



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**Estudio Geomecánico para determinar un adecuado  
sostenimiento en el Nivel Principal 2410 de la Unidad de  
producción Santa María- Pataz**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero De Minas**

**AUTORES:**

Herrera Diaz, Victor Hugo (orcid.org/0000-0001-8466-4434)

Silva Gonzales, Andrea Del Milagro (orcid.org/0000-0002-8258-9351)

**ASESORES:**

Dr. Martell Espinoza Beder Erasmo (orcid.org/0000-0002-4169-9212)

Dra. Salazar Cabrejos, Rosa Eliana (orcid.org/0000-0002-1144-2037)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Análisis de Estabilidad de Taludes

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHICLAYO – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico con mucho cariño y amor a mis Madres Adriana y Meli que han sido motivo de superación constante para lograr mis sueños y metas propuestas, ya que gracias a su apoyo puedo hacer posible estar ahora en esta casa superior de estudios también a Dios por darme la vida y ayudarme a superar los obstáculos presentados en la trayectoria de mi vida.

**Andrea Silva G.**

Con mucho amor a mis padres y hermanos, que me apoyaron en todo momento y fueron el pilar fundamental para seguir adelante durante mi periodo de estudios. A mi amigo Moisés Bazán Cruzado, quien me dio la oportunidad de iniciar mis prácticas preprofesionales en Compañía Minera Poderosa S.A.

**Víctor Herrera D.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos en primer lugar a Dios por brindarnos salud, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia y fortalecernos en momentos de dificultades.

Gracias a nuestros padres por su amor, trabajo, sacrificios y por el apoyo que nos dan a nivel de toda nuestra formación profesional e impulsarnos a lograr nuestras metas.

De igual manera nuestro agradecimiento a nuestra asesora la Dra. Rosa Eliana Salazar Cabrejos quien, con sus conocimientos, paciencia y apoyo nos guió a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscábamos.

**LOS AUTORES**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA .....   | ii   |
| AGRADECIMIENTO .....  | iii  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....   | v    |
| ÍNDICE DE CUADROS .....   | vi   |
| RESUMEN .....   | vii  |
| ABSTRACT .....  | viii |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO.....  | 5    |
| III. METODOLOGÍA .....  | 11   |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación.....                          | 11   |
| 3.2. Variables y operacionalización.....                          | 11   |
| 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....       | 13   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....         | 13   |
| 3.5. Procedimientos.....  | 14   |
| 3.6. Método de análisis de datos .....                            | 15   |
| 3.7. Aspectos Éticos.....   | 16   |
| IV. RESULTADOS.....   | 17   |
| 4.1. Análisis geológico de la unidad minera Santa María .....     | 17   |
| 4.1.1. Geología local .....                                       | 17   |
| 4.1.2. Geología estructural .....                                 | 17   |
| 4.2. Análisis geomecánico del nivel 2410 .....                    | 18   |
| 4.2.1. Cálculo de RQD .....                                       | 18   |
| 4.2.2. Cálculo del índice de Q .....                              | 19   |
| 4.2.3. Cálculo de Dimensión Equivalente (De).....                 | 20   |
| 4.2.4. Cálculo de RMR .....                                       | 21   |
| 4.2.5. Cálculo de GSI .....                                       | 22   |
| 4.3. Determinación del tipo de sostenimiento del nivel 2410 ..... | 23   |
| 4.3.1. Determinación de tipo de sostenimiento según RMR .....     | 23   |
| V. DISCUSIÓN .....  | 27   |
| VI. CONCLUSIÓN .....  | 30   |
| VII. RECOMENDACIONES .....  | 32   |
| REFERENCIAS .....   | 33   |
| ANEXOS  |      |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Clasificación del macizo rocoso según el RMR ..... | 9  |
| Tabla 2: Clasificación del macizo rocoso según RQD .....    | 10 |
| Tabla 3: Coordenadas de las estaciones.....                 | 17 |
| Tabla 4: Cálculo de diámetro equivalente.....               | 20 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1: Valores de RQD.....                                       | 19 |
| Cuadro 2:Cálculo de índice Q .....                                  | 20 |
| Cuadro 3:Cálculo De Rmr .....                                       | 21 |
| Cuadro 4:Cálculo del índice GSI .....                               | 23 |
| Cuadro 5:Tipo de sostenimiento para el Nv 2410.....                 | 24 |
| Cuadro 6:Tipo de sostenimiento para el Nv 2410 según índice Q ..... | 24 |
| Cuadro 7:Categoría de sostenimiento según Q y ESR.....              | 25 |

