos del macizo, sostenimiento de túneles, excavabilidad.

La descripción y medida de las características y propiedades de la matriz rocosa, de las discontinuidades y de los parámetros globales del macizo rocoso, proporcionan los parámetros requeridos por las clasificaciones.



### 3.2.1.1 Propiedades mecánicas de la labor

Según (BENAVENTE, y otros, 2004 pág. 62), la caracterización de las propiedades mecánicas se puede abordar desde el punto de vista estático y dinámico desde el punto de vista estático la resistencia de las rocas se puede cuantificar por la medida de su resistencia a la rotura mediante ensayos de compresión y de tracción. Debido a los problemas experimentales que plantean los ensayos de tracción, es frecuente medir esta resistencia a la tracción de forma indirecta mediante los ensayos de flexión y brasileño. Para realizar estos ensayos se necesitan prensas que sean capaces de someter a las rocas a tensiones elevadas del orden de los MPa (o Kg/cm<sup>2</sup>).

Desde el punto de vista dinámico se pueden obtener las propiedades elásticas a partir de las velocidades de ondas longitudinales y transversales mediante ensayos de resonancia. La medida de las velocidades de las ondas ultrasónicas se realiza con transductores especiales, los cuales están polarizados para emitir y recibir la onda transversal y la longitudinal. Además, es necesario un equipo que genere y reciba los pulsos a los transductores en función del tiempo. El ensayo de resonancia se basa en varias la frecuencia de vibración sobre la roca hasta que se encuentra su frecuencia de resonancia fundamental. A partir de esta se obtiene las constantes elásticas (dinámicas) del material.

#### 3.2.1.1.1 El RMR de Bieniawski (1989)

Esta clasificación geomecánica RMR o Rock Mass Rating fue desarrollado por Bieniawski durante los años 1972-73, y modificado posteriormente en 1976 y 1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición 1989, que coincide sustancialmente con la de 1979. (Bieniawski, 1989).

La teoría de bieniawski constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros de diseño y de sostenimiento de túneles.



El RMR se obtiene estimando seis parámetros y el valor que define la clasificación es el denominado índice RMR (Rock Mass Rating), que indica la calidad del macizo rocoso en cada dominio estructural a partir de los siguientes parámetros:

- Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa, ensayo PLT, ensayo de compresión simple: ensayo RQD
- R.Q.D. Grado de fracturamiento del macizo rocoso: separación entre diaclasas (m)
- Espaciado de las discontinuidades
- Condiciones de las discontinuidades
- Condiciones hidrogeológicas
- Orientación de las discontinuidades

La estimación de RMR resulta de la sumatoria de los valores de los parámetros se hace uso de la siguiente tabla.

**Tabla 2 — Parámetros de clasificación y sus valoraciones para estimar el RMR**

A. PARÁMETROS DE CLASIFICACION Y SUS VALORACIONES									
Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia de roca intacta	Índice de carga puntual	>10MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para este rango bajo, es preferible el ensayo de compresión uniaxial		
		Resistencia compresiva uniaxial	>250MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	<b>Valoración</b>		<b>15</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
2	Calidad de testigo de perforación RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	<b>Valoración</b>		<b>20</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>3</b>		
3	Espaciamiento de discontinuidades		>2m	0,6-2m	0,2-0,6m	60-200 mm	<60mm		
	<b>Valoración</b>		<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>		

<b>4</b>	Condiciones de las discontinuidades		Superficies muy rugosas no continuas Cerradas sin apertura Paredes rocosas sanas	Superficies ligeramente rugosas Apertura < 1 mm Paredes ligeramente intemper.	Superficies ligeramente rugosas Apertura < 1 mm Paredes altamente intemper	Espejo de falla o ranizo < 5 mm de espesor Apertura de 1-5 mm juntas continuas	Pánico suave > 5 mm de espesor o apertura > 5 mm Juntas continuas
	<b>Valoración</b>		<b>30</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>5</b>	Agua subterránea	Flujo de 10 m de longitud de túnel (l/m) presión de agua / principal máximo condición general	Ninguno o 0  Completamente seco	< 10  < 0,1  Húmedo	10-25  < 0,1  Mojado	25-125  0,1-0,2  Goteo	> 125  > 0,5  Flujo
	<b>Valoración</b>		<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>

Fuente: Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según Bieniawski

**Tabla 3 — Parámetro de resistencia de la roca sana en (Mpa)**

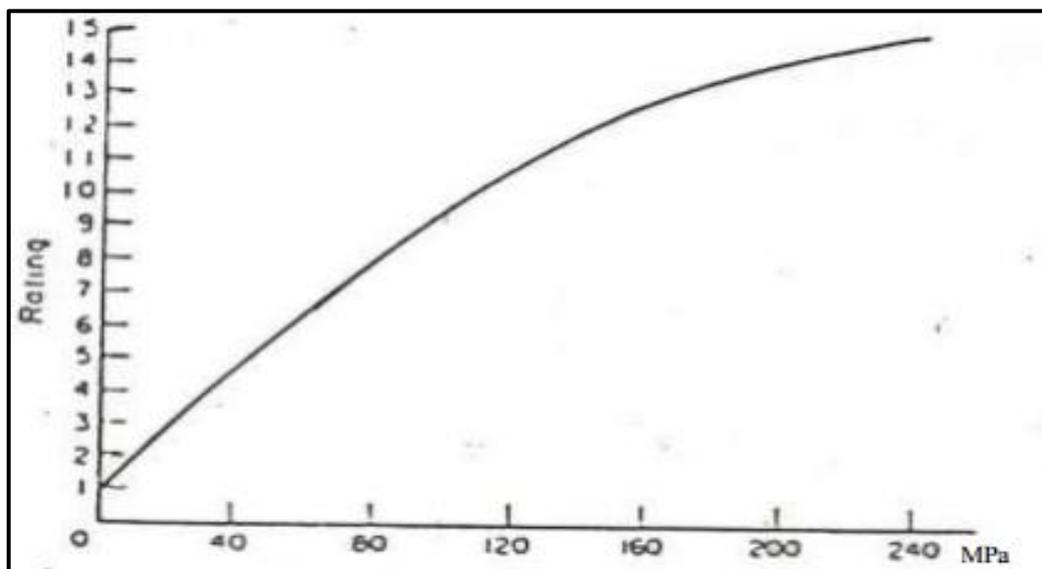
DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)	VALORACIÓN
Extremadamente dura	>250	> 10	15
Muy dura	100 - 250	4 - 10	12
Dura	50 - 100	2 - 4	7
Moderadamente dura	25 - 50	1 - 2	4
Blanda	5 - 25	<1	2
Muy blanda	1 - 5		1
	< 1		0

Fuente: Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según Bieniawski

**Tabla 4 — Resistencia a la compresión simple de los diferentes tipos de roca**

TIPO DE ROCA	Resistencia a la compresión simple (MPa)		
	Mínimo	Máximo	Medio
Creta	1	2	1.5
Sal	15	29	22
Carbón	13	41	31
Limolita	25	38	32
Esquisto	31	70	43
Pizarra	33	150	70
Arcillita	36	172	95
Arenisca	40	179	95
Marga	52	152	99
Mármol	60	140	112
Caliza	69	180	121
Dolomía	83	165	127
Andesita	127	138	128
Granito	153	233	188
Gneis	159	256	195
Basalto	168	359	252
Cuarcita	200	304	252
Dolerita	227	319	280
Gabro	290	326	298
Taconita	425	475	450
Silice	587	683	635

Extraído de Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según Bieniawski.



**Figura 2 — Grafico para determinar el parámetro de la resistencia a la compresión simple**

Extraído de Clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos según Bieniawski.

**a) índice de calidad de la Roca (RQD)**

Fue desarrollado por Deere, el RQD:

$$RQD = \frac{\sum \text{ripios} > 10 \text{ cm}}{\text{Total de la perforacion}}$$

Para el segundo caso se utiliza la siguiente formula:

$$RDQ = 115 - 3,3 (Jv)$$

Para el tercer caso se utiliza la siguiente formula:

$$RQD = 100 e^{(0,1\lambda)} (0,1\lambda + 1)$$

**3.2.1.1.2 Clasificación geomecánica de Barton**

Basándose en una gran cantidad de casos tipo de estabilidad en excavaciones subterráneas, el Norgerian Geotechnical Institute (N.G.I.), propuso un índice para determinar la calidad del macizo rocoso en túneles y taludes.

Esta clasificación utiliza seis parámetros para definir la clase de macizo:



1. R.Q. D
2. Índice de fracturamiento ( $J_n$ )
3. Índice de la rugosidad, relleno y continuidad de las discontinuidades ( $J_r$ )
4. Índice de la alteración de las discontinuidades ( $J_a$ )
5. Coeficiente reductor por la presencia de agua ( $J_w$ )
6. El coeficiente que tiene en cuenta la influencia del estado tensional sobre el macizo rocoso (SRF)

SRF: índice del estado de tensión del macizo.

SRF toma el valor de: (1) la carga que se disipa en el caso de una excavación dentro de una zona de fallas y de roca empacada en arcillas; (2) los esfuerzos en una roca competente; (3) las cargas compresivas en rocas plásticas incompetentes

El valor numérico de este índice Q se define por:

El primer cociente ( $RQD / J_n$ ), representa la estructura del macizo, es una medida rudimentaria del tamaño de los bloques o de las partículas con dos valores extremos (100/0,5 y 10/20) con un factor de diferencia de 400.

El segundo cociente ( $J_r/J_a$ ), representa la rugosidad y las características de la fricción de las paredes de las fisuras o de los materiales de relleno.

El tercer cociente ( $J_w / SRF$ ), representa la influencia del estado tensorial  
La calidad de la roca R.Q.D. de haberse obtenido de las ecuaciones de correlación.

Parámetros para definir la clase de macizo según las tablas siguientes:

**Tabla 5 — Valoración del Índice de calidad de R.Q.D.**

Índice de calidad R.Q.D. (%)	calidad	Valoración
0-25	Muy mala	3
25-50	Mala	8
50-75	Regular	13
75-90	Buena	17
90-100	Excelente	20

Así mismo se puede encontrar la valoración para el RQD, a partir de siguiente grafico

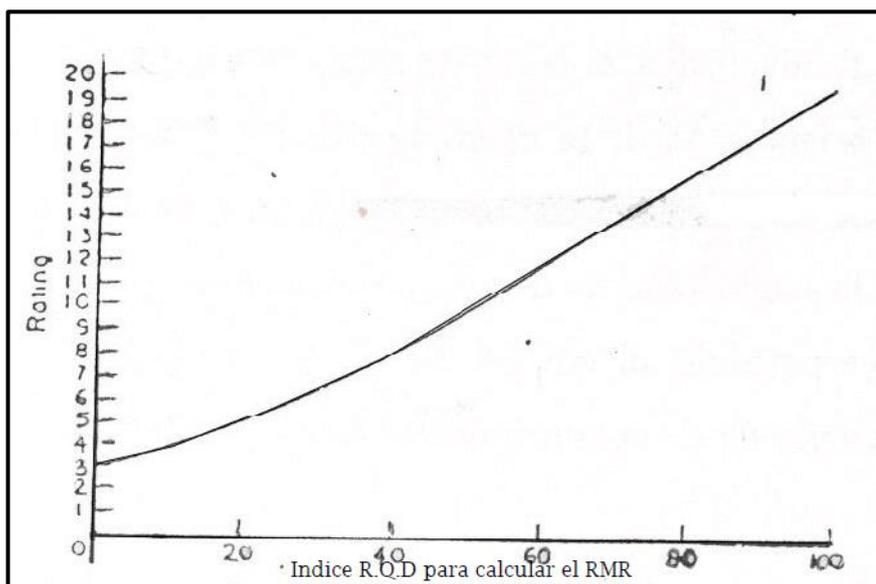


Figura 3 — Grafico para determinar el índice RMR, para el parámetro R.Q.D.

Tabla 6 — Valoración de la rugosidad de las discontinuidades

FACTOR DE RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES		
	DESCRIPCION	Jr
A	Diaclasas discontinuas	4
B	Rugosas e irregulares, onduladas	3
C	Lisas, Onduladas	2
D	Lustrosas Ondulantes	1,5
E	Rugosas o irregulares, planares	1,5
F	Lisas, Planares	1
G	Lustrosas, Planares	0,5
H	Zona conteniendo arcillas en cantidad suficiente como para impedir el contacto entre las superficies que limitan la fractura	1
J	Zona de material arenoso en cantidad suficiente como para impedir el contacto entre las superficies que limitan la fractura	1

**NOTAS.**  
 En grupos A hasta la G, el contacto entre las superficies de la discontinuidad se logra con desplazamientos de cizalla inferiores a los 10 cm.  
 Las descripciones se refieren a las características de pequeña escala y características de escala intermedia, en ese orden.  
 En los grupos H y J no se produce contacto entre las superficies al ocurrir desplazamientos de cizalla  
 \* Agregar 1,0 cuando el espaciamiento medio de las diaclasas fuera superior a 3 cm.  
 \* Jr= 0,5 puede ser usado para juntas planares lustrosas que tienen alineaciones, siempre que las alineaciones están orientadas para la resistencia mínima

**Tabla 7 — Valoración del número de discontinuidades**

NUMERO DE DISCONTINUIDADES	
descripción	J n
Masiva o con muy poca discontinuidad	0,5 – 1,0
Un sistema de discontinuidad	2
Un sistema de principal y uno secundario	3
Dos sistemas de discontinuidad	4
Dos sistemas principales y uno secundario	6
Tres sistemas de discontinuidades	9
Tres sistemas principales y uno secundario	12
Cuatro sistemas de discontinuidades o mas (roca muy fracturada)	15
Roca triturada (Terrosa)	20
Nota:	
i) Para intersecciones de túneles, usar $(3,0 * J_n)$	
ii) Para portales usar $(2,0 * J_n)$	

**Tabla 8 — Valoración del número de discontinuidades**

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES		
DESCRIPCION		Ja
<b>a) Contacto entre superficies de la discontinuidad (sin relleno de mineral, solo recubrimientos)</b>		
A	Ajustadas, rellenas con material compacto	0,75
B	Superficies inalteradas, ligeras manchas de oxidación	1
C	Superficies ligeramente alteradas, cubiertas con material granular no arcilloso, producto de la desintegración de la roca.	2
D	Capas superficiales de material limoso o arcilloso arenoso, con una pequeña fracción cohesiva.	3
E	Capas superficiales de arcilla (caolinita, mica cloritas, etc.) cantidades pequeñas de arcilla expansiva en capas de 1- 2 mm de espesor	4
<b>b) Contacto entre superficies de la discontinuidad se produce después de 10cm de (relleno de mineral fino)</b>		
F	Relleno granular no cohesivo, roca desintegrada libre de partículas arcillosas	4
G	Material con alto grado de consolidación, relleno continuo (hasta de 5mm. de espesor) de material arcilloso compacto.	6
H, I	Relleno continuo (hasta de 5mm. De espesor) de material arcillosos compacto con bajo grado de consolidación	8

J	Relleno continuo de arcilla expansivas (Montmorillonita) el valor de Ja dependerá del % de expansión, el tamaño de las partículas arcillosas, la accesibilidad del agua, etc.	8 - 12
<b>c) No contacto entre superficies de la discontinuidad después de cizalla (relleno de mineral grueso)</b>		
K, L, M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver G, H, J para la descripción de los tipos de arcilla)	6 - 8 ó 8 - 12
N	Zona de arcilla limosa o arenosa	5
O, P, Q	Zonas potentes y continuas de arcilla (ver G,H,J para la descripción de los tipos de arcilla)	10 - 13 ó 13 - 20

Tabla 9 — Valoración de coeficiente reductor por la presencia de agua

<b>FACTOR DE REDUCCION POR CONTENIDO DE AGUA EN FRACTURAS</b>		
<b>DESCRIPCION</b>		<b>J<sub>w</sub></b>
A	Secas o flujos bajos (5 l/min)	<b>1</b>
B	Flujos a presiones medias que ocasionen erosión del material	<b>0,66</b>
	de relleno	
C	Flujos o presiones altas en roca competente con diaclasas	<b>0,5</b>
	sin relleno	
D	Flujos a presiones altas con erosión considerable del material	<b>0,33</b>
	de relleno	
E	Flujos o presiones excepcionalmente altas luego de la voladura disminuyendo con el tiempo	<b>0,2 – 0,1</b>
F	Flujos o presiones excepcionalmente altas sin que ocurra una disminución en el tiempo	<b>0,1 – 0,05</b>

**NOTAS.**

i) Factores C a F son estimaciones básicas. Aumentar J<sub>w</sub> si se han instalado medidas de drenaje.

ii) Especiales problemas causados por la formación de hielo no son considerados.

iii) Para la caracterización general de las masas de roca distantes de las influencias de excavación, el uso de J<sub>w</sub> = 1,0, 0,66, 0,5, 0,33, etc. aumenta con la profundidad como por ejemplo 0-5m, 5-25m, 25-250m a > 250m se recomienda, si se asume que RQD / J<sub>n</sub> es lo suficientemente bajo (ejemplo 0,5-25) para una buena conectividad hidráulica. Esto le ayudará a ajustar Q para algunos de las tensiones efectivas y los efectos de ablandamiento de agua, en combinación con los valores apropiados de caracterización SRF. Correlaciones con módulo de deformación estática y la profundidad dependen de la velocidad sísmica. En la práctica usar estos valores cuando se desarrollan.