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar un estudio geomecánico utilizando el RMR para determinar un adecuado sostenimiento en el nivel principal 2410 de la unidad de producción Santa María- Pataz; surgió de la observación de problemas vinculados al inadecuado tipo de sostenimiento en la Unidad de Producción Santa María - Pataz, lo cual nos llevó a realizar la pregunta de investigación ¿De qué manera el estudio geomecánico determinará un adecuado sostenimiento del nivel principal 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz?. La investigación es tipo cuantitativa, con diseño no experimental; teniendo como población las galerías horizontales del nivel principal 2410 de la Unidad de producción Santa María – Pataz. Asimismo, para el recojo de información se emplearon técnicas como la observación de campo y análisis documental a través de las tablas geomecánica de Bieniawski, una guía de observación de campo y una guía de análisis documental. Finalmente, como resultados se obtuvo un RQD en el rango de 65% a 75%, es decir, una roca de calidad regular, En síntesis, la evaluación geomecánica permitió la caracterización de la roca por medio de diferentes parámetros (RQD, RMR, GSI, Q De BARTON), con lo cual se pudo evaluar el tipo de sostenimiento adecuado a las labores del nivel 2410.

**PALABRAS CLAVE:** Sostenimiento, Inestabilidad, Evaluación geomecánica

## **ABSTRACT**

The objective of this investigation was to carry out a geomechanical study using the RMR to determine adequate support at the main level 2410 of the Santa María-Pataz production unit; arose from the observation of problems related to the inadequate type of support in the Santa María - Pataz Production Unit, which led us to ask the research question: How will the geomechanical study determine an adequate support of the main level 2410 of the Unit of production Santa María-Pataz?. The research is quantitative, with a non-experimental design; having as population the horizontal galleries of the main level 2410 of the Santa María - Pataz Production Unit. Likewise, to collect information, techniques such as field observation and documentary analysis were used through Bieniawski's geomechanical tables, a field observation guide and a documentary analysis guide. Finally, as results, an RQD in the range of 65% to 75% was obtained, that is, a rock of regular quality. In summary, the geomechanical evaluation showed the characterization of the rock by means of different parameters (RQD, RMR, GSI, Q De BARTON), with which it was possible to evaluate the type of adequate support at the job of level 2410.

**KEYWORDS:** Support, Instability, Geomechanical evaluation.



## **I. INTRODUCCIÓN**

La minería es una de las actividades económicas más importante del Perú, por medio de esta, se generan miles de empleos, ayudando al desarrollo de comunidades alejadas del país, donde no hay muchas oportunidades. Sin embargo, la ejecución de esta actividad se enfrenta a un problema muy común dentro de las minas, la inestabilidad del macizo rocoso. Como se sabe, cuando se trabaja en labores mineras se altera la estabilidad natural del macizo rocoso, motivo por el cual, la aplicación de un adecuado sostenimiento es esencial para velar por la seguridad de los equipos y trabajadores. Por ello, es de suma importancia establecer un tipo de soporte subterráneo adecuado para evitar colapsos de labores y, en consecuencia, genere paralizaciones y pérdidas económicas.

La Unidad de Producción Santa María se dedica a la recuperación de pilares auríferos y se encuentra situado entre 1250 a 3000 m.s.n.m. en el distrito de Pataz – La libertad. Además, se encuentra ubicado a 551 kilómetros al sureste de la ciudad de Chiclayo, a aproximadamente 14 horas con 40 minutos viajando por vía terrestre. En dicha unidad de producción trabajan aproximadamente 20 personas, entre capataces, ayudantes de mina y supervisores de guardia. Así mismo, el nivel principal en el que se encuentran recuperando oro es llamado “Nv. 2410”; para la cual se emplea métodos pasivos y activos.