**Tabla 10 — Valoración de factor de reducción por tensiones**

FACTOR DE REDUCCION POR TENSIONES			
DESCRIPCION			SRF
A) Las zonas débiles intersectan a la excavación, pudiendo producirse desprendimientos de rocas a medida que la excavación del túnel va avanzando.			
A	Muchas zonas débiles de arcilla con evidencias de desintegración química		<b>10</b>
	roca circundante muy suelta cualquier profundidad		
B	Zona débil aislada con arcilla o roca desintegrada químicamente		<b>5</b>
	(profundidad menor 50m)		
C	Zona débil aislada con arcilla o roca desintegrada, profundidad mayor 50m.		<b>2.5</b>
D	Muchas zonas de falla en roca competente, roca circundante suelta.		<b>7.5</b>
	(cualquier profundidad)		
E	Zona de falla aislada en roca competente profundidad menor a 50 m.		<b>5</b>
F	Zona de falla aislada en roca competente profundidad mayor a 50 m.		<b>2.5</b>
G	Diaclasas abiertas y sueltas roca intensamente fracturada, en terrones, cualquier Prof.		<b>5</b>
<b>Nota:</b> i) Reducir estos valores de SRF por 25-50% si las zonas de fallas influyen, pero no intersectan la excavación.			
B) Rocas competentes, problemas tensionales en las rocas		<b>sc/s1</b>	<b>sq/sc</b>
			<b>SRF</b>
H	Tensiones bajas, poca profundidad, diaclasas abiertas	> 200	< 0.01
J	Tensiones moderadas, condiciones tensionales favorables	200 - 10	0.01 - 0.3
K	Tensiones elevadas, estructura muy compacta. Normalmente favorable para la estabilidad, puede ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales	10 - 5	0.3 - 0.4
L	Lajamiento moderado de la roca después de 1 hora en rocas masivas	5 - 3	0.5 - 0.65
M	Lajamiento y estallido de la roca después de pocos minutos en rocas masivas	3 - 2	0.65 - 1
N	Estallidos violentos de roca (deformación explosiva) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	< 2	> 1
<b>Nota:</b> ii) Para campos insitu fuertemente anisotrópico (si se ha medido): cuando $5 \leq s1/s3 \leq 10$ , reducir sc en $0.75sc$ , cuando $s1/s3 > 10$ , reducir sc a $0.5sc$ , donde sc=esfuerzo compresivo sin confirmar, s1 y s3 son los esfuerzos principales mayores y menores y sq=esfuerzo tangencial máximo (estimado de la teoría de la elasticidad)			
iii) Existen algunos registros disponibles que señalan que la altura del techo de la excavación a superficie es mejor que el ancho de la labor. Para este caso se sugiere incrementar de 2.5 a 5 para estos casos (ver H).			



C) Rocas deformables: flujo plástico de roca incompetente a altas presiones litostaticas		<b>sq/sc</b>	<b>SRF</b>
O	Presión de deformación suave	1 - 5	5 a 10
P	Presión de deformación intensa	> 5	10 a 20
<b>Nota:</b> iv) Casos de deformaciones de roca pueden ocurrir para profundidades $H > 350 * Q^{(1/3)}$ . La resistencia a la compresión de la masa rocosa puede ser estimada como $q = 7 * g * Q^{(1/3)}$ , donde $g$ = densidad de la roca (gm/cc)			
D) Rocas expansivas: Actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua			
R	Presión de expansión suave		5 - 10
S	presión de expansión intensa		10 - 15

### 3.2.1.1.3 Clasificación según el índice de GSI

Es un sistema de caracterización de macizos rocosos que ha sido desarrollado en la ingeniería de mecánica de rocas para satisfacer la necesidad de datos de entrada confiables relacionados con las propiedades del macizo rocoso requeridos para el análisis numérico o soluciones de diseño para el diseño de túneles, taludes o cimentaciones en rocas

El carácter geológico del material rocoso, junto con la valoración visual del mismo, son usados directamente como datos de entrada para la selección de los parámetros para predecir la resistencia y deformabilidad del macizo rocoso. Esto también provee un método en campo para caracterizar macizos rocosos difíciles de describir (Marinos & Hoek, 2000).

SOSTENIMIENTO SEGÚN GSI					
	sin soporte o perno ocasional	C	Buena (muy resistente fresca)	Regular (resistente levemente alterada)	Pobre (moderadamente resistente)
	perno sistemático	O			
	perno y malla	N			
	cuadro de madera	D			
	cuadro de madera a 1.2 -1.5	I			
		C	Buena (muy resistente fresca)	Regular (resistente levemente alterada)	Pobre (moderadamente resistente)
		I			
		O			
		N			
		D			
		E	Buena (muy resistente fresca)	Regular (resistente levemente alterada)	Pobre (moderadamente resistente)
		S			
ESTRUCTURA					

Figura 4 — Cartilla de Sostenimiento según GSI

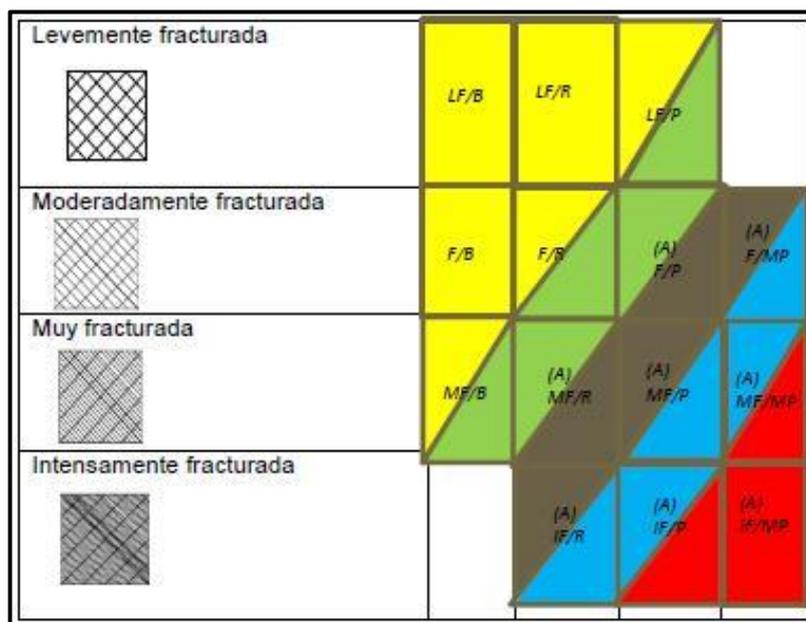


Figura 5 — Cartilla de Sostenimiento según GSI

#### 3.2.1.1.4 Resistencia a compresión simple

Según (IÑIGUEZ TORAL, 2020) Se denomina resistencia a la compresión simple de una roca al esfuerzo medido sobre la misma de una manera técnica. Esta valoración o parámetro se debe a la necesidad de emplear clasificaciones de macizos rocosos. Estas son conocidas como clasificaciones geomecánicas y derivan de la diferencia existente entre las propiedades de la roca por su naturaleza y las del macizo, que presenta diferentes grados de fracturación y meteorización.

Las clasificaciones geomecánicas son sistemas de valoración del comportamiento del terreno rocoso. Se basan en calificar numéricamente las propiedades y características específicas de la roca en un emplazamiento determinado y posteriormente, obtener una calificación final como la suma de las valoraciones parciales. En la actualidad las clasificaciones geomecánicas se han generalizado y son ampliamente utilizadas, tanto en las fases de diseño como en las etapas de ejecución, en todo tipo de obras en macizos rocosos. Es importante, por tanto, conocer las limitaciones y dificultades que presentan cada una de las clasificaciones (FEIJOO E IÑIGUEZ, 2020). Las diferentes

clasificaciones toman en cuenta un parámetro fundamental, la resistencia a la compresión uniaxial o simple de la roca.

La resistencia a la compresión simple, es una medida de resistencia de la matriz rocosa, la cual representa el esfuerzo de compresión axial máximo que puede soportar una muestra de material antes de fracturarse. Este ensayo sirve para determinar la resistencia a la compresión de una probeta cilíndrica de roca de altura entre el doble y el triple del diámetro (FEIJOO Y COLAB., 2019). Normalmente estas probetas se obtienen a partir de testigos de perforación. También se pueden obtener muestras a partir de bloques de roca; la extracción de estos bloques en la mina o en la obra se debe llevar a cabo sin voladuras, ya que estas pueden generar nuevas microfisuras o aumentar las existentes, lo cual se traduciría en una pérdida de resistencia de las probetas que se obtengan de ellos.

Averiguar la resistencia a compresión simple de una roca es importante porque permite clasificar la roca según su resistencia, es un parámetro importante en los criterios de rotura más utilizados (Mohr- Coulomb y Hoek-Brown) (DELGADO, 2013).

### **3.2.1.2 Propiedades físicas**

(IÑIGUEZ TORAL, 2020) Las propiedades físicas de las rocas son las que controlan las características resistentes y deformaciones de la matriz rocosa (composición mineralógica, densidad, estructura, porosidad, permeabilidad, alterabilidad, dureza, etc.), y son resultado de génesis, condiciones y procesos geológicos y tectónicos sufridos por las rocas a lo largo de su historia.

Por lo tanto, las propiedades físicas de las rocas son el resultado de su composición mineralógica, estructura e historia geológica, deformacional y ambiental, incluyendo los procesos de alteración y meteorización.

#### **3.2.1.2.1 Peso específico o peso unitario**

El peso específico o peso unitario de la roca depende de sus componentes, y se define como el peso por unidad de volumen. Sus unidades son las de fuerza (kilopondio, newton, tonelada-fuerza, etc.) por volumen. En



general se considera el mismo valor para el peso específico,  $\gamma$ , y para la densidad.

$$PE = \text{Peso} / \text{Volumen testigo}$$

### 3.2.1.2.2 Porosidad

La porosidad eficaz es la relación entre el volumen de poros interconectados y el volumen de la muestra. Puede obtenerse a partir de los pesos seco y saturado de la muestra:

$$n_e = (W_{\text{sat}} - W_{\text{seco}}) / (\gamma_w V)$$

En las rocas es frecuente que los poros no estén interconectados, por lo que la porosidad real será mayor que la eficaz. El índice de los poros se define como la relación entre el volumen ocupado por los huecos,  $V_v$  y el volumen ocupado por las partículas sólidas  $V_{\text{sol}}$ :  $e = V_v / V_{\text{sol}}$ .

### 3.2.1.2.3 Absorción

La porosidad La absorción de agua de la roca por capilaridad se cuantifica con el coeficiente de absorción capilar, La medida de este coeficiente es sencilla, como se ilustra en la figura 2. Para ello se mide en una balanza la masa de agua absorbida,  $M(t)$ , en función del tiempo. Con estos datos, el coeficiente de absorción capilar se obtiene a partir de la ecuación:

$$M(t)/S$$

### 3.2.1.2.4 Factor de esponjamiento

El esponjamiento de un macizo rocoso juega un papel importante en la planificación y diseño de minería, especialmente en términos de propagación del hundimiento, subsidencia de superficie y recuperación de mineral.

El esponjamiento del macizo rocoso depende de las características y propiedades del macizo. Factores importantes incluyen la cantidad de juntas, así como su orientación, esponjamiento y persistencia, que controlan la fragmentación in-situ. Otros factores son las condiciones de esfuerzos in situ y si existe un vacío de aire. Estos factores influyen en la



fragmentación primaria y altura de caída de los bloques desde el techo de la roca, por lo que el esponjamiento se expresa:

Factor de esponjamiento ( $f_e$ ): razón entre volumen después y volumen antes de esponjado.

### 3.2.1.2.5 Peso específico Aparente

Es el peso total con respecto al volumen total por encima del nivel freático, se emplea el término aparente ya que considera el volumen que incluye a sus poros, huecos e intersticios.

Las rocas que contienen minerales con valores elevados de peso específico, generalmente son las rocas ígneas y metamórficas

El peso específico aparente se expresa:  $\gamma_a = W_t/V_t$ .

## 3.2.2 Tiempo de Autosporte

### 3.2.2.1 Sostenimiento

Para determinar los requerimientos de fortificación mediante el índice Q, se tiene que conocer la dimensión equivalente ( $D_e$ ), este parámetro va a depender de la relación de dos elementos que son: la luz, diámetro o altura de la excavación y el índice ESR (Excavación Support Ratio).

$D_e = H_{tunnel}/ESR$ .

A través determinados ambos parámetros tanto el índice Q como diámetro equivalente ( $D_e$ ) se emplea el ábaco establecido por Barton que permitirá determinar las características de sostenimiento.

A través del Q de Barton se pueden determinar parámetros adicionales relacionados con el sostenimiento:

#### a) Máximo vano sin sostener

Es la longitud máxima de perforación y voladura que se puede realizar en un solo ciclo sin fortificación. Estas limitaciones en la longitud del avance están definidas por las características geotécnicas de la masa rocosa que se esté excavando. Se puede obtener mediante la siguiente fórmula empírica:

$M_v = 2ESRQ^{0.4}(mt)$ .

### b) Carga de roca sobre la clave (Pr)

Escriba Se refiere a la presión permanente que soporta el techo de la excavación, puede determinarse mediante la siguiente expresión según el número de familias de discontinuidades:

Para macizos con menos de tres familias de discontinuidades

$$P(kp/cm2) = (2\sqrt{Jn}) / (3Jr 3\sqrt{Q})$$

Para macizos rocosos con más de tres familias de discontinuidades

$$P(kp/cm2) = 2 / (3Jr 3\sqrt{Q}).$$

### 3.2.2.2 Tipos de sostenimiento

#### a) Sistema de soporte pasivo

Son sistemas diseñados para dar estabilidad al macizo rocoso conforme este se va formando debido a la excavación. Entre los sistemas de este tipo soporte son: entibación con madera, shotcrete, cerchas de acero o cimbras.

#### b) Sistema de refuerzo activo

Estos sistemas estabilizan la roca aumentando la resistencia a la fricción entre los bloques que conforman a la masa rocosa, entre los sistemas de refuerzo se tiene: pernos de roca.

### 3.2.2.3 Calidad de la roca

Determinar la calidad de la roca mediante el índice Q de Barton fue uno de los principales procesos que se desarrollaron en la investigación para poderlo llevar a cabo fue necesario entender cuáles son cada uno de los parámetros que tiene en consideración este índice, para determinar las condiciones del macizo rocoso cada parámetro ya se encuentra debidamente puntualizado y según determinadas condiciones de la roca se eligió un valor de calidad para cada parámetro.

### 3.2.2.4 Ancho de excavación

En relación al valor del índice Q a las necesidades de apoyo de las excavaciones subterráneas de la estabilidad y, Barton et al (1974) define un parámetro adicional a la que llamaron la dimensión equivalente, De,

de la excavación. Esta dimensión se obtiene dividiendo el lapso, diámetro o pared de la altura de la excavación por una cantidad llamada la relación de excavación Apoyo, ESR. Por lo tanto:

$De = \text{Excavation span, diameter or height (m)}/\text{Excavation Support Ratio ESR}$

El valor de ESR se relaciona con el uso previsto de la excavación y para el grado de seguridad que se exige del sistema de soporte instalado para mantener la estabilidad de la excavación.

Barton et al (1974) sugieren los siguientes valores:

**Tabla 11 — Categoría excavación ESR**

Categoría de excavación		ESR
A	Excavaciones mineras temporales.	3-5
B	Excavaciones mineras permanentes, túneles de conducción de agua para proyectos hidroeléctricos (excluyendo tuberías forzadas de alta presión), galerías túneles piloto y galerías de avance.	1,6
C	Cámaras de almacenamiento, plantas de tratamiento de agua, túneles menores para carreteras o vía férrea, cámaras de equilibrio, túneles de acceso.	1,3
D	Estaciones de alimentación, grandes túneles de carreteras y ferrocarriles, cámaras de defensa civil, intersecciones portales.	1
E	Subterráneos centrales nucleares, estaciones de ferrocarril, instalaciones deportivas y públicas, fábricas.	0,8

### 3.3 Marco conceptual

- a) **Mecánica de rocas.** Según (GONZALES DE VALLEJO, 2002 pág. 118) define a la mecánica de rocas esta se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos, y de su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas en su entorno físico.
  
- b) **Discontinuidades.** Según (GONZALES DE VALLEJO, 2002 pág. 118) las discontinuidades se refieren a cualquier plano de debilidad que imparte a la matriz rocosa una condición de anisotropía, es decir que modifican la integridad de la matriz rocosa intacta, se debe tener en cuenta que la combinación de las discontinuidades más la matriz rocosa da origen al macizo rocoso propiamente dicho. Las discontinuidades presentes en la matriz rocosa van a determinar sus propiedades y el comportamiento deformacional, resistente e hidráulico. El termino discontinuidad se acuño para referirse de una manera genérica e indistinta a fracturas, fallas, estratificaciones y foliaciones. Las discontinuidades tienen diferentes parámetros físicos y geométricos que determinan su comportamiento mecánico, entre los cuales se tiene el espaciado, orientación, persistencia, rugosidad, resistencia de paredes, abertura, relleno y filtraciones.
  
- c) **Fracturas.** En su investigación (IÑIGUEZ TORAL, 2020 pág.16) pueden definir de distintas formas ya sea de manera puramente descriptiva o también con relación a su origen sin embargo la forma más sencilla de definir a una fractura seria: el conjunto de superficies que dividen a la roca en bloques con desplazamientos perpendiculares al plano de rotura, se suele generar por la concentración de esfuerzos en zonas donde cambia la naturaleza de la roca y son más abundantes donde existe heterogeneidad.
  
- d) **Clasificaciones geomecánicas.** (GONZALES DE VALLEJO, 2002 pág. 261) es el conjunto de procedimientos que permiten determinar de una manera sencilla y mediante un índice numérico la calidad del macizo rocoso considerando determinadas condiciones in-situ según sea el tipo de clasificación. Las clasificaciones geomecánicas representan una manera de diferenciar a los macizos rocosos según sus características geológicas, hidrológicas y mecánicas para de esta forma establecer su competitividad ante la realización de alguna determinada obra de ingeniería, a lo largo del tiempo han surgido diversas clasificaciones geomecánicas.