La geología regional de la zona de Pataz está constituida principalmente por el Batolito de Pataz, el cual es un cuerpo intrusivo de forma lenta y alargado, con unos 160 kilómetros de largo por 3 kilómetros de ancho aproximadamente. Litológicamente está conformado por cuerpos de la edad paleozoica superior a cambriano inferior. El batolito se caracteriza por tener cuerpos calco – alcalinos de origen magmáticos, filones lamprófidos, cuerpos granodioríticos y granitoides. El batolito es el principal receptor de vetas auríferas, forma parte de un cinturón de intrusivos a lo largo de la cordillera oriental. El componente principal del batolito es una granodiorita fina, que en el centro está en contacto con monzogranitos

grueso. Las dos últimas fases mencionadas contienen numerosos enclaves y xenolitos de micro diorita que son evidencia de la actividad hipoabissal.

**La realidad problemática** que se presentó en la Unidad de producción Santa María es su inadecuado tipo de sostenimiento implementado en el nivel 2410, debido principalmente a la falta de un estudio geomecánico, el cual ayudaría a caracterizar el macizo rocoso; por ende, contribuiría a determinar un óptimo tipo de sostenimiento. En consecuencia, esto produce inestabilidad en las labores, siendo esta muy peligrosa tanto a los trabajadores y equipos debido al desprendimiento de rocas.

Una de las **causas** de la problemática expuesta es la falta de experiencia de los trabajadores, los cuales realizan trabajos de explotación de forma empírica; es decir, no tienen en cuenta una evaluación geomecánica del macizo rocoso. El cual dependerá del producto obtenido del análisis con carga puntual, RMR y compresión uniaxial. **En consecuencia**, esto podría repercutir negativamente en la estabilidad de la labor, y por extensión, a la seguridad de los propios trabajadores y equipos. Así mismo, Justo (2018) argumenta que la evaluación geomecánica nos permite tomar una decisión adecuada para la explotación de matrices rocosas. Motivo por el cual, a pesar del tiempo, dinero y trabajo inicial para realizar un estudio geomecánico, este nos brindaría mayores ventajas con respecto a la seguridad y estabilidad de la labor.

Por otro lado, otra **causa** encontrada es la falta de un estudio geológico y geomecánico, el cual es de suma importancia dentro de las labores mineras, puesto que, ayudan a conocer las condiciones mecánicas y geológicas en las que se encuentra la roca. En **consecuencia**, a falta de dicho estudio, habría mayor riesgo de desprendimiento de roca debido a que se realizan sostenimiento de forma empírica. Tal como lo afirma Sumire (2021) el desprendimiento de roca es un problema real, por ende, se debe tener mucho criterio al elegir un tipo de sostenimiento dentro de mina. Por tal razón, es muy importante que se seleccione un sostenimiento basado en la

teoría y no de manera empírica; de lo contrario, se incrementaría los accidentes y atrasos en las labores.

Otra **causa** encontrada fue el desinterés por parte de la empresa minera por investigar un tipo de soporte subterráneo óptimo en consonancia con la caracterización de roca in situ, que ayude a sus propios trabajadores a garantizar la seguridad de la labor minera. En **consecuencia**, propicia las pérdidas económicas por elegir un sostenimiento inapropiado y paralizaciones en las labores debido a caídas de rocas. Tal como lo confirma García (2019), el estudio geomecánico permite caracterizar al macizo rocoso, conocer si necesita refuerzo y diseñar un sistema de sostenimiento.

Con todo ello, se **formuló la pregunta** principal de la investigación: ¿De qué manera el estudio geomecánico determinará un adecuado sostenimiento del nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz? A tal efecto, se planteó la **hipótesis de investigación**: si se realiza un estudio geomecánico entonces se podrá determinar un adecuado sostenimiento del nivel principal 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz.

Las justificaciones que se incitaron en el desarrollo de la presente tesis fueron llevadas a cabo a través de un carácter teórico, práctico y metodológico. La investigación **fue teórica** por que se utilizó diversos fundamentos teóricos y criterios que exponen acerca del estudio geomecánico para establecer un tipo de soporte subterráneo adecuado. Además, fue una investigación de carácter **metodológico** porque se utilizará el método científico para dar respuesta a nuestra pregunta de investigación, siguiendo la metodología adecuada. Así mismo, una justificación **práctica**, ya que, conforme a los objetivos que se han propuesto, se dará una solución a dicho problema expuesto

Con lo descrito, se estableció como **objetivo general**, realizar un estudio geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento del nivel principal 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz. Para lo cual, se plantearon los siguientes **objetivos específicos**, El primer objetivo específico: Recopilar datos e información para describir la geología local y

estructural del nivel principal 2410. Además, el segundo objetivo específico, **analizar** los datos geomecánicos del macizo rocoso del nivel principal 2410 para determinar el comportamiento de la roca. Así mismo, el tercer objetivo específico, **determinar** un adecuado tipo de sostenimiento con los parámetros geomecánicos de la referida labor.