- e) **Meteorización de las rocas.** (RAMIREZ OYANGUREN, y otros, 2004 pág. 175) se denomina meteorización de las rocas a las modificaciones experimentales en su composición o estructura por la acción de los agentes atmosféricos. La importancia que tiene la meteorización desde un punto de vista de la mecánica de rocas se debe a que produce profundos cambios en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales rocosos. Existen dos clases de meteorización: física y química. El hecho de que una u otra predomine depende del clima, ya que ambas se producen simultáneamente.
- f) **Resistencia de las rocas.** (RAMIREZ OYANGUREN, y otros, 2004 pág. 178) la resistencia a la compresión de las rocas se puede estimar a partir de la dureza superficial de las mismas, la cual se puede obtener mediante el martillo de schimidt.
- g) **Caracteres geomecánicos de las discontinuidades.** (RAMIREZ OYANGUREN, y otros, 2004 pág. 185) los caracteres geomecánicos de las discontinuidades que más influyen en su comportamiento son: orientación, espaciado, dimensiones, rugosidad, resistencia de los labios de la discontinuidad, apertura y relleno. A continuación, se irán tratando brevemente cada uno de estos puntos.
- h) **Propiedades mecánicas de las rocas.** (RAMIREZ OYANGUREN, y otros, 2004 pág. 82) los macizos rocosos en la naturaleza presentan comúnmente un elevado número de discontinuidades. Por ello si se quiere conocer y describir adecuadamente el comportamiento mecánico de los macizos rocosos resulta necesario analizar previamente el comportamiento de las discontinuidades.



## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

Según, (EGG, 2011) el tipo de investigación aplicada consiste en utilizar los conocimientos y aplicarlos para resolver problemas.

Se aplicará conocimientos teóricos a situaciones específicas teniendo en cuenta que aportará significativamente estrategias de soluciones a problemas reales e identificables.

De acuerdo con la teoría revisada la investigación será de **tipo aplicada**.

Según, (HERNANDEZ SAMPIERI, 2014) considera que el nivel descriptivo es definir las cualidades del objeto de investigación como se manifiestan y los sucesos más importantes, también se refiere al nivel explicativo como el análisis de dos o más variables como se relacionan y explicar cómo y por qué ocurre un fenómeno.

La presente investigación se recogerá información de los fenómenos las características y como se manifiestan, se analizará la relación que existe entre las variables según el valor que se les dé en un contexto particular y se explicará las causas de los eventos, como ocurre un fenómeno y porque se relacionan las variables.

Con la información revisada la presente tesis se clasifica del **nivel descriptivo - explicativo**.

#### 4.2 Diseño de la investigación

Según, (BEHAR RIVERO, 2008) considera que el diseño no experimental es observar los sucesos sin participar y dejar que ocurran naturalmente.

En la presente investigación se describirá los fenómenos las características y como se manifiestan se recogerán datos de la galería nivel 4306.

La investigación se clasifica del **diseño experimental**.



#### 4.3 Descripción ética de la investigación

En la presente investigación se respetará los resultados de validez, la propiedad intelectual, la información conseguida, con los criterios éticos de confiabilidad, objetividad, originalidad.

#### 4.4 Población y muestra

Según, (LERMA GONZALES, 2009) considera la población como un conjunto de elementos del mismo tipo con cualidades fijas y que se estudia sus rasgos y relaciones

La presente investigación la **población** está compuesta por galería principal nivel 4306, labores de exploración, chimenea y un tajeo en preparación de la mina Pallancata

Según, (ÑAUPAS PAITAN, 2014) considera que la muestra es la selección de un subconjunto de una población por medio de diferentes métodos.

La **muestra** para esta investigación se toma del BP 4306-SW de U.O. Pallancata.

#### 4.5 Procedimiento

En esta indagación el procedimiento usado es la recolección, procesamiento, análisis de datos e interpretación de resultados.

##### **Recolección**

- Recolección de información mediante una prospección y mapeo en campo en función con las fichas de caracterización geomecánica y a su vez extracción de testigo.
- Las técnicas de levantamiento de información insitu mediante las diferentes clasificaciones geomecánicas mediante los instrumentos y formatos para cada clasificación geomecánica y estos datos serán generados en una base de datos como hojas Excel, en CAD planos de secciones y perfiles
- Determinación de resultados mediante la utilización de Laboratorio.

**Procesamiento y análisis de datos,** De haber obtenida información se procedió a organización según las variables y dimensiones de la investigación, desarrollar esquemáticamente se utilizarán herramientas informáticas, hojas de cálculo, fichas de interpretación, ábacos y entre otros.

**Interpretación de resultados,** La interpretación de resultados de uso en función a las dimensiones planteadas en la investigación su interpretación se base a la información teórica y hacer correlaciones y discusiones en función a los antecedentes del proyecto de investigación.



#### 4.6 Técnica e instrumentos

**La técnica**, Para (ARIAS,2012) define la técnica de la observación directa como acción de visualizar cualquier manifestación que suceda en la naturaleza o sociedad bajo los criterios de investigación y objetivos definidos.

**Instrumentos**, para Cabezas et al. (2018) recolección de datos es recoger información que posteriormente el investigador puede trasladar a una ficha.

En la presente investigación se aplicó como *instrumento las fichas de recopilación de datos*.

#### 4.7 Análisis estadístico

Para procesamiento de datos se utilizó el excel.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### RESULTADOS

#### 5.1 Determinación de las clasificaciones Geomecánicas mediante las propiedades mecánicas del macizo rocoso, para la estimación del tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021

##### 5.1.1 Calculo de RMR de labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata

###### Parámetros para la clasificación del RMR

Se ha clasificado el macizo rocoso del área de estudio mediante la utilización del Sistema RMR (Rock Mass Rating – Valoración de la masa rocosa) de Bieniawski (1989), también se ha utilizado el índice de caracterización GSI (Geological Strength Index – Índice de Resistencia Geológica) de Hoek et al. (1994 – 2002), Q Barton 2002.

Se ha realizado la zonificación de acuerdo a la agrupación espacial de la clasificación geomecánica producto del mapeo geomecánico en la ejecución de la labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata. Mediante esta actividad se han determinado los dominios estructurales (zonas de similar características geomecánicas), los cuales han sido delimitados tomando en cuenta los aspectos litológicos, estructurales y de calidad de la masa rocosa. Esta información, es muy importante para los análisis de diseño.

Siendo así los parámetros a estimar:

- Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa, ensayo PLT, ensayo de carga puntual
- R.Q.D. Grado de fracturamiento del macizo rocoso: separación entre diaclasas (m)
- Espaciado de las discontinuidades
- Condiciones de las discontinuidades
- Condiciones hidrogeológicas
- Orientación de las discontinuidades



### 5.1.1.1 Cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial de matriz rocosa

Se ha realizado mediante dos ensayos para estimar la resistencia a la compresión del macizo rocoso, primero se realizó mediante la resistencia a la compresión uniaxial del macizo rocoso, primero se realizó mediante el ensayo a compresión uniaxial y el segunda mediante el martillo Schmidt.

**Tabla 12 — Resultados de ensayo de ensayo a compresión uniaxial**

ENSAYOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESION UNIAXIAL					
DOMINIO EXTRUCTURAL 01					
N.º DE	LITOLOGIA	DIAMETRO	LONGITUD	CARGA (P)	C
MUESTRA		(mm)	(mm)	(KN)	(Mpa)
M-1	ANDESITA	54	120	317,25	138,52
M-2	ANDESITA	54	120	315,90	137,93
M-3	ANDESITA	54	135	297,50	129,90
M-4	ANDESITA	54	135	284,10	124,05
				PROMEDIO	132,60
DOMINIO EXTRUCTURAL 02					
N.º DE	LITOLOGIA	DIAMETRO	LONGITUD	CARGA (P)	C
MUESTRA		(mm)	(mm)	(KN)	(Mpa)
M-1	ANDESITA	54	120	291,30	127,19
M-2	ANDESITA	54	135	319,91	139,68
M-3	ANDESITA	54	136	310,57	135,61
M-4	ANDESITA	54	134	270,12	117,94
				PROMEDIO	130,11
DOMINIO EXTRUCTURAL 03					
N.º DE	LITOLOGIA	DIAMETRO	LONGITUD	CARGA (P)	C
MUESTRA		(mm)	(mm)	(KN)	(Mpa)
M-1	ANDESITA	54	120	316,10	138,02
M-2	ANDESITA	54	125	318,62	139,12
M-3	ANDESITA	54	135	214,35	93,59
M-4	ANDESITA	54	135	195,60	85,41
				PROMEDIO	114,04
				PROMEDIO TOTAL	125,58

Fuente: laboratorio de mecánica de rocas de la escuela profesional de ingeniería de minas de la Unamba.

La ecuación utilizada de la resistencia a compresión uniaxial es el siguiente modelo

$$\text{matemático: } \sigma_c = \frac{P}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

donde:

P: Carga ultima

D: Diámetro del espécimen

(se adjunta los cálculos en el anexo cálculo de resistencia a la compresión uniaxial)



5.1.1.2 Cálculo de la resistencia a la compresión simple de matriz rocosa mediante el martillo Schmidt

Medicion 1		
Item	Indice de rebote Campo	Indice de rebote validos
1	48	49
2	46	48
3	44	48
4	42	46
5	46	46
6	42	46
7	46	45
8	40	45
9	38	45
10	48	45
11	45	
12	45	
13	40	
14	42	
15	32	
16	34	
17	45	
18	45	
19	42	
20	49	
Promedio:		46.3
Contar		10
<b>UCS:</b>		<b>117 Mpa.</b>

Figura 6 — Resistencia a la compresión en campo haciendo uso del martillo de Schmidt



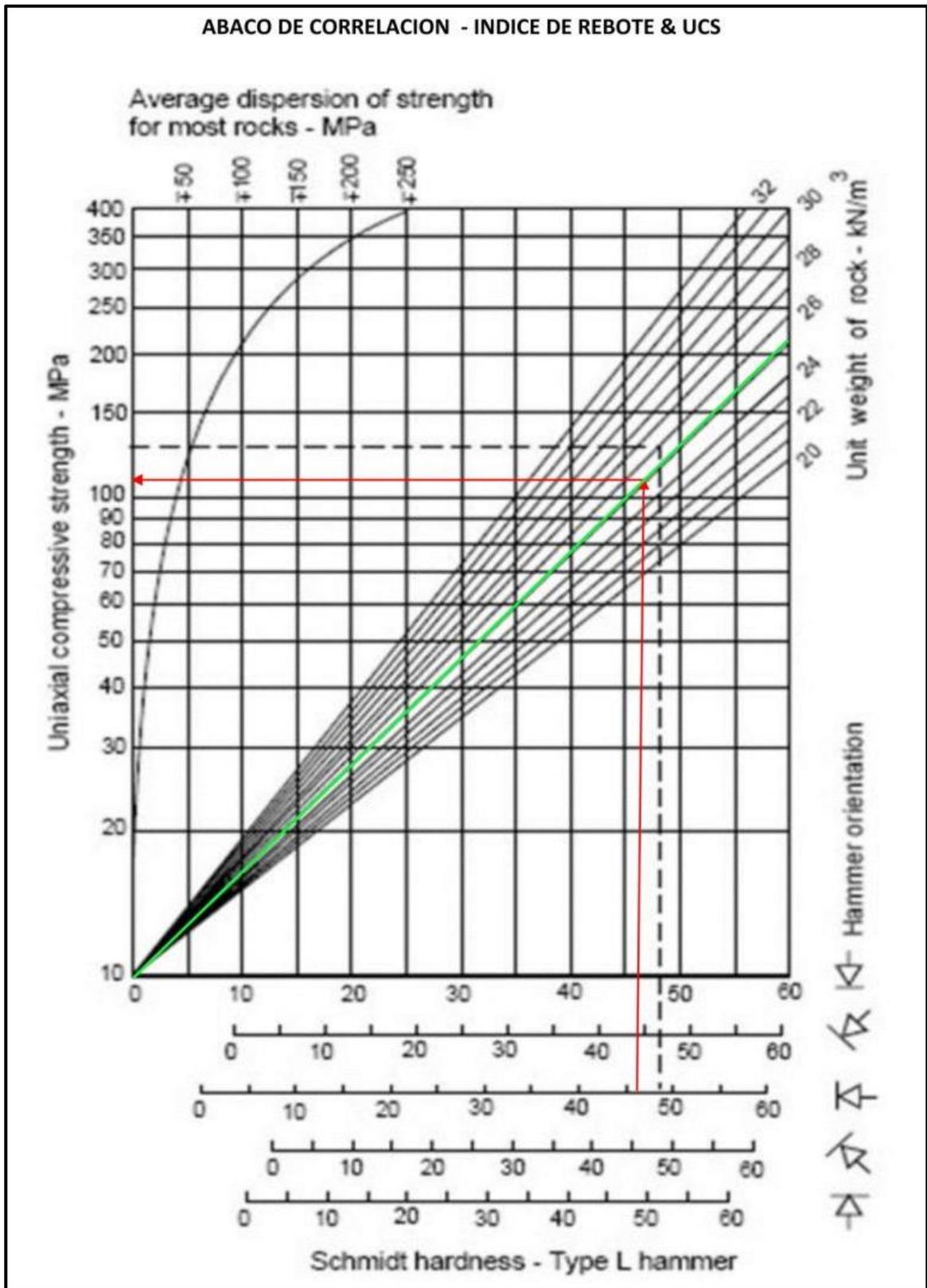


Figura 7 — Abaco de correlación – Índice de rebote y UCS



**Tabla 13 — Sistema de valoración de la masa rocosa-RMR (según bieniawski 1989)**

A. PARÁMETROS DE CLASIFICACION Y SUS VALORACIONES									
Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia de roca intacta	Índice de carga puntual	>10MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para este rango bajo, es preferible el ensayo de compresión uniaxial		
		Resistencia compresiva uniaxial	>250MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	<b>Valoración</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
2	Calidad de testigo de perforación RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	<b>Valoración</b>		<b>20</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>3</b>		
3	Espaciamiento de discontinuidades		>2m	0,6-2m	0,2-0,6m	60-200	<60mm		
	<b>Valoración</b>		<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>		
4	Condiciones de las discontinuidades		Superficies muy rugosas no continuas Cerradas sin apertura Paredes rocosas sanas	Superficies ligeramente rugosas Apertura<1 mm Paredes ligeramente intemper.	Superficies ligeram. rugosas Apertura<1 mm Paredes altamente intemper	Espejo de falla o panizo <5mm de espesor Apertura de 1-5mm juntas continuas	Pánico suave >5mm de espesor o apertura >5mm Juntas continuas		
	<b>Valoración</b>		<b>30</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0</b>		
5	Agua subterránea	Flujo de 10m de longitud de túnel(l/m) presión de agua / principal máximo	Ningun o 0	< 10 <0,1	10-25 <0,1	25-125 0,1-0,2	>125 >0,5		
		Condición general	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo		
	<b>Valoración</b>		<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>		

Tabla 14 — Valoración del RMR

Nombre del Proyecto:		CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS PARA ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE AUTOSOPORTE EN NIVEL 4306 LABOR EN LA U.O. PALLANCATA, AYACUCHO 2021				Litología		ANDESITA																																																				
Nivel:		4306				Altura litostática (h)		4306																																																				
Labor:		BP 4306-SW				Rc / Sv		1.08																																																				
Ejecutado por:		LINDBERGH ORDOÑEZ MOREANO																																																										
Fecha:		NOVIEMBRE DEL 2021																																																										
<b>SISTEMA RMR</b>																																																												
PARÁMETROS					VALOR		RANGO					VALOR																																																
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)					126		>250 (15)	X 100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	-25(2) -5(1) <1(0)	12																																																
RQD (%)							90-100 (20)	75-90 (17)	X 50-75 (13)	25-50 (8)	-25 (3)	13																																																
Espaciamiento de discontinuidades (cm)							>2m (20)	0.6-2 m (15)	0.2-0.6m (10)	X 0.06-0.2m (8)	< 0.06m (5)	8																																																
CONDICION DE DISCONTINUIDADES																																																												
Familia	Buz.	/D. Buz	f/m	Persistencia	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	X 3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	2																																																		
D1	45	230	3	Abertura	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	X 1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1																																																		
D2	28	145	4	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3																																																		
D3	78	110	5	Relleno	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	X Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	2																																																		
					Alteración	Sana (6)	Lig. Interpe. (5)	Mod. Interpe. (3)	X Muy Interpe. (2)	Descompuesta (0)	2																																																	
Agua subterránea					Seco (15)	X Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10																																																		
Orientación					<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Rumbo perpendicular al eje de la excavación</th> <th colspan="4">Rumbo paralelo al eje de la excavación</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Direccion con el buzamiento</th> <th colspan="2">Direccion contra el buzamiento</th> <th colspan="2">Buzamiento 0°-20° independiente e del rumbo</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <td>Bz</td> <td>Bz</td> <td>Bz</td> <td>Bz</td> <td>Bz</td> <td>Bz</td> <td>Bz</td> <td>Bz</td> </tr> <tr> <td>45°-90°</td> <td>20°-45°</td> <td>45°-90°</td> <td>20°-45°</td> <td>45°-90°</td> <td>20°-45°</td> <td>45°-90°</td> <td>20°-45°</td> </tr> <tr> <td>Muy Favorable</td> <td>Favorable</td> <td>Regular</td> <td>Desfavorable</td> <td>Muy Desfavorable</td> <td>Regular</td> <td>Desfavorable</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>-2</td> <td>-5</td> <td>-10</td> <td>-12</td> <td>-5</td> <td>-10</td> <td></td> </tr> </table>						Rumbo perpendicular al eje de la excavación				Rumbo paralelo al eje de la excavación				Direccion con el buzamiento		Direccion contra el buzamiento		Buzamiento 0°-20° independiente e del rumbo				Bz	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy Desfavorable	Regular	Desfavorable		0	-2	-5	-10	-12	-5	-10		-5								
Rumbo perpendicular al eje de la excavación				Rumbo paralelo al eje de la excavación																																																								
Direccion con el buzamiento		Direccion contra el buzamiento		Buzamiento 0°-20° independiente e del rumbo																																																								
Bz	Bz	Bz	Bz	Bz	Bz	Bz	Bz																																																					
45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°																																																					
Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy Desfavorable	Regular	Desfavorable																																																						
0	-2	-5	-10	-12	-5	-10																																																						
					RMR <sub>89</sub> (Basico) =						53																																																	
					RMR <sub>89</sub> ( Corregido) =						48																																																	
					RMR' <sub>89</sub> (Condiciones Secas)=						58																																																	
JRC (BARTON BANDIS)				RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	III B																																																		
				DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA																																																			



### 5.1.2 Cálculo del RQD de labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata

Para el cálculo de RDQ se usó la formula  $RQD=115-3,3(J_v)$ , esta fórmula según (RODRIGUEZ, 2007 pág. 15), siendo la formula del mapeo por celdas de palmstrom (1982).