## II. MARCO TEÓRICO

La principal razón de la investigación fue establecer el mejor sostenimiento en el Nivel 2410 de la UP Santa María, mediante un análisis geomecánico. Para ello, se recolectó una serie de trabajos previos, los cuales nos ayudaron a pulir nuestro enfoque de investigación, así como brindar un respaldo científico. Entre los antecedentes que respaldan la presente investigación se tuvieron a:

Tarrillo (2021) en su tesis “Evaluación Geomecánica para la Recuperación de Pilares de una labor del Nv. 2670 – UP Santa María, Compañía Minera Poderosa–Empresa “HUCATI”. Para lo cual, planteó el **objetivo** de ejecutar una investigación geomecánica para determinar el tipo de soporte apropiado. Se obtuvo como **resultado** que las rocas predominantes en el talud son la diorita y andesita cristalizada; teniendo un tipo de roca media con tendencia a blanda. Finalmente, llegó a la **conclusión** que la roca presente en el talud es de poca resistencia, motivo por el cual, fue necesario la aplicación inmediata del sostenimiento con mallas. Así mismo esta investigación es muy importante porque aporta nuevo conocimiento a la rama de la estabilización de labores subterráneas, además ayuda como base para futuras investigación en la zona de Pataz.

Peñaloza (2021) en su tesis “El sistema de carguío y acarreo mecanizado en la producción de unidad minera santa maría, compañía minera poderosa S.A.”. para lo cual, planteó el **objetivo** de analizar la geología regional, local y estructural en la unidad minera Santa María. Obteniendo como **resultado** que el macizo rocoso presentó tres familias de discontinuidades, asimismo, requirió soporte con pernos a una distancia entre ellos mismos de 0.4 m; teniendo un factor de seguridad de

1.5. Finalmente, **concluyó** que la rampa Karen tuvo un tipo de roca homogéneo y su zona plástica tuvo una longitud de 0.18 en la caja techo y 0.1 m en los hastiales. Motivo por el cual, esta investigación es de suma **importancia**, pues otorga un cimiento para nuevas investigaciones, Es decir,

que la roca presente en dicha rampa tiene excelentes características para solo requerir un mínimo soporte

Palacios (2020) en su tesis “Evaluación geomecánica de la masa rocosa para a explotación del tajo 6380 NV. 2910 Compañía Minera Poderosa - 2020”. Para lo cual, planteó el **objetivo** de realizar la zonificación geomecánica del macizo rocoso para la explotación del tajo 6380. Obteniendo como **resultado** su cálculo promedio del índice de calidad de la roca (RQD) y RMR fueron de 84.4 y 37, respectivamente. Por otro lado, llegó a la **conclusión** que, en promedio, la clase de la roca es buena por lo que se pudo diseñar un óptimo sostenimiento. Finalmente, la relevancia de esta investigación radica en su valioso **aporte** científico y el beneficio estructural brindado a la contrata minera Peyols.

Herrera (2021) en su tesis “Evaluación geomecánica para el diseño del sostenimiento del túnel de exploración Chaquicocha Fase II - Minera Yanacocha Srl, 2018”. Para lo cual, planteó el **objetivo** de implementar la categorización geomecánica de RMR y GSI para determinar la calidad del macizo rocoso. Obteniendo como **resultado** que, a lo largo del avance, la roca varía entre calidad buena Tipo II y calidad regular Tipo III-A. Por otro lado, llegó a la **conclusión** que, para la roca buena tipo II se debe usar Shocrete de 2 pulgada de espesor, reforzado con fibra sintética y pernos Split Set de 8 pies de largo a 1.7m. Finalmente, esta tesis fue de **mucha utilidad** pues contribuyó al mejoramiento del sistema de sostenimiento en el túnel de minera Yanacocha, reduciendo así costos por diseño estructural.