Según el mapeo geomecanico realizado se obtuvo un  $J_v = 15,20$   
 Por lo tanto, usando la ecuación y reemplazando los datos:

$$RQD=115-3,3(J_v)$$

$$RQD=115-3,3(15,20)$$

$$RQD= 64,84 \%$$

$$RQD= 65 \%$$

Tabla 15 — Cálculo del Q del macizo rocoso de la labor BP 4306-SW

SISTEMA DE CLASIFICACION Q										
PARAMEROS		RANGO		VALOR						
RQD %	RQD	65	%	65						
Número de discontinuidades	J <sub>n</sub>	4 D		12						
Número de rugosidad	J <sub>r</sub>	Lisa		3						
Número de alteración	J <sub>a</sub>	ligero		1						
Número de agua subterránea	J <sub>w</sub>	seco		1						
Factor de reducción de esfuerzos (estado tensional)	SRF	tension elevada		2						
$Q = (RQD/J_n) \times (J_r / J_a) \times (J_w / SRF)$				<b>Q = 8.13</b>						
$Q' = (RQD/J_n) \times (J_r / J_a)$				<b>Q' = 16.25</b>						
RMR = 9 Ln Q + 44	63									
RMR' = 9 Ln Q' + 44	69									
Q	1000-400	400-100	100-40	40-10	<b>10-4,0</b>	4-1,0	1-0,1	0,1-0,01	0,01-0,001	<b>REGULAR</b>
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMENADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	<b>REGULAR</b>	POBRE	MUY POBRE	EXTREMENADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALM EMBTE POBRE	

### 5.1.3 Cálculo del GSI de la labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata

Tabla 16 — Cálculo del GSI de la labor BP 4306-SW

INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA	GSI = RMR'₆₉ - 5			53
TABLA GEOMECÁNICA (GSI),	VALORES			SIMBOLO
	GSI	RMR	Q	GSI
	53	48 - III B	8.13	MF/R

Haciendo el uso de la ecuación de correlación GSI



## 5.2 Determinación de las clasificaciones geomecánicas mediante las propiedades físicas del macizo rocoso para la estimación del tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021

### 5.2.1 Resultados de las propiedades físicas de la labor

#### ENSAYOS DE LABORATORIO

Su determinación se basó en el establecimiento del peso seco, peso saturado, y el volumen externo de las muestras rocosas.

Para secar las muestras, se colocaron éstas dentro de un horno ventilado a una temperatura de 105°C; para saturarlas, se sumergieron en agua destilada.

Llevando un registro diario de los pesos con una precisión de 0.01 gr., los pesos seco y saturado se obtuvieron cuando la diferencia entre dos pesadas sucesivas no excedía de 0.1 gr., lo cual fue logrado en aproximadamente 48 horas.

Las relaciones matemáticas que definen las propiedades físicas solicitadas son:

- **Densidad**

$$\gamma = \frac{\text{Peso Seco (gr/cm}^3\text{)}}{\text{Volumen}}$$

- **Peso Específico Aparente**

$$\text{P.E.A.} = \frac{\text{Peso Seco} \times 9,81 \text{ (KN/m}^3\text{)}}{\text{Volumen}}$$

- **Porosidad Aparente**

$$\text{P.a.} = \frac{\text{Peso Saturado} - \text{Peso Seco}}{\gamma_w \times \text{Volumen}} \times 100 \text{ (\%)}$$

- **Absorción (en peso)**

$$\text{Abs} = \frac{\text{Peso Saturado} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100 \text{ (\%)}$$

Peso Seco Siendo:



$\gamma_w$  = Densidad del agua (gr/cm<sup>3</sup>)

**Tabla 17 — Resultados de propiedades físicas del macizo rocoso de la labor BP 4306-SW**

MUESTRA ROCOSA		Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	P.E.A. KN/m <sup>3</sup>	P.A. %	Absorción %
M-1	ANDESITA LD	2,58	25,31	2,6	1,01
M-2	ANDESITA LI	2,59	25,41	2,82	1,09
M-3	ANDESITA T	2,54	24,92	2,49	0,98
<b>PROMEDIO</b>		<b>2,57</b>	<b>25,21</b>	<b>2,64</b>	<b>1,03</b>

Fuente: Grupo corporativo obregón s.c.r.l. (2022)

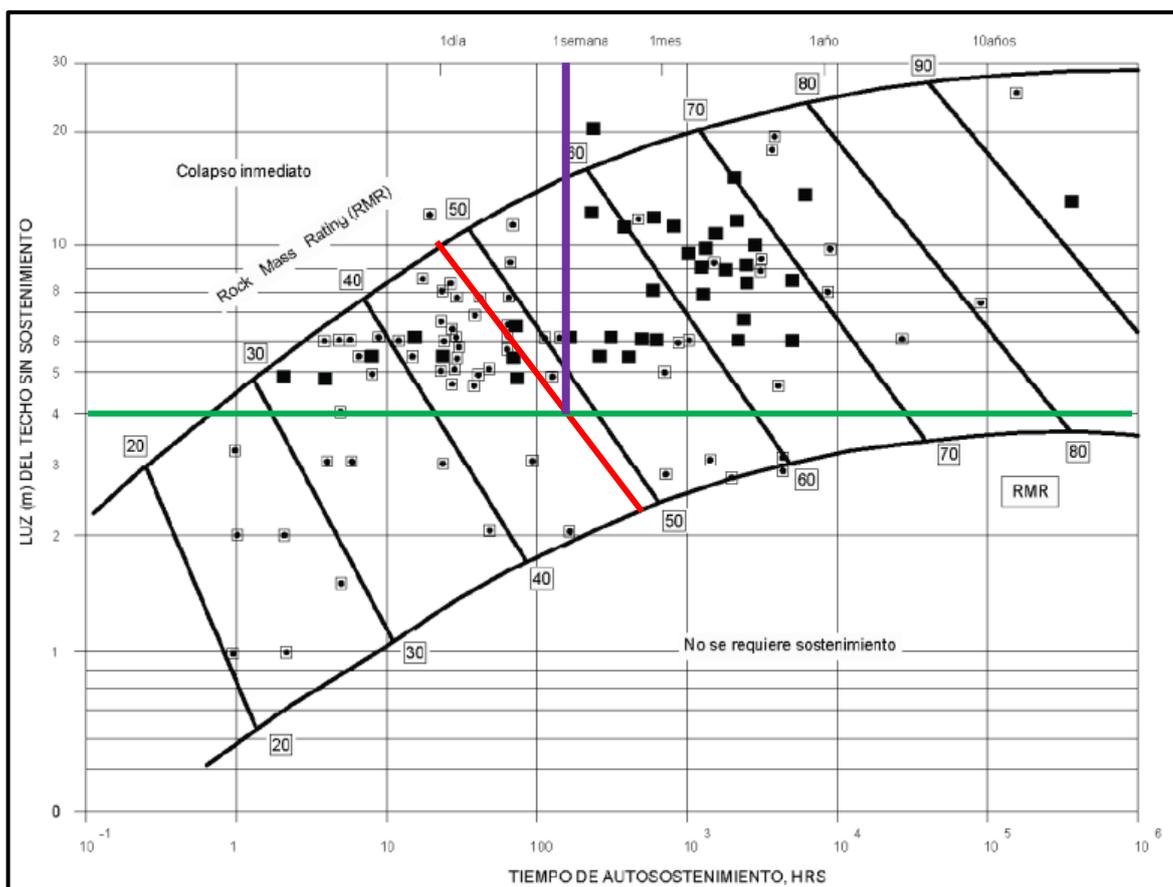
**5.3 Determinación el tiempo de autoaporte mediante la calidad del macizo rocoso en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021**

De haber obtenido haber realizado la caracterización del macizo rocoso, utilizando el criterio de clasificaciones geomecánicas de Bieniawski, el índice de Q de Barton y GSI de las tres formas se coincidió que la calidad del macizo rocoso de la labor es una roca regular.

**Tabla 18 — Leyenda de clasificación definitiva de la roca**

LEYENDA		
TIPO DE ROCA	CLASIFICACION	RMR
II	Roca Buena	60 - 80
III - I	Roca Regular	41 - 60
IV - A	Roca Mala - A	31 - 40
IV - B	Roca Mala - B	21 - 30
V	Roca Muy mala	0 - 20

La estimación del tiempo de autoaporte, se hace el uso según el criterio geomecánicos, y estimar el tiempo de autoaporte.



**Figura 9 — Tiempo de autoaporte de la labor BP 4306-SW**

Habiendo obtenido la roca más predominante la andesita y se obtuvo un valor de roca regular (III-B RMR).

Por lo que el tiempo estimado es de hasta un máximo de 7 días para un ancho de la labor de 4m.

**Tabla 19 — Tiempo de autoaporte según el tipo de roca**

Tipo de roca	Tiempo de autosostenimiento
Buena II-III A	3 meses a 10 años
Regular II-III A	7 días
Mala IVA	3 días
Muy Mala IV B	< día, pocas horas

#### **5.4 Determinación del ancho de excavación, para estimar el tiempo de autoaporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021**

De haberse verificado que las dimensiones de 4m x 4m vale decir la sección de la BP 4306-SW, por lo que se ha verificado mediante el ábaco según el criterio geomecánico está mediante la figura 9.

Siendo el ancho de excavación de 4m es aún adecuado en la ejecución del BP 4306-SW, por lo que se estimó el tiempo de autoaporte hasta un máximo de 7 días sin sostenimiento.



## DISCUSIONES

### Discusión general:

La intención de esta investigación fue de determinar las clasificaciones geomecánicas para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021, se demostró que al realizar el estudio de las clasificaciones de RMR está planteada por Bieniawski, por lo que el RMR corregido del macizo rocoso es de 48, además de haber realizado el mapeo geomecánico se estimó el Índice de Q de Barton de 8,13. A partir de ella haciendo uso de la ecuación de correlación se hizo el reajuste del RMR resultando un RMR de 58 según este valor la calidad de macizo rocoso es de buena, sin embargo por la presencia de aguas y en condiciones desfavorables se consideró el RMR de 48 y siendo la calidad de la roca de clase III de sub clase de III-A calidad regular.

Este hallazgo guarda relación por encontrado por (Arango Marcañaupa, 2020) quien al estudiar el “Elección del tipo de sostenimiento requerido por cambio del dominio estructural en la construcción del nuevo pique yauricocha” presenta resultados que la nueva zona como roca buena con un RQD de 69 %; el nuevo tipo de sostenimiento será mediante pernos Hydrabolt de 3 m de longitud y estarán espaciados cada 1,5 m a lo largo de todo el contorno del pique, estos serán reforzados mediante mallas metálicas galvanizadas de 4,19 mm de diámetro con una luz de 50 mm x 50 mm. Con un revestimiento de shotcrete de 3 pulgadas de espesor y una resistencia mínima de los mismos de 345 kg/cm<sup>2</sup>.

En ese sentido cabe comparar resultados que ciertamente son muy diferentes puesto que cada mina tiene su propia litología, su mineralogía, etc. que sin embargo se puede precisar del RQD puso estimar el sostenimiento mediante Hydrabolt de 3 m de longitud y estarán espaciados cada 1,5 m.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- La clasificación geomecánica mediante las propiedades mecánicas del macizo rocoso, se obtuvo mediante la clasificación de RMR de Bienawski, se obtuvo valores y se estableció para esta investigación un RMR de 48. Con lo que corresponde a la determinación de índice de Q de Barton del macizo rocoso, de haber realizado el mapeo geomecánico se obtuvo un índice de Q de 8,13 y índice corregido de Q' de 16,25. por lo que este valor se estableció como resultado en esta investigación y el RQD promedio de 65 % y además se estimó el valor del índice de GSI de 53. Finalmente se calculó de dos maneras la resistencia a la compresión de la roca predominante de la caja techo, hastial derecho y hastial izquierdo, la primera mediante el ensayo de carga uniaxial y la segunda mediante el martillo Schmidt. La resistencia según el ensayo de resistencia a la compresión uniaxial se obtuvo el valor de la resistencia de 125,58 Mpa en promedio total y la otra forma mediante el ensayo del martillo Schmidt se obtuvo una resistencia de 117 Mpa.
- La clasificación geomecánica mediante las propiedades físicas del macizo rocoso se consideraron las principales propiedades físicas la densidad, el peso específico aparente, porosidad aparente y absorción, de las cuales se obtuvo resultados mediante laboratorio siendo una densidad de 2,57 gr/cm<sup>3</sup>, P.E.A de 25,21 KN/m<sup>3</sup>, P.A. de 2,64 % y Absorción de 1,03%, estos resultados son los determinantes directos en las características mecánicas del macizo rocoso, sin embargo que mediante esta investigación se concluye que no se puede estimar el tiempo de autoaporte con las propiedades físicas del macizo rocoso.
- Con respecto al tiempo de autoaporte mediante las clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso del nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021, según Bienawski en ábaco (tiempo de autosostenimiento) de 1989. En la



investigación se interpola la calidad de la roca vs ancho de excavación (span) y como resultado se estimó el tiempo máximo de 7 días de autosoporte. Sin embargo, por política de la empresa Hochschild mining, para el tipo de roca y RMR calculado estable un tiempo de autosoporte máximo de 24 horas. Ver cartilla geomecánica

TIPO DE SOSTENIMIENTO - MECANIZADO			
CLASIFICACIÓN/TIEMPO DE AUTOSOPORTE	RMR	TIPO DE ROCA	SOSTENIMIENTO AVANCES PERMANENTES
Buena-A / 6 meses	71-80	II-A	Empemado sistemático con reticulados de 1.5m x 1.5 m, traslape entre malla 20 cm.
Buena-B / 1 meses	61-70	II-B	
Regular-A / 3 días	51-60	III-A	Instalar pernos de 7-10 pies espaciados en reticulado (cuadrulado) o tres bolillos (róbico) con espaciamiento de 1.2 m x 1.2 m más malla electro-soldada en la corona con traslape de 20 cm.
Regular-B / 24 horas	41-50	III-B	
Mala-A / 8 horas	31-40	IV-A	Lanzar 2 pulg de Shotcrete con fibra (20kg/m3) más pernos de 7-10 pies espaciados a 1.0 m x1.0 m.
Mala-B / 8 horas con pre-soporte	21-30	IV-B	Instalar pre-sostenimiento (Spilling bar) en la corona con pernos inflables de 10 pies espaciados 0.30 m, ejecutar el avance, luego sobre la carga como piso lanzar 2 pulg de shotcrete con fibra (40 Kg/m3) en bóveda y después de la limpieza completar en las paredes, finalmente lanzar 2 pulg de shotcrete con fibra (20kg/m3) más pernos de 7-10 pies espaciados a 1.0 m x 1.0 m.
Muy Mala / 8 horas con pre-soporte)	< 20	V	Instalar pre-sostenimiento (Spilling bar) en la corona con pernos inflables de 10 pies espaciados 0.30 m, ejecutar el avance, luego sobre carga como piso lanzar 2 pulg de shotcrete con fibra (40 Kg/m3) en bóveda y después de la limpieza completar en las paredes, finalmente instalar Cimbras metálicas espaciados a 1.0 m con planchas acanaladas topeados con bolsacrete.

Figura 10 — Cartilla geomecanico de la compañía Hochschild mining

- Con respecto determinar el ancho de excavación para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021, según Ramírez Oyanguren el ancho de excavación subterránea cumple la relación de verificación de la dimensión equivalente  $De = \text{Ancho}$ , diámetro o altura de la excavación (m)/Relación de sostenimiento de la excavación ESR, por lo que el ancho de excavación de 4m de la labor BP 4306 SW es favorable o adecuado.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda caracterizar el macizo rocoso, mínimamente mediante las clasificaciones geomecánicas en las labores de excavación en minas subterráneas y/o ejecución de obras civiles relacionados en excavación de túneles, por lo que esta información apoya en la adecuada planificación, diseño, operación y cierre de mina.
- Se recomienda cuando se realizan estudios sobre las clasificación geomecánica amerita también enfocarse en las propiedades físicas por lo que estas están directamente involucrados en las propiedades mecánicas desde luego no se pudo encontrar estudios que a partir de las propiedades físicas estimar las clasificaciones sin embargo se ha demostrado que mediante la litología más predominante es la andesita está en condiciones desfavorables como la presencia de las aguas subterráneas de alguna forma contribuyen en las características mecánicas como por ejemplo la disminución de la calidad de la roca la resistencia y entre otros.
- Se recomienda usar los valores inferiores en condiciones desfavorables de la calidad de la roca y de manera que la estimación de autosoporte sea más apropiada y brindar seguridad en la excavación subterránea ya que el exceso de confianza podría ocasionar posibles falla ya que el mayor peligro en la mina subterránea es el desprendimiento de la roca que estadísticamente han sido los más potenciales de ocasionar daños del proceso de la explotación minera subterránea.
- Se recomienda antes de ejecutar labores de excavación subterránea verificar el ancho de excavación si es acorde y/o favorable, las características de las discontinuidades y otros factores geomecánicos influyen en el dimensionamiento apropiado de la sección de excavación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ALVARADO VALDES, Fabiola. 2020.** Modelamiento geostatístico de la clasificación geomecánica de bieniawski (RMR). Santiago de Chile :

**ARANA CABRERA, Jhonny Alex y CUEVA ROMERO, Jimmy Gerardo. 2019.** Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su influencia en el tipo de sostenimiento en el nivel 05 de la mina subterránea paredones, san pablo, Cajamarca, 2019. Cajamarca.

**Arango Marcañaupa, Eber. 2020.** Elección del tipo de sostenimiento requerido por cambio del dominio estructural en la construcción de nuevo pique yauricocha. Huancayo.

**BEHAR RIVERO, DANIEL SALOMON. 2008.** Metodología de la Investigación. 2008. 9789592127837.

**Behar, Daniel Salomón. 2008.** Metodología de la investigación. Bogotá, Colombia : Shalom, 2008. pág. 94. ISBN: 978-959-212-783-7.

**BENAVENTE, David, BERNABEU , Ana y CAÑAVÉRAS, Juan. 2004.** Estudio de propiedades físicas de las rocas. Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante. Valencia.

**BRAJA M., Das. 2015.** Fundamento de ingeniería geotécnica. s.l. : CENGAGE Learning, 2015.

**Braja, M. Das. 2015.** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. s.l. : CENGAGE Learning, 2015.

**CALAMA NINA, Alexander. 2021.** Evaluación geomecánica para la selección del tipo de sostenimiento en la construcción de la rampa-440, en la minería aurífera cuatro de enero S.A. (MACDESA)-Arequipa. Cusco.

**DAS, Braja M. 2015.** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Cuarta edición. s.l. : CENGAGE Learning, 2015.

**EGG, Ezequiel Ander. 2011.** Aprender a investigar. Buenos Aires : Brujas, 2011. 9789875912717.



**FLORES CHAVEZ, Guillermo Jhoel. 2021.** Caracterización geomecánica del macizo rocoso para determinar el tipo de rocoso para determinar el tipo de sostenimiento en la concesión minera subterránea Zenit 1, distrito San Luis. Cajamarca - Perú.

**GONZALES DE VALLEJO, Luis. 2002.** Ingeniería Geológica. Madrid : Pearson, 2002. pág. 711. 84-205-3104-9.

**HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. 2014.** Metodología de la investigación. México : s.n., 2014. 9781456223960.

**HOYOS PATIÑO, Fabian. 2012.** Getecnia diccionario básico. Medellín.

**IÑIGUEZ TORAL, Diana Camila. 2020.** Velocidad de Corte en Rocas y su relación con la Resistencia a la Compresión Simple. Cuenca - Ecuador.

**LERMA GONZALES, Hector Daniel. 2009.** Metodología de la investigación. Bogotá : s.n., 2009. 9789586486026.

**ÑAUPAS PAITAN, Humberto. 2014.** Metodología de la investigación . Bogotá : s.n., 2014. 9789587621884.

**OCHOA QUESADA, Alexander. 2018.** Propuesta de una clasificación geomecánica para la evaluación del comportamiento del macizo rocoso en el frente de arranque del Túnel Levisa-Mayari Tramo IV. Moa.

**RAMIREZ OYANGUREN, Pedro y ALEJANO MONGE, Leandro. 2004.** Mecánica de rocas : fundamentos e ingeniería de taludes. Madrid : OpenAire.

**Ramirez Oyanguren, Pedro y Alejandro Monge, Leandro. 2004.** Mecánica de Rocas: Fundamentos e ingeniería de Taludes.

**RAMIREZ OYANGUREN, Pedro y ALEJANO MONGE, Leandro. 2004.** Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes.

**RODRIGUEZ, Javier Alonso. 2007.** Ingeniería Geológica: Caracterización de macizos rocosos. Oviedo.

**RODRIGUEZ, JAVIER ALONSO. 2007.** Ingeniería geológica: Caracterización de macizos rocosos. Madrid.



**SAEZ, Esteban. 2010.** Fundamentos de Geotecnia. s.l. : ICE, 2010.

**SALAZAR ISLA , Edgar Samir. 2020.** Evaluacion geomecanica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotacion por el metodo de corte y relleno ascendente Unidad Minera Yauricocha-Sociedad Minera Corona S.A. Huancayo.

**TACURI GAMBOA, Amilcar. 2017.** Evaluacion geomecanica del macizo rocoso para la aplicacion del sostenimiento en la mina hercules-cia minera Lincuna s.a. Ayacucho.

**THOMAS CABRERA, Carlos Enrique. 2014.** Estudio comparativo entre requerimientos de soporte y fortificacion de tuneles definidos segun metodos empiricos de clasificaciones geomecanicas versus metodos analiticos y numericos. Santiago de Chile.

**VALDIVIA DONAYRE, Alex Fredy. 2020.** Estimacion del comportamiento geomecanico, mediante metodo de kriging para el macizo rocoso del cerro callacpuma-sector huayrapongo,2020. Cajamarca-Peru.



## ANEXOS



Anexo 1

Tabla 20 — Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>Problema general</b> ¿Cómo son las clasificaciones geomecánicas para estimar el tiempo de autosoporte en el nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?</p>	<p><b>Objetivo general</b> determinar las clasificaciones geomecánicas para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>	<p><b>Hipótesis general</b> Es posible estimar el tiempo óptimo de autosoporte con las clasificaciones geomecánicas en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>	<p>V1: Clasificaciones Geomecánicas</p>	<p>D1: Propiedades mecánicas del macizo rocoso</p>	<p>I1: RMR I2: Q DE BARTON I3: GSI</p>
<p><b>Problema específico</b> ¿Cómo son las propiedades mecánicas del macizo rocoso, para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b> Determinar las propiedades mecánicas del macizo rocoso, para la estimación del tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b> Es posible determinar las propiedades mecánicas del macizo rocoso para la estimación del tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>		<p>V2: Tiempo de autosoporte</p>	<p>D2: Propiedades físicas del macizo rocoso</p>
<p>¿Como son las propiedades físicas del macizo rocoso, para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?</p>	<p>Determinar las propiedades físicas del macizo rocoso para la estimación del tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>	<p>Es posible determinar las propiedades físicas del macizo rocoso para la estimación del tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>	<p>D1: Calidad de la roca</p>		<p>I1: Buena (60-80) I2: Regular (41-60) I3: Mala (21-40) I4: Muy mala (0-20)</p>
<p>¿Cuál es la calidad de la roca, para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?</p>	<p>Determinar la calidad de la roca, para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>	<p>La calidad de la roca, influye en el tiempo de autosoporte en el nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>	<p>D2: Ancho de excavación</p>		<p>I1: longitud (m)</p>
<p>¿Cuál es el ancho de excavación, para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021?</p>	<p>Determinar el ancho de excavación, para estimar el tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>	<p>El ancho de excavación influye directamente, en la estimación de tiempo de autosoporte en nivel 4306 labor BP 4306-SW en la U.O. Pallancata, Ayacucho 2021</p>			



## Anexo 2 Panel Fotográfico



Figura 11 — Reconocimiento del equipo en el laboratorio de mecánica de rocas de la escuela de ingeniería de minas – Unamba



Figura 12 — Boca mina principal y reconocimiento de la Unidad Minera pallancata



**Figura 13 — Realización de ensayo de ensayo de compresión uniaxial en el laboratorio de mecánica de rocas de la escuela de ingeniería de minas – Unamba**



**Figura 14 — Realización de ensayo de compresión uniaxial en el laboratorio de mecánica de rocas de la escuela de ingeniería de minas – Unamba**



**Figura 15 — Realización de ensayo de compresión uniaxial en el laboratorio de mecánica de rocas de la escuela de ingeniería de minas – Unamba**



**Figura 16 — Realización de ensayo de compresión uniaxial**



**Figura 17 — Uso del martillo de Schmidt para la estimación de la resistencia en el lugar (insitu).**



**Figura 18 — Preparación de muestras en el laboratorio**



**Figura 19 — Vista de los equipos y materiales que se utilizaron para el ensayo de la resistencia de rocas**



**Figura 20 — Calibración de los equipos de ensayo**



**Figura 21 — Vista del investigador en el laboratorio de mecánica de rocas de escuela profesional de Ingeniería de Minas**



**Figura 22 — Reconocimiento de roca para realizar el ensayo correspondiente en una labor subterránea**



**Figura 23 — Ensayo de calidad de roca con martillo de Geólogo**



**Figura 24 — Fotografía en el frente de trabajo en la mina Pallancata( estimacion de las rocas para llevar al laboratorio)**



Figura 25 — Identificación de las facturas en el In-situ

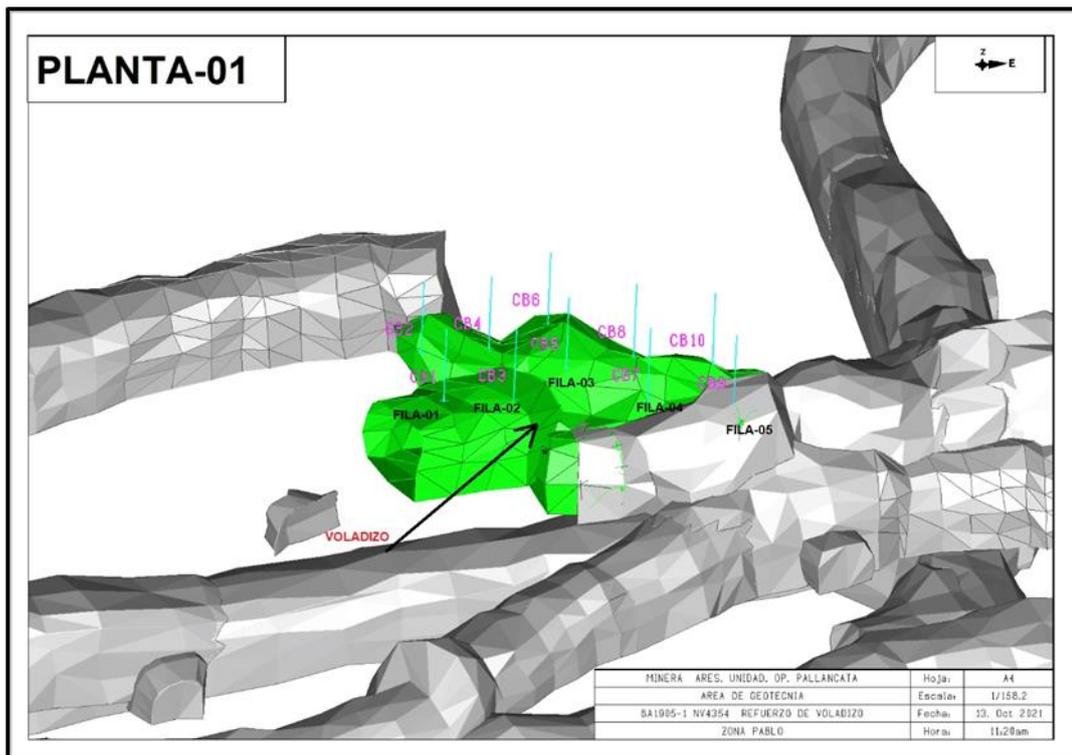


Figura 26 — Imagen isometrico de la labor en investigación



Figura 27 — Estimacion de la resistencia del macizo rocoso

### **Anexo 3**

## **Cálculos y demostración de la resistencia y de las propiedades físicas de las rocas**



## DEMOSTRACION DE LOS CALCULOS DE LA RESISTENCIA

### Demostracion de los calculos de la resistencia a la compresion uniaxial

#### Calculo de resistencia uniaxial

Según el modelo matematico para obtener la resistencia a compresion uniaxial:

$$\sigma_c = \frac{P}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

donde:

P: Carga ultima

D: Diámetro del espécimen

#### Calculos de las muestras del dominio estructural 01

$$\text{Muestra 1 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 317,25 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 138,52 \text{ Mpa}$$

$$\text{Muestra 2 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 315,90 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 137,93 \text{ Mpa}$$

$$\text{Muestra 3 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 297,50 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 129,90 \text{ Mpa}$$

$$\text{Muestra 4 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 284,10 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 124,05 \text{ Mpa}$$

#### Calculos de las muestras del dominio estructural 02

$$\text{Muestra 1 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 291,30 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 127,19 \text{ Mpa}$$

$$\text{Muestra 2 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 319,91 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 139,68 \text{ Mpa}$$

$$\text{Muestra 3 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 310,57 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 135,61 \text{ Mpa}$$

$$\text{Muestra 4 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 270,12 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 117,94 \text{ Mpa}$$

#### Calculos de las muestras del dominio estructural 03

$$\text{Muestra 1 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 316,10 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 138,02 \text{ Mpa}$$

$$\text{Muestra 2 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 318,62 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 139,12 \text{ Mpa}$$

$$\text{Muestra 3 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 214,35 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 93,59 \text{ Mpa}$$

$$\text{Muestra 4 } \sigma_c = P/(\pi D^2/4) = 195,60 \text{ KN}/(\pi \times 0,054\text{m}^2/4) = 85,41 \text{ Mpa}$$

## DEMOSTRACION DE LOS CALCULOS DE LAS PROPIEDADES FISICAS

### Calculos de densidad

#### Pesos secos obtenidos:

Peso seco de la muestra 1=107,28 gr

Peso seco de la muestra 2=109,11 gr

Peso seco de la muestra 3=105,03 gr

#### Volumen de muestras obtenidas:

Volumen de la muestra 1 = 41,58 cm<sup>3</sup>

Volumen de la muestra 2 = 42,13 cm<sup>3</sup>

Volumen de la muestra 3 = 41,35 cm<sup>3</sup>

$$\gamma = \frac{\text{Peso Seco (gr/cm}^3\text{)}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Densidad M1} = 107,28 \text{ gr}/41,58\text{cm}^3 = 2,58 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

$$\text{Densidad M2} = 109,11 \text{ gr}/42,13\text{cm}^3 = 2,59 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

$$\text{Densidad M3} = 105,03 \text{ gr}/41,35\text{cm}^3 = 2,54 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

### Calculos de peso especifico aparente

$$\text{P.E.A.} = \frac{\text{Peso Seco} \times 9,81 \text{ (KN/m}^3\text{)}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{P.E.A. M1} = \frac{107,28 \text{ gr} \times 9,81 \text{ (KN/m}^3\text{)}}{41,58 \text{ cm}^3} = 25,31 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

$$\text{P.E.A. M2} = \frac{109,11 \text{ gr} \times 9,81 \text{ (KN/m}^3\text{)}}{42,13 \text{ cm}^3} = 25,41 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

$$\text{P.E.A. M3} = \frac{105,03 \text{ gr} \times 9,81 \text{ (KN/m}^3\text{)}}{41,35 \text{ cm}^3} = 24,92 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

### Calculos de porosidad aparente

$$\text{P.a} = \frac{\text{Peso saturado} - \text{Peso seco}}{\gamma W \times \text{Volumen}} \times 100 \text{ (\%)}$$

Peso saturado de la muestra 1=108,36 gr

Peso saturado de la muestra 2=110,30 gr

Peso saturado de la muestra 3=106,06 gr

$$\text{P.a M1} = \frac{108,36 \text{ gr} - 107,28 \text{ gr}}{1 \times 41,58 \text{ cm}^3} \times 100 \text{ (\%)} = 2,60 \text{ \%}$$

$$\text{P.a M2} = \frac{110,30 \text{ gr} - 109,11 \text{ gr}}{1 \times 42,13 \text{ cm}^3} \times 100 \text{ (\%)} = 2,82 \text{ \%}$$

$$\text{P.a M3} = \frac{106,06 \text{ gr} - 105,03 \text{ gr}}{1 \times 41,35 \text{ cm}^3} \times 100 \text{ (\%)} = 2,49 \text{ \%}$$



### Calculos de absorcion

$$P.a = \frac{\text{Peso saturado}-\text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100 (\%)$$

#### **Pesos saturados obtenidos:**

Peso saturado de la muestra 1=108,36 gr

Peso saturado de la muestra 2=110,30 gr

Peso saturado de la muestra 3=106,06 gr

$$\text{Abs M1} = \frac{108,36 \text{ gr} - 107,28\text{gr}}{107,28 \text{ gr}} \times 100 (\%) = 1,01 \%$$

$$\text{Abs M2} = \frac{110,30 \text{ gr} - 109,11\text{gr}}{109,11 \text{ gr}} \times 100 (\%) = 1,09 \%$$

$$\text{Abs M3} = \frac{106,06 \text{ gr} - 105,03\text{gr}}{105,03 \text{ gr}} \times 100 (\%) = 0,98 \%$$



#### **Anexo 4**

### **Resultados del laboratorio del ensayo a la compresión uniaxial realizada en el laboratorio de EAP- Minas Unamba**




**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC**

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS  
LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS Y SUELOS



PRESENTACIÓN DE RESULTADOS REALIZADOS EN LABORATORIO  
FÍSICOS Y MECÁNICOS

**A) ENSAYOS LA COMPRESION SIMPLE O UNIAXIAL**

Normas sugeridas por ISRM (International Society for Rock Mechanics)

INFORME : L.M.R. UNAMBA -2022  
SOLICITANTE : LINDBERGH ORDOÑEZ MOREANO  
PROYECTO : "CLASIFICACIONES GEOMECAÑICAS PARA ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE AUTOSOORTE EN NIVEL 4306 LABOR EN LA U.O. PALLANCATA, AYACUCHO 2021"  
UBICACIÓN : LABOR BP 4306-SW EN LA U.O. PALLANCATA  
FECHA : NOVIEMBRE , 10 DEL 2021  
MUESTRAS : TRES GRUPOS CON CODIGOS M-1,M-2, M-3 y M-4

**ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION UNIAXIAL**
**DOMINIO EXTRACTURAL 01**

Nº DE MUESTRA	LITOLOGIA	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	CARGA (P) (KN)	C (Mpa)
M-1	ANDESITA	54	120	317.25	138.52
M-2	ANDESITA	54	120	315.90	137.93
M-3	ANDESITA	54	135	297.50	129.90
M-4	ANDESITA	54	135	284.10	124.05

PROMEDIO 132.60

**DOMINIO EXTRACTURAL 02**

Nº DE MUESTRA	LITOLOGIA	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	CARGA (P) (KN)	C (Mpa)
M-1	ANDESITA	54	120	291.30	127.19
M-2	ANDESITA	54	135	319.91	139.68
M-3	ANDESITA	54	136	310.57	135.61
M-4	ANDESITA	54	134	270.12	117.94

PROMEDIO 130.11

**ENSAYOS DE RESISTENCIA UNIAXIAL**
**DOMINIO EXTRACTURAL 03**

Nº DE MUESTRA	LITOLOGIA	DIAMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	CARGA (P) (KN)	C (Mpa)
M-1	ANDESITA	54	120	316.10	138.02
M-2	ANDESITA	54	125	318.62	139.12
M-3	ANDESITA	54	135	214.35	93.59
M-4	ANDESITA	54	135	195.60	85.41

PROMEDIO 114.04

PROMEDIO TOTAL = 125.58 Mpa

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC  
*Dr. Leoncio T. Carnero Carnero*  
DOCENTE

Figura 28 — Resultados de ensayo a la compresion uniaxial



## Anexo 5

**Resultados de las propiedades físicas emitida por el laboratorio de mecánica de suelos**



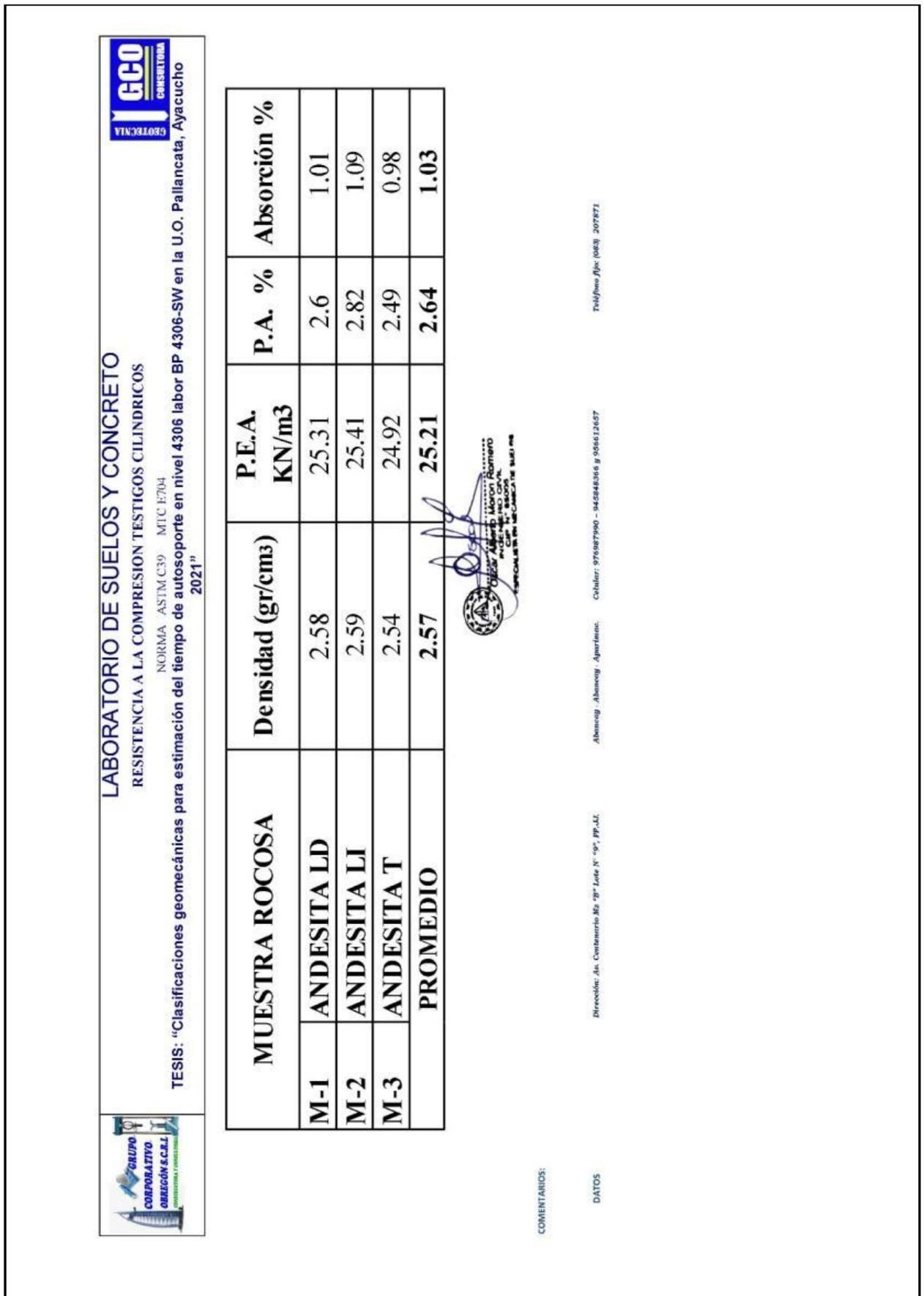


Figura 29 — Resultados de ensayo de las propiedades físicas de la roca

## **Anexo 6**

### **Cartilla geomecánica de la compañía minera Ares SAC-U.O. Pallancata**



TIPO DE SOSTENIMIENTO - CONVENCIONAL			
CLASIFICACIÓN/TIEMPO DE AUTOSOPORTE	RMR	TIPO DE ROCA	SOSTENIMIENTO AVANCES PERMANENTES
Buena-A / 6 meses	71-80	II-A	Empinado sistemático con reticulados de 1.5 m x 1.5 m, traslape entre malla 20 cm
Buena-B / 1 meses	61-70	II-B	
Regular-A / 3 días	51-60	III-A	<b>Labores menores a 1.2 m de ancho:</b> Instalar malla electro-soldada en la corona con split set de 3 pies y puntal con jack pot y plantilla espaciados de 1.0 m - 3.0 m. <b>Labores mayores a 1.2 m de ancho:</b> Instalar malla electro-soldada hasta 1.2 m del piso con split set de 4 pies y puntal con jack pot y plantilla espaciados de 1.0 m - 3.0 m.
Regular-B / 24 horas	41-50	III-B	
Mala-A / 8 horas	31-40	IV-A	Amar cuadro completo o cojo de madera de 7 pulg a 8 pulg de diametro espaciados de 1.2 m - 1.5 m encorbado a la corona y topes desde el hastial a la unión del poste, sombrero y tirante. Previa instalación de marchavantes con guardacabeza. <b>Chimeneas:</b> Armar Cribing de 6 pulg de diametro con solera espaciados a 3.0 m.
Mala-B / 8 horas con pre-soporte	21-30	IV-B	Amar cuadro completo o cojo de madera de 7 pulg a 8 pulg de diametro espaciados de 1.0 m - 1.2 m encorbado a la corona y topes desde el hastial a la unión del poste, sombrero y tirante. Previa instalación de marchavantes con guardacabeza. <b>Chimeneas:</b> Cribing de 6 pulg de diametro con solera espaciados a 1.5 m.
Muy Mala / 8 horas con pre-soporte	< 20	V	Amar cuadro completo o cojo de madera de 7 pulg a 8 pulg de diametro espaciados de 0.8 m - 1.0 m encorbado a la corona y topes desde el hastial a la unión del poste, sombrero y tirante. Previa instalación de marchavantes con guardacabeza. <b>Chimeneas:</b> Cribing de 6 pulg de diametro con solera espaciados a 1.5 m.

INSTALACIÓN DE CABLE BOLTING			
CLASIFICACIÓN/TIEMPO DE AUTOSOPORTE	RMR	TIPO DE ROCA	SOSTENIMIENTO EN TAJOS
Regular-B / 24 horas	41-50	III-B	Los cables serán utilizados en tajos de producción que tengan los siguientes factores de inestabilidad: Falla cercana a la labor menor de a 6.0m ó bz de la falla menor a 45°. Reforzamiento con cable bolting, se reforzará primero en avance de 5.0 x 4.0 instalación de forma inmediata, tendrá una configuración cuadrada espaciado a 3.0 y 10 m de longitud, inclinación del cable será 70° en sentido sub-perpendicular al buzamiento de la falla, longitud de cable que debe salir fuera de la roca para su ajuste debe ser entre 30 cm. a 45 cm. La lechada de cemento deberá ser inyectada inmediatamente después de su preparación.
Mala-A / 8 horas	31-40	IV-A	

TABLA DE GEOTECNIA CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO			
<p><b>CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN GSI</b> Se determina en base al grado de fracturamiento, midiendo la cantidad de fracturas por metro lineal (n-situ) con el uso de un flexómetro, así como la condición superficial de las fracturas tomando en cuenta las aberturas, rugosidad, relleno, recubrimiento y la resistencia de las paredes golpeando o indentando la roca con el uso de la picota o el uso del martillo Schmidt.</p> <p>Para la determinación del soporte, además de la Caracterización del Macizo Rocoso se toma en cuenta los factores influyentes como el agua, estado de esfuerzos y método de minado.</p>			
<p><b>FACTORES INFLUYENTES</b></p> <p>CONDICIÓN SUPERFICIAL (RESISTENCIA)</p> <p>MUY BUENA (B) - Las discontinuidades muy rugosas (superficies onduladas/malladas estrías) (Rc &gt; 250Mpa). (Se aplica con golpes de picota).</p> <p>BUENA (B) - Las rugosidad y onduladas presenta superficie con oxidación ligera abierta 1.2mm (Rc 100-250 Mpa). (Se rompe con varios golpes de picota).</p> <p>REGULAR (R) - Las onduladas con recubrimiento de serchity y cholla moderadamente abierta de 2 - 5mm (Rc 50 - 100 Mpa). Se rompe con uno o dos golpes de picota.</p> <p>POBRE (P) - Superficie lisa, planos con estrías, abierto 5mm a 1cm con recubrimiento serchity y caulin. Relleno compacto o con fragmentos de roca (Rc 25 - 50 Mpa). (Se inserta superficialmente).</p> <p>MUY POBRE (MP) - Superficie lisa, planos, abiertos y muy abiertos &gt;10mm (Rc &lt; 25 Mpa) (Se diagrada o se interna profundamente).</p>			
<p><b>ESTRUCTURA</b></p> <p>LEVEMENTE FRACTURADA (LF) 1 - 5 fracturas por metro. Tres sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre sí. (ROD 75 - 100) 20cm &lt; esp. entre diaclasas &lt; 100cm.</p> <p>MOD. FRACTURADA (F) 6 - 10 fracturas por metro. Tres sistemas de discontinuidades moderadamente espaciadas entre sí. (ROD 50 - 75) 10cm &lt; esp. entre diaclasas &lt; 20cm.</p> <p>MUY FRACTURADA (MF) 11 - 20 fracturas por metro. Cuatro o mas sistemas de discontinuidades (ROD 25 - 50). 5cm &lt; esp. entre diaclasas &lt; 10cm.</p> <p>INT. FRACTURADA (IF) Mas de 20 fracturas por metro. Plegamiento y/o fallamiento con muchas discontinuidades interseptadas formando fragmentos angulosos e irregulares. (ROD 0 - 25) 2cm &lt; esp. entre diaclasas &lt; 5cm.</p> <p>TRITURADA (T) Masa rocosa extremadamente rola con una mezcla de fragmentos fácilmente desagregables, angulosos y redondeados en matriz arcillosa (Sin ROD).</p>			



TABLA GEOMECÁNICA - GSI MODIFICADO  
COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C -  
U.O. PALLANCATA.



**CARTILLA GEOMECÁNICA**



**OBLIGACIONES / RECOMENDACIONES**

1. Esta tabla de Clasificación Geomecánica y Sostenimiento es de uso obligatorio para todo el personal que ingresa a la mina.
2. Todo el personal de Compañía y/o Empresa Especializada debe ser capacitada sobre su uso y aplicaciones en las labores
3. La colocación de cada perno de sostenimiento deberá ser inmediatamente después de la perforación de un taladro.
4. Todo perno colocado deberá estar perpendicular a la superficie de la excavación.
5. En el uso del sostenimiento con perno y malla, la placa de malla deben estar en contacto a la superficie de la roca.
6. En el uso de pernos con resina o cemento, estos deberán estar totalmente embebidos en ella.
7. En el uso del Shotcrete, la superficie de roca debe estar completamente limpia, mediante el lavado con agua a alta presión
8. Para el sostenimiento con cimbras, se debe utilizar un pre-soporte y lanzar Shotcrete antes de proceder a su colocación.
9. En labores de explotación con condiciones de veta de muy mala calidad (IV - V) es obligatorio el uso de guardacabezas.

TIPO DE SOSTENIMIENTO - MECANIZADO			
CLASIFICACIÓN/TIEMPO DE AUTOSOPORTE	RMR	TIPO DE ROCA	SOSTENIMIENTO AVANCES PERMANENTES
Buena-A / 6 meses	71-80	II-A	Empinado sistemático con reticulados de 1.5m x 1.5 m, traslape entre malla 20 cm.
Buena-B / 1 meses	61-70	II-B	
Regular-A / 3 días	51-60	III-A	Instalar pernos de 7-10 pies espaciados en reticulado (cuadrado) o tres bolillos (rombico) con espaciamientos de 1.2 m x 1.2 m más malla electro-soldada en la corona con traslape de 20 cm.
Regular-B / 24 horas	41-50	III-B	
Mala-A / 8 horas	31-40	IV-A	Lanzar 2 pulg de Shotcrete con fibra (20kg/m3) más pernos de 7-10 pies espaciados a 1.0 m x 1.0 m.
Mala-B / 8 horas con pre-soporte	21-30	IV-B	Instalar pre-sostenimiento (Spilling bar) en la corona con pernos inflables de 10 pies espaciados 0.30 m, ejecutar el avance, luego sobre la carga como piso lanzar 2 pulg de shotcrete con fibra (40 Kg/m3) en bóveda y después de la limpieza completar en las paredes, finalmente lanzar 2 pulg de shotcrete con fibra (20kg/m3) más pernos de 7-10 pies espaciados a 1.0 m x 1.0 m.
Muy Mala / 8 horas con pre-soporte	< 20	V	Instalar pre-sostenimiento (Spilling bar) en la corona con pernos inflables de 10 pies espaciados 0.30 m, ejecutar el avance, luego sobre carga como piso lanzar 2 pulg de shotcrete con fibra (40 Kg/m3) en bóveda y después de la limpieza completar en las paredes, finalmente instalar Cimbras metálicas espaciados a 1.0 m con planchas acanaladas topados con bolsacrete.

TIPO DE SOSTENIMIENTO - MECANIZADO			
CLASIFICACIÓN/TIEMPO DE AUTOSOPORTE	RMR	TIPO DE ROCA	SOSTENIMIENTO AVANCES TEMPORALES
Buena-A / 6 meses	71-80	II-A	Empinado sistemático con reticulados de 1.5 m x 1.5 m, traslape entre malla 20 cm.
Buena-B / 1 meses	61-70	II-B	
Regular-A / 3 días	51-60	III-A	Instalar pernos de 7-10 pies espaciados en reticulado (cuadrado) o tres bolillos (rombico) con espaciamiento de 1.2 m x 1.2 m más malla electro-soldada en la corona con traslape de 20 cm.
Regular-B / 24 horas	41-50	III-B	
Mala-A / 8 horas	31-40	IV-A	Lanzar 2 pulg de shotcrete con fibra (20 kg/m3) mas pernos de 7-10 pies espaciados a 1.0 m x 1.0 m.
Mala-B / 8 horas con pre-soporte	21-30	IV-B	Instalar pre-sostenimiento en la corona con pernos inflables de 10 pies espaciados 0.30 m, ejecutar el avance, luego sobre carga como piso lanzar 2 pulg de shotcrete con fibra (40 Kg/m3) en bóveda y después de la limpieza completar en las paredes, instalar pernos de 7-10 pies espaciados a 1.0 m x 1.0 m con malla electro-soldada, luego lanzar shotcrete de 2 pulg sin fibra cubriendo la malla totalmente.
Muy Mala / 8 horas con pre-soporte	< 20	V	Instalar pre-sostenimiento en la corona con pernos inflables de 10 pies espaciados 0.30 m, ejecutar el avance, luego sobre la carga como piso lanzar 3 pulg de shotcrete con fibra (40 Kg/m3) en bóveda y después de la limpieza completar en las paredes, instalar pernos de 7-10 pies espaciados a 1.0 m x 1.0 m con malla electro-soldada, luego lanzar shotcrete de 2 pulg sin fibras cubriendo la malla totalmente.

Figura 30 — Cartilla geomecanica de U.O. Pallancata



**Anexo 7**  
**Cartillas de mapeo geomecanico**



### FORMATO DE MAPEO GEOMECANICO RMR, Q y GSI

**ESTACION**

**Races igneas  
Andesita**

Litológia

Altura litostática (H)

R<sub>z</sub> / S<sub>v</sub>

Clasificación Geomecánica para estimación del tiempo de desplazamiento en el nivel 4306 Co. 60. en la D.O. Pollancaya Avescuyo 2011

4386  
BP 4306 - SCU  
Lindbergh Ordóñez / Torres  
Noviembre del 2021

# Fractura	RQD (%)	PARAMETROS	S1	S2	S3	S4
1	100	NÚMERO DE FRACTURAS	12	9	10	13
2	88	CONFIGURACIÓN EN PI	1.00	1.20	0.8	1.1
3	88	ESPACIAMIENTO MEDIO (X)	0.08	0.13	0.08	0.11
4	84	FRACTURAS MEDIO (X)	12.00	7.5	12.5	9.3
5	81	W FRACTURAS	JN			
6	84	ÍNDICE DE FALDAS DE LA ROCA	RQD (%)	66.3	82.8	64.5
7	84	DOMINIO				72.4
8	81	A = 1/x				promedio
9	77	RQD = 100 x e <sup>-0.1(x)</sup> (0.1λ + 1)				

MARTILLO SCHMIDT (ÍNDICE DE REBOTE)						
TIEMPO	A	B	C	D	PROMEDIO	
48	47	45	46	46	47	47
49	42	46	44	44	45	45
47	45				45	46
44	45				45	46
46	45				45	46

ABREVIAURAS DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
D	SISTEMA DE ENCLAVAS
F1	SISTEMA DE FALDAS
C	CONTACTO
MF	MIQUEO FALLA
UCB	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE
Sv	ESFUERZO VERTICAL

RESISTENCIA DE LA ROCA	
Peso competente	UCS/σ <sub>v</sub> ≤ 5
Competencia Intermedia	5 < UCS/σ <sub>v</sub> ≤ 15
Competencia Alta	UCS/σ <sub>v</sub> > 15

Sv=0.027 \* h  
h=Altura litostática  
Sv= Esfuerzo Vertical  
0.027=Constante Universal

#### SISTEMA RMR

PARAMETROS	VALOR	RANGO	VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)	124	10-20	12
RQD (%)	65	10-40	13
Espesamiento de discontinuidades (cm)		0.1-0.5	8

CONDICION DE DISCONTINUIDADES

Familia	Struc.	J.D.	Struc.	Imp.	Permeabilidad	Abertura	Rugosidad	Relieve	Atracción

Agua subterránea

Orientación

#### CONDICIONES SECAS

JRC	JCS	RMR	RMR <sub>cs</sub>

RMR<sub>cs</sub> (Básico) = 53  
RMR<sub>cs</sub> (Corregido) = 48  
RMR<sub>cs</sub> (Condiciones Secas) = 58

#### SISTEMA DE CLASIFICACION Q

PARAMETROS	VALOR	RANGO	VALOR
RQD %	65	10-40	65
Número de discontinuidades	3	1-3	3
Número de rugosidad	3	1-3	3
Número de atracción	1	1-3	1
Número de agua subterránea	1	1-3	1
Factor de reducción de esfuerzos (estado tensional)	2	1-3	2

Q = (RQD/4) x (1/r<sub>1</sub>) x (1/r<sub>2</sub>) x (1/r<sub>3</sub>) x (1/r<sub>4</sub>) x (1/r<sub>5</sub>) x (1/r<sub>6</sub>) x (1/r<sub>7</sub>) x (1/r<sub>8</sub>) x (1/r<sub>9</sub>) x (1/r<sub>10</sub>) x (1/r<sub>11</sub>) x (1/r<sub>12</sub>) x (1/r<sub>13</sub>) x (1/r<sub>14</sub>) x (1/r<sub>15</sub>) x (1/r<sub>16</sub>) x (1/r<sub>17</sub>) x (1/r<sub>18</sub>) x (1/r<sub>19</sub>) x (1/r<sub>20</sub>) x (1/r<sub>21</sub>) x (1/r<sub>22</sub>) x (1/r<sub>23</sub>) x (1/r<sub>24</sub>) x (1/r<sub>25</sub>) x (1/r<sub>26</sub>) x (1/r<sub>27</sub>) x (1/r<sub>28</sub>) x (1/r<sub>29</sub>) x (1/r<sub>30</sub>) x (1/r<sub>31</sub>) x (1/r<sub>32</sub>) x (1/r<sub>33</sub>) x (1/r<sub>34</sub>) x (1/r<sub>35</sub>) x (1/r<sub>36</sub>) x (1/r<sub>37</sub>) x (1/r<sub>38</sub>) x (1/r<sub>39</sub>) x (1/r<sub>40</sub>) x (1/r<sub>41</sub>) x (1/r<sub>42</sub>) x (1/r<sub>43</sub>) x (1/r<sub>44</sub>) x (1/r<sub>45</sub>) x (1/r<sub>46</sub>) x (1/r<sub>47</sub>) x (1/r<sub>48</sub>) x (1/r<sub>49</sub>) x (1/r<sub>50</sub>) x (1/r<sub>51</sub>) x (1/r<sub>52</sub>) x (1/r<sub>53</sub>) x (1/r<sub>54</sub>) x (1/r<sub>55</sub>) x (1/r<sub>56</sub>) x (1/r<sub>57</sub>) x (1/r<sub>58</sub>) x (1/r<sub>59</sub>) x (1/r<sub>60</sub>) x (1/r<sub>61</sub>) x (1/r<sub>62</sub>) x (1/r<sub>63</sub>) x (1/r<sub>64</sub>) x (1/r<sub>65</sub>) x (1/r<sub>66</sub>) x (1/r<sub>67</sub>) x (1/r<sub>68</sub>) x (1/r<sub>69</sub>) x (1/r<sub>70</sub>) x (1/r<sub>71</sub>) x (1/r<sub>72</sub>) x (1/r<sub>73</sub>) x (1/r<sub>74</sub>) x (1/r<sub>75</sub>) x (1/r<sub>76</sub>) x (1/r<sub>77</sub>) x (1/r<sub>78</sub>) x (1/r<sub>79</sub>) x (1/r<sub>80</sub>) x (1/r<sub>81</sub>) x (1/r<sub>82</sub>) x (1/r<sub>83</sub>) x (1/r<sub>84</sub>) x (1/r<sub>85</sub>) x (1/r<sub>86</sub>) x (1/r<sub>87</sub>) x (1/r<sub>88</sub>) x (1/r<sub>89</sub>) x (1/r<sub>90</sub>) x (1/r<sub>91</sub>) x (1/r<sub>92</sub>) x (1/r<sub>93</sub>) x (1/r<sub>94</sub>) x (1/r<sub>95</sub>) x (1/r<sub>96</sub>) x (1/r<sub>97</sub>) x (1/r<sub>98</sub>) x (1/r<sub>99</sub>) x (1/r<sub>100</sub>) x (1/r<sub>101</sub>) x (1/r<sub>102</sub>) x (1/r<sub>103</sub>) x (1/r<sub>104</sub>) x (1/r<sub>105</sub>) x (1/r<sub>106</sub>) x (1/r<sub>107</sub>) x (1/r<sub>108</sub>) x (1/r<sub>109</sub>) x (1/r<sub>110</sub>) x (1/r<sub>111</sub>) x (1/r<sub>112</sub>) x (1/r<sub>113</sub>) x (1/r<sub>114</sub>) x (1/r<sub>115</sub>) x (1/r<sub>116</sub>) x (1/r<sub>117</sub>) x (1/r<sub>118</sub>) x (1/r<sub>119</sub>) x (1/r<sub>120</sub>) x (1/r<sub>121</sub>) x (1/r<sub>122</sub>) x (1/r<sub>123</sub>) x (1/r<sub>124</sub>) x (1/r<sub>125</sub>) x (1/r<sub>126</sub>) x (1/r<sub>127</sub>) x (1/r<sub>128</sub>) x (1/r<sub>129</sub>) x (1/r<sub>130</sub>) x (1/r<sub>131</sub>) x (1/r<sub>132</sub>) x (1/r<sub>133</sub>) x (1/r<sub>134</sub>) x (1/r<sub>135</sub>) x (1/r<sub>136</sub>) x (1/r<sub>137</sub>) x (1/r<sub>138</sub>) x (1/r<sub>139</sub>) x (1/r<sub>140</sub>) x (1/r<sub>141</sub>) x (1/r<sub>142</sub>) x (1/r<sub>143</sub>) x (1/r<sub>144</sub>) x (1/r<sub>145</sub>) x (1/r<sub>146</sub>) x (1/r<sub>147</sub>) x (1/r<sub>148</sub>) x (1/r<sub>149</sub>) x (1/r<sub>150</sub>) x (1/r<sub>151</sub>) x (1/r<sub>152</sub>) x (1/r<sub>153</sub>) x (1/r<sub>154</sub>) x (1/r<sub>155</sub>) x (1/r<sub>156</sub>) x (1/r<sub>157</sub>) x (1/r<sub>158</sub>) x (1/r<sub>159</sub>) x (1/r<sub>160</sub>) x (1/r<sub>161</sub>) x (1/r<sub>162</sub>) x (1/r<sub>163</sub>) x (1/r<sub>164</sub>) x (1/r<sub>165</sub>) x (1/r<sub>166</sub>) x (1/r<sub>167</sub>) x (1/r<sub>168</sub>) x (1/r<sub>169</sub>) x (1/r<sub>170</sub>) x (1/r<sub>171</sub>) x (1/r<sub>172</sub>) x (1/r<sub>173</sub>) x (1/r<sub>174</sub>) x (1/r<sub>175</sub>) x (1/r<sub>176</sub>) x (1/r<sub>177</sub>) x (1/r<sub>178</sub>) x (1/r<sub>179</sub>) x (1/r<sub>180</sub>) x (1/r<sub>181</sub>) x (1/r<sub>182</sub>) x (1/r<sub>183</sub>) x (1/r<sub>184</sub>) x (1/r<sub>185</sub>) x (1/r<sub>186</sub>) x (1/r<sub>187</sub>) x (1/r<sub>188</sub>) x (1/r<sub>189</sub>) x (1/r<sub>190</sub>) x (1/r<sub>191</sub>) x (1/r<sub>192</sub>) x (1/r<sub>193</sub>) x (1/r<sub>194</sub>) x (1/r<sub>195</sub>) x (1/r<sub>196</sub>) x (1/r<sub>197</sub>) x (1/r<sub>198</sub>) x (1/r<sub>199</sub>) x (1/r<sub>200</sub>) x (1/r<sub>201</sub>) x (1/r<sub>202</sub>) x (1/r<sub>203</sub>) x (1/r<sub>204</sub>) x (1/r<sub>205</sub>) x (1/r<sub>206</sub>) x (1/r<sub>207</sub>) x (1/r<sub>208</sub>) x (1/r<sub>209</sub>) x (1/r<sub>210</sub>) x (1/r<sub>211</sub>) x (1/r<sub>212</sub>) x (1/r<sub>213</sub>) x (1/r<sub>214</sub>) x (1/r<sub>215</sub>) x (1/r<sub>216</sub>) x (1/r<sub>217</sub>) x (1/r<sub>218</sub>) x (1/r<sub>219</sub>) x (1/r<sub>220</sub>) x (1/r<sub>221</sub>) x (1/r<sub>222</sub>) x (1/r<sub>223</sub>) x (1/r<sub>224</sub>) x (1/r<sub>225</sub>) x (1/r<sub>226</sub>) x (1/r<sub>227</sub>) x (1/r<sub>228</sub>) x (1/r<sub>229</sub>) x (1/r<sub>230</sub>) x (1/r<sub>231</sub>) x (1/r<sub>232</sub>) x (1/r<sub>233</sub>) x (1/r<sub>234</sub>) x (1/r<sub>235</sub>) x (1/r<sub>236</sub>) x (1/r<sub>237</sub>) x (1/r<sub>238</sub>) x (1/r<sub>239</sub>) x (1/r<sub>240</sub>) x (1/r<sub>241</sub>) x (1/r<sub>242</sub>) x (1/r<sub>243</sub>) x (1/r<sub>244</sub>) x (1/r<sub>245</sub>) x (1/r<sub>246</sub>) x (1/r<sub>247</sub>) x (1/r<sub>248</sub>) x (1/r<sub>249</sub>) x (1/r<sub>250</sub>) x (1/r<sub>251</sub>) x (1/r<sub>252</sub>) x (1/r<sub>253</sub>) x (1/r<sub>254</sub>) x (1/r<sub>255</sub>) x (1/r<sub>256</sub>) x (1/r<sub>257</sub>) x (1/r<sub>258</sub>) x (1/r<sub>259</sub>) x (1/r<sub>260</sub>) x (1/r<sub>261</sub>) x (1/r<sub>262</sub>) x (1/r<sub>263</sub>) x (1/r<sub>264</sub>) x (1/r<sub>265</sub>) x (1/r<sub>266</sub>) x (1/r<sub>267</sub>) x (1/r<sub>268</sub>) x (1/r<sub>269</sub>) x (1/r<sub>270</sub>) x (1/r<sub>271</sub>) x (1/r<sub>272</sub>) x (1/r<sub>273</sub>) x (1/r<sub>274</sub>) x (1/r<sub>275</sub>) x (1/r<sub>276</sub>) x (1/r<sub>277</sub>) x (1/r<sub>278</sub>) x (1/r<sub>279</sub>) x (1/r<sub>280</sub>) x (1/r<sub>281</sub>) x (1/r<sub>282</sub>) x (1/r<sub>283</sub>) x (1/r<sub>284</sub>) x (1/r<sub>285</sub>) x (1/r<sub>286</sub>) x (1/r<sub>287</sub>) x (1/r<sub>288</sub>) x (1/r<sub>289</sub>) x (1/r<sub>290</sub>) x (1/r<sub>291</sub>) x (1/r<sub>292</sub>) x (1/r<sub>293</sub>) x (1/r<sub>294</sub>) x (1/r<sub>295</sub>) x (1/r<sub>296</sub>) x (1/r<sub>297</sub>) x (1/r<sub>298</sub>) x (1/r<sub>299</sub>) x (1/r<sub>300</sub>) x (1/r<sub>301</sub>) x (1/r<sub>302</sub>) x (1/r<sub>303</sub>) x (1/r<sub>304</sub>) x (1/r<sub>305</sub>) x (1/r<sub>306</sub>) x (1/r<sub>307</sub>) x (1/r<sub>308</sub>) x (1/r<sub>309</sub>) x (1/r<sub>310</sub>) x (1/r<sub>311</sub>) x (1/r<sub>312</sub>) x (1/r<sub>313</sub>) x (1/r<sub>314</sub>) x (1/r<sub>315</sub>) x (1/r<sub>316</sub>) x (1/r<sub>317</sub>) x (1/r<sub>318</sub>) x (1/r<sub>319</sub>) x (1/r<sub>320</sub>) x (1/r<sub>321</sub>) x (1/r<sub>322</sub>) x (1/r<sub>323</sub>) x (1/r<sub>324</sub>) x (1/r<sub>325</sub>) x (1/r<sub>326</sub>) x (1/r<sub>327</sub>) x (1/r<sub>328</sub>) x (1/r<sub>329</sub>) x (1/r<sub>330</sub>) x (1/r<sub>331</sub>) x (1/r<sub>332</sub>) x (1/r<sub>333</sub>) x (1/r<sub>334</sub>) x (1/r<sub>335</sub>) x (1/r<sub>336</sub>) x (1/r<sub>337</sub>) x (1/r<sub>338</sub>) x (1/r<sub>339</sub>) x (1/r<sub>340</sub>) x (1/r<sub>341</sub>) x (1/r<sub>342</sub>) x (1/r<sub>343</sub>) x (1/r<sub>344</sub>) x (1/r<sub>345</sub>) x (1/r<sub>346</sub>) x (1/r<sub>347</sub>) x (1/r<sub>348</sub>) x (1/r<sub>349</sub>) x (1/r<sub>350</sub>) x (1/r<sub>351</sub>) x (1/r<sub>352</sub>) x (1/r<sub>353</sub>) x (1/r<sub>354</sub>) x (1/r<sub>355</sub>) x (1/r<sub>356</sub>) x (1/r<sub>357</sub>) x (1/r<sub>358</sub>) x (1/r<sub>359</sub>) x (1/r<sub>360</sub>) x (1/r<sub>361</sub>) x (1/r<sub>362</sub>) x (1/r<sub>363</sub>) x (1/r<sub>364</sub>) x (1/r<sub>365</sub>) x (1/r<sub>366</sub>) x (1/r<sub>367</sub>) x (1/r<sub>368</sub>) x (1/r<sub>369</sub>) x (1/r<sub>370</sub>) x (1/r<sub>371</sub>) x (1/r<sub>372</sub>) x (1/r<sub>373</sub>) x (1/r<sub>374</sub>) x (1/r<sub>375</sub>) x (1/r<sub>376</sub>) x (1/r<sub>377</sub>) x (1/r<sub>378</sub>) x (1/r<sub>379</sub>) x (1/r<sub>380</sub>) x (1/r<sub>381</sub>) x (1/r<sub>382</sub>) x (1/r<sub>383</sub>) x (1/r<sub>384</sub>) x (1/r<sub>385</sub>) x (1/r<sub>386</sub>) x (1/r<sub>387</sub>) x (1/r<sub>388</sub>) x (1/r<sub>389</sub>) x (1/r<sub>390</sub>) x (1/r<sub>391</sub>) x (1/r<sub>392</sub>) x (1/r<sub>393</sub>) x (1/r<sub>394</sub>) x (1/r<sub>395</sub>) x (1/r<sub>396</sub>) x (1/r<sub>397</sub>) x (1/r<sub>398</sub>) x (1/r<sub>399</sub>) x (1/r<sub>400</sub>) x (1/r<sub>401</sub>) x (1/r<sub>402</sub>) x (1/r<sub>403</sub>) x (1/r<sub>404</sub>) x (1/r<sub>405</sub>) x (1/r<sub>406</sub>) x (1/r<sub>407</sub>) x (1/r<sub>408</sub>) x (1/r<sub>409</sub>) x (1/r<sub>410</sub>) x (1/r<sub>411</sub>) x (1/r<sub>412</sub>) x (1/r<sub>413</sub>) x (1/r<sub>414</sub>) x (1/r<sub>415</sub>) x (1/r<sub>416</sub>) x (1/r<sub>417</sub>) x (1/r<sub>418</sub>) x (1/r<sub>419</sub>) x (1/r<sub>420</sub>) x (1/r<sub>421</sub>) x (1/r<sub>422</sub>) x (1/r<sub>423</sub>) x (1/r<sub>424</sub>) x (1/r<sub>425</sub>) x (1/r<sub>426</sub>) x (1/r<sub>427</sub>) x (1/r<sub>428</sub>) x (1/r<sub>429</sub>) x (1/r<sub>430</sub>) x (1/r<sub>431</sub>) x (1/r<sub>432</sub>) x (1/r<sub>433</sub>) x (1/r<sub>434</sub>) x (1/r<sub>435</sub>) x (1/r<sub>436</sub>) x (1/r<sub>437</sub>) x (1/r<sub>438</sub>) x (1/r<sub>439</sub>) x (1/r<sub>440</sub>) x (1/r<sub>441</sub>) x (1/r<sub>442</sub>) x (1/r<sub>443</sub>) x (1/r<sub>444</sub>) x (1/r<sub>445</sub>) x (1/r<sub>446</sub>) x (1/r<sub>447</sub>) x (1/r<sub>448</sub>) x (1/r<sub>449</sub>) x (1/r<sub>450</sub>) x (1/r<sub>451</sub>) x (1/r<sub>452</sub>) x (1/r<sub>453</sub>) x (1/r<sub>454</sub>) x (1/r<sub>455</sub>) x (1/r<sub>456</sub>) x (1/r<sub>457</sub>) x (1/r<sub>458</sub>) x (1/r<sub>459</sub>) x (1/r<sub>460</sub>) x (1/r<sub>461</sub>) x (1/r<sub>462</sub>) x (1/r<sub>463</sub>) x (1/r<sub>464</sub>) x (1/r<sub>465</sub>) x (1/r<sub>466</sub>) x (1/r<sub>467</sub>) x (1/r<sub>468</sub>) x (1/r<sub>469</sub>) x (1/r<sub>470</sub>) x (1/r<sub>471</sub>) x (1/r<sub>472</sub>) x (1/r<sub>473</sub>) x (1/r<sub>474</sub>) x (1/r<sub>475</sub>) x (1/r<sub>476</sub>) x (1/r<sub>477</sub>) x (1/r<sub>478</sub>) x (1/r<sub>479</sub>) x (1/r<sub>480</sub>) x (1/r<sub>481</sub>) x (1/r<sub>482</sub>) x (1/r<sub>483</sub>) x (1/r<sub>484</sub>) x (1/r<sub>485</sub>) x (1/r<sub>486</sub>) x (1/r<sub>487</sub>) x (1/r<sub>488</sub>) x (1/r<sub>489</sub>) x (1/r<sub>490</sub>) x (1/r<sub>491</sub>) x (1/r<sub>492</sub>) x (1/r<sub>493</sub>) x (1/r<sub>494</sub>) x (1/r<sub>495</sub>) x (1/r<sub>496</sub>) x (1/r<sub>497</sub>) x (1/r<sub>498</sub>) x (1/r<sub>499</sub>) x (1/r<sub>500</sub>) x (1/r<sub>501</sub>) x (1/r<sub>502</sub>) x (1/r<sub>503</sub>) x (1/r<sub>504</sub>) x (1/r<sub>505</sub>) x (1/r<sub>506</sub>) x (1/r<sub>507</sub>) x (1/r<sub>508</sub>) x (1/r<sub>509</sub>) x (1/r<sub>510</sub>) x (1/r<sub>511</sub>) x (1/r<sub>512</sub>) x (1/r<sub>513</sub>) x (1/r<sub>514</sub>) x (1/r<sub>515</sub>) x (1/r<sub>516</sub>) x (1/r<sub>517</sub>) x (1/r<sub>518</sub>) x (1/r<sub>519</sub>) x (1/r<sub>520</sub>) x (1/r<sub>521</sub>) x (1/r<sub>522</sub>) x (1/r<sub>523</sub>) x (1/r<sub>524</sub>) x (1/r<sub>525</sub>) x (1/r<sub>526</sub>) x (1/r<sub>527</sub>) x (1/r<sub>528</sub>) x (1/r<sub>529</sub>) x (1/r<sub>530</sub>) x (1/r<sub>531</sub>) x (1/r<sub>532</sub>) x (1/r<sub>533</sub>) x (1/r<sub>534</sub>) x (1/r<sub>535</sub>) x (1/r<sub>536</sub>) x (1/r<sub>537</sub>) x (1/r<sub>538</sub>) x (1/r<sub>539</sub>) x (1/r<sub>540</sub>) x (1/r<sub>541</sub>) x (1/r<sub>542</sub>) x (1/r<sub>543</sub>) x (1/r<sub>544</sub>) x (1/r<sub>545</sub>) x (1/r<sub>546</sub>) x (1/r<sub>547</sub>) x (1/r<sub>548</sub>) x (1/r<sub>549</sub>) x (1/r<sub>550</sub>) x (1/r<sub>551</sub>) x (1/r<sub>552</sub>) x (1/r<sub>553</sub>) x (1/r<sub>554</sub>) x (1/r<sub>555</sub>) x (1/r<sub>556</sub>) x (1/r<sub>557</sub>) x (1/r<sub>558</sub>) x (1/r<sub>559</sub>) x (1/r<sub>560</sub>) x (1/r<sub>561</sub>) x (1/r<sub>562</sub>) x (1/r<sub>563</sub>) x (1/r<sub>564</sub>) x (1/r<sub>565</sub>) x (1/r<sub>566</sub>) x (1/r<sub>567</sub>) x (1/r<sub>568</sub>) x (1/r<sub>569</sub>) x (1/r<sub>570</sub>) x (1/r<sub>571</sub>) x (1/r<sub>572</sub>) x (1/r<sub>573</sub>) x (1/r<sub>574</sub>) x (1/r<sub>575</sub>) x (1/r<sub>576</sub>) x (1/r<sub>577</sub>) x (1/r<sub>578</sub>) x (1/r<sub>579</sub>) x (1/r<sub>580</sub>) x (1/r<sub>581</sub>) x (1/r<sub>582</sub>) x (1/r<sub>583</sub>) x (1/r<sub>584</sub>) x (1/r<sub>585</sub>) x (1/r<sub>586</sub>) x (1/r<sub>587</sub>) x (1/r<sub>588</sub>) x (1/r<sub>589</sub>) x (1/r<sub>590</sub>) x (1/r<sub>591</sub>) x (1/r<sub>592</sub>) x (1/r<sub>593</sub>) x (1/r<sub>594</sub>) x (1/r<sub>595</sub>) x (1/r<sub>596</sub>) x (1/r<sub>597</sub>) x (1/r<sub>598</sub>) x (1/r<sub>599</sub>) x (1/r<sub>600</sub>) x (1/r<sub>601</sub>) x (1/r<sub>602</sub>) x (1/r<sub>603</sub>) x (1/r<sub>604</sub>) x (1/r<sub>605</sub>) x (1/r<sub>606</sub>) x (1/r<sub>607</sub>) x (1/r<sub>608</sub>) x (1/r<sub>609</sub>) x (1/r<sub>610</sub>) x (1/r<sub>611</sub>) x (1/r<sub>612</sub>) x (1/r<sub>613</sub>) x (1/r<sub>614</sub>) x (1/r<sub>615</sub>) x (1/r<sub>616</sub>) x (1/r<sub>617</sub>) x (1/r<sub>618</sub>) x (1/r<sub>619</sub>) x (1/r<sub>620</sub>) x (1/r<sub>621</sub>) x (1/r<sub>622</sub>) x (1/r<sub>623</sub>) x (1/r<sub>624</sub>) x (1/r<sub>625</sub>) x (1/r<sub>626</sub>) x (1/r<sub>627</sub>) x (1/r<sub>628</sub>) x (1/r<sub>629</sub>) x (1/r<sub>630</sub>) x (1/r<sub>631</sub>) x (1/r<sub>632</sub>) x (1/r<sub>633</sub>) x (1/r<sub>634</sub>) x (1/r<sub>635</sub>) x (1/r<sub>636</sub>) x (1/r<sub>637</sub>) x (1/r<sub>638</sub>) x (1/r<sub>639</sub>) x (1/r<sub>640</sub>) x (1/r<sub>641</sub>) x (1/r<sub>642</sub>) x (1/r<sub>643</sub>) x (1/r<sub>644</sub>) x (1/r<sub>645</sub>) x (1/r<sub>646</sub>) x (1/r<sub>647</sub>) x (1/r<sub>648</sub>) x (1/r<sub>649</sub>) x (1/r<sub>650</sub>) x (1/r<sub>651</sub>) x (1/r<sub>652</sub>) x (1/r<sub>653</sub>) x (1/r<sub>654</sub>) x (1/r<sub>655</sub>) x (1/r<sub>656</sub>) x (1/r<sub>657</sub>) x (1/r<sub>658</sub>) x (1/r<sub>659</sub>) x (1/r<sub>660</sub>) x (1/r<sub>661</sub>) x (1/r<sub>662</sub>) x (1/r<sub>663</sub>) x (1/r<sub>664</sub>) x (1/r<sub>665</sub>) x (1/r<sub>666</sub>) x (1/r<sub>667</sub>) x (1/r<sub>668</sub>) x (1/r<sub>669</sub>) x (1/r<sub>670</sub>) x (1/r<sub>671</sub>) x (1/r<sub>672</sub>) x (1/r<sub>673</sub>) x (1/r<sub>674</sub>) x (1/r<sub>675</sub>) x (1/r<sub>676</sub>) x (1/r<sub>677</sub>) x (1/r<sub>678</sub>) x (1/r<sub>679</sub>) x (1/r<sub>680</sub>) x (1/r<sub>681</sub>) x (1/r<sub>682</sub>) x (1/r<sub>683</sub>) x (1/r<sub>684</sub>) x (1/r<sub>685</sub>) x (1/r<sub>686</sub>) x (1/r<sub>687</sub>) x (1/r<sub>688</sub>) x (1/r<sub>689</sub>) x (1/r<sub>690</sub>) x (1/r<sub>691</sub>) x (1/r<sub>692</sub>) x (1/r<sub>693</sub>) x (1/r<sub>694</sub>) x (1/r<sub>695</sub>) x (1/r<sub>696</sub>) x (1/r<sub>697</sub>) x (1/r<sub>698</sub>) x (1/r<sub>699</sub>) x (1/r<sub>700</sub>) x (1/r<sub>701</sub>) x (1/r<sub>702</sub>) x (1/r<sub>703</sub>) x (1/r<sub>704</sub>) x (1/r<sub>705</sub>) x (1/r<sub>706</sub>) x (1/r<sub>707</sub>) x (1/r<sub>708</sub>) x (1/r<sub>709</sub>) x (1/r<sub>710</sub>) x (1/r<sub>711</sub>) x (1/r<sub>712</sub>) x (1/r<sub>713</sub>) x (1/r<sub>714</sub>) x (1/r<sub>715</sub>) x (1/r<sub>716</sub>) x (1/r<sub>717</sub>) x (1/r<sub>718</sub>) x (1/r<sub>719</sub>) x (1/r<sub>720</sub>) x (1/r<sub>721</sub>) x (1/r<sub>722</sub>) x (1/r<sub>723</sub>) x (1/r<sub>724</sub>) x (1/r<sub>725</sub>) x (1/r<sub>726</sub>) x (1/r<sub>727</sub>) x (1/r<sub>728</sub>) x (1/r<sub>729</sub>) x (1/r<sub>730</sub>) x (1/r<sub>731</sub>) x (1/r<sub>732</sub>) x (1/r<sub>733</sub>) x (1/r<

TABLA DE VALORES DE LOS SEIS PARAMETROS CARACTERISTICOS DEL SISTEMA Q DE BARTON

1.- INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA	
Descripción	RQD %
MUY POBRE	0 - 25
POBRE	25 - 50
REGULAR	50 - 75
BUENA	75 - 90
EXCELENTE	90 - 100

Nota:  
 i) Estimar el RQD con 5% de aproximación  
 ii) Cuando no se disponga de testigos  
 RQD = 115 - 3.3.Jv. Donde: Jv. N° de Diaclasas por m3  
 iii) Si el RQD es menor de 10, emplear un valor nominal 10

2.- NUMERO DE DISCONTINUIDADES	
Descripción	Jn
Massiva o con muy poca discontinuidad	0.5 - 1.0
Un sistema de discontinuidad	2
Un sistema de principal y uno secundario	3
Dos sistemas de discontinuidad	4
Dos sistemas principales y uno secundario	6
Tres sistemas de discontinuidades	9
Cuatro sistemas principales y uno secundario	12
Cinco sistemas de discontinuidades o más (roca muy fracturada)	15
Roca triturada ( Terrosa )	20

Nota:  
 i) Para intersecciones de túneles, usar (3.0° Jn)  
 ii) Para portales usar (2.0° Jn)

FACTOR DE RIGIDEZ DE LAS DISCONTINUIDADES	
DESCRIPCION	Jr
A) Diaclasas discontinuas	3
B) Riposas e irregulares, onduladas	4
C) Lisas, Onduladas	2
D) Lustradas Ondulantes	1.5
E) Rugosas e irregulares, planares	1
F) Lisas, Planares	1
G) Lustradas, Planares	0.5
H) Zona conteniendo arcillas en cantidad suficiente como para impedir el contacto entre las superficies que limitan la fractura	1
J) Zona de material arenoso en cantidad suficiente como para impedir el contacto entre las superficies que limitan la fractura	1

NOTAS:  
 En grupos A hasta la G, el contacto entre las superficies de la discontinuidad se logra con desplazamientos de cizalla inferiores a los 10 cm.  
 Las descripciones se refieren a las características de pequeña escala y características de escala intermedia, en ese orden.  
 En los grupos H y J no se produce contacto entre las superficies al ocurrir desplazamientos de cizalla

FACTOR DE ALTERACION DE LAS DISCONTINUIDADES	
DESCRIPCION	Ja
a) Contacto entre superficies de la discontinuidad (sin relleno de arena, solo reemplazamiento)	0.75
A) Ajustadas, rellenas con material compacto	1
B) Superficies pulidas, lisas manchas de oxidación	2
C) Superficies ligeramente alteradas, cubiertas con material granular no arcilloso, producto de la desintegración de la roca	3
D) Capas superficiales de material limoso o arcilloso arenoso, con una pequeña fracción cohesiva	4
E) Capas superficiales de arcilla ( caolinita, mica cloritas, etc.) cantidades pequeñas de arcilla expansiva en capas de 1-2 mm de espesor	4
b) Contacto entre superficies de la discontinuidad se produce despues de 10cm de relleno de mineral fino	4
F) Relleno granular no cohesivo, roca desintegrada libre de partículas arcillosas	6
G) Material con alto grado de consolidación, relleno continuo ( hasta de 5mm de espesor) de material arcilloso compacto.	8
H, I) Relleno continuo ( hasta de 5mm. De espesor) de material arcilloso compacto con bajo grado de consolidación	8 - 12
J) Relleno continuo de arcilla expansiva (Montmorillonita) de las partículas arcillosas, la aceabilidad del agua, etc. el valor de Ja dependerá del % de expansión, el tamaño de las partículas arcillosas, la aceabilidad del agua, etc.	8 - 12
c) No contacto entre superficies de la discontinuidad despues de cizalla (relleno de mineral grueso)	6 - 8 ó 8 - 12
K, L, M) Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla ( ver G, H, J para la descripción de los tipos de arcilla)	5
N) Zona de arcilla limosa o arenosa	10 - 13 ó
O, P, Q) Zonas potentes y continuas de arcilla ( ver G, H, J para la descripción de los tipos de arcilla)	13 - 20

FACTOR DE REDUCCION POR CONTENIDO DE AGUA EN FRACTURAS	
DESCRIPCION	Jw
A) Secas o flujos bajos (5 l/min)	1
B) Flujos a presiones medias que ocasionan erosión del material de relleno	0.66
C) Flujos o presiones altas en roca competente con diaclasas sin relleno	0.5
D) Flujos a presiones altas con erosión considerable del material de relleno	0.33
E) Flujos o presiones excepcionalmente altas luego de la voladura disminuyendo con el tiempo	0.2 - 0.1
F) Flujos o presiones excepcionalmente altas sin que ocurra una disminución en el tiempo	0.1 - 0.05

NOTAS:  
 i) Factores C a F son estimaciones básicas. Aumentar Jw si se han instalado medidas de drenaje.  
 ii) Especiales problemas causados por la formación de hielo no son considerados.

FACTOR DE REDUCCION POR TENSIONES	
DESCRIPCION	SRF
A) Las zonas debiles intrinsecas a la excavación, pudiendo producirse desprendimientos de rocas a medida que la excavación del túnel va avanzando	10
A) Muchas zonas debiles de arcilla con evidencias de desintegración química roca circundante muy suelta cualquier profundidad	5
B) Zona debil aislada con arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad menor 50cm)	2.5
C) Zona debil aislada con arcilla o roca desintegrada, profundidad mayor 50cm.	7.5
D) Muchas zonas de falla en roca competente, roca circundante suelta (cualquier profundidad)	5
E) Zona de falla aislada en roca competente profundidad menor a 50 m.	2.5
F) Zona de falla aislada en roca competente profundidad mayor a 50 m.	5
G) Diaclasas abiertas y sueltas roca intrínsecamente fracturada en tensiones, cualquier prof.	5

Nota: i) Reducir estos valores de SRF por 25-50% si las zonas de fallas influyen pero no interseccion la excavación.

FACTOR DE REDUCCION POR TENSIONES	
DESCRIPCION	SRF
B) Rocas competentes, problemas tensionales en las rocas	SRF
H) Tensiones bajas, poca profundidad, diaclasas abiertas	< 0.01
J) Tensiones moderadas, condiciones tensionales favorables	200 - 10
K) Tensiones elevadas, estructura muy compacta	10 - 5
L) Normamente favorable para la estabilidad, puede ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales	0.5 - 2
M) Lajamiento moderado de la roca despues de 1 hora en rocas masivas	5 - 3
N) Lajamiento y estabilidad de la roca despues de pocos minutos en rocas masivas	0.65 - 1
O) Estallidos violentos de roca (deformación explosiva) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	< 2

Nota: i) Para campos incluídos fuertemente anisotropicos se ha medido cuando  $5 \times \sigma_1 / \sigma_2 \leq 10$ , reducir en 0.75c. cuando  $0.1 < \sigma_1 / \sigma_2 > 10$ , reducir en 0.5c; donde  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  son las tensiones principales mayores y menores y  $\sigma_3$  es el menor (no medido) de la roca de la estabilidad de la roca. ii) Los factores de reducción de la estabilidad de las rocas que se refieren a la altura del techo de la excavación a supérficie es mejor que el resto de la labor. Para estos casos se sugiere incrementar de 2.5 a 6 para estos casos (ver H).

FACTOR DE REDUCCION POR TENSIONES	
DESCRIPCION	SRF
C) Rocas deformables: flujo plástico de roca incompetente a altas presiones liberatorias	SRF
O) Presion de deformación suave	1 - 5
P) Presion de deformación intensa	5 - 10
Q) Presion de deformación muy intensa	10 a 20

Nota: i) Casos de deformaciones de roca pueden ocurrir para profundidades H-350'Q(1/3). La resistencia a la compresión de la masa rocosa puede ser estimada como  $q = 7 \cdot \sigma_1 / (1/3)$ , donde  $\sigma_1$  es la resistencia de la roca (grnvc)

FACTOR DE REDUCCION POR TENSIONES	
DESCRIPCION	SRF
D) Rocas expansivas: Actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua	SRF
R) Presion de expansión suave	5 - 10
S) Presion de expansión intensa	10 - 15

Figura 32 — Valores de los parametros caracteristicos del sistema Q de Barton



**Anexo 8**  
**Plano de ubicación de la mina**