Pastor (2022) en su tesis “Evaluación geomecánica para el diseño de reforzamiento en el talud del Cerro Tambillo – Sina”. Para lo cual, planteó el **objetivo** de establecer la influencia de los parámetros geomecánicos con respecto a la matriz rocosa. Obteniendo como **resultado** que, a lo largo del talud, la roca es estable, teniendo un tipo de roca buena Tipo II a Regular Tipo III. Por otro lado, llegó a la **conclusión** que en la parte superior se requiere un sostenimiento con pernos de anclaje de 3 m de profundidad y de espaciamiento; además, acompañado de una malla electrosoldada y con

shocrete con un espesor de 0.08m. Finalmente, esta investigación **aportó** de manera significativa a la caracterización del talud del cerro tambillo por lo que sentó las bases para su futuro reforzamiento.

Blanco (2018) en su tesis “Caracterización geomecánica para el análisis de pernos hydrabolt en el sostenimiento de labores subterráneas Compañía Minera Casapalca”, tuvo como **objetivo** realizar un estudio geomecánico de las labores para poner a prueba la aplicabilidad de los pernos hydrabolt. Tuvo como **resultado** un RMR que está en el rango de 68 – 59, es decir, rocas de tipo II y III, respectivamente. Así mismo, se calculó un índice Q de 35.48, con una de 7.5. Además, **concluyó** que el perno hydrabolt de 5 pies puede soportar hasta 11.2 toneladas, por otro lado, los de 7 pies soportan 10.6. Finalmente, esta investigación fue de suma **importancia** debido a que se realizaron estudios prácticos del hydrabolt por lo que resalta su gran utilidad en minería.

Sandoval (2018) en su tesis “Estudio geomecánico para un óptimo diseño de la excavación y sostenimiento – mina Yauricocha S.A. región Lima”, tuvo como **objetivo** hacer un estudio geomecánico de la matriz rocosa para poder determinar sus características geomecánicas y de esta manera realizar un diseño de sostenimiento óptimo. Tuvo como **resultado** que el tipo de roca encontrado va de regular, con un índice de GSI de F/R y F/P, así mismo se encontraron muchas discontinuidades y fallas. Además, **concluyó** que se debe seguir utilizando el mismo tipo de sostenimiento y el método de minado debe ser Sub level Caving. Finalmente, esta investigación fue de suma **importancia** debido a que ayudó a reforzar la idea de un adecuado tipo de sostenimiento, aportando precedentes para futuras investigaciones.

Giraldo (2020) en su tesis “Evaluación geomecánica para el diseño del sostenimiento del túnel de exploración Chaquicocha Fase II-Minera Yanacocha SRL, 2018”. Tuvo como **objetivo** realizar una evaluación geomecánica de la roca, así como realizar estudios sísmicos para optimizar

el mejor sostenimiento en las labores con altos esfuerzos. Así mismo, obtuvo como **resultado** que la roca es de tipo regular III, teniendo un rango de RMR de 43 – 50. Así mismo, **concluyó** que lo que el mejor tipo de sostenimiento a utilizar en el túnel es el perno de anclaje con shotcrete. Finalmente, esta investigación fue de suma **importancia** ya que brinda un gran aporte en el campo del sostenimiento con pernos de anclaje, ayudando así a futuras investigaciones.

Márquez (2018) en su tesis “Geomecánica aplicada al diseño del sostenimiento para mejorar la estabilidad del nivel 730-unidad minera San Cristóbal volcán - 2016”. Para lo cual, planteó el **objetivo** de aplicar la geomecánica para determinar la caracterización del macizo rocoso. Obteniendo como **resultado** que la roca está en pésimo estado, pues presenta un valor de RMR de 80, el cual es muy bueno. Por otro lado, llegó a la **conclusión** que, según la caracterización del macizo rocoso, se pudo garantizar la estabilidad, puesto que la propia naturaleza de la roca lo permite. Finalmente, el **aporte** científico de esta investigación radica en las bases constituidas en la misma, por lo que el rediseño del sostenimiento será mucho más eficiente.

En lo que respecta a las bases teóricas que complementan nuestra tesis, contamos con los aportes de Cueva (2019), Aceijas (2019), Sandoval (2019) quienes afirman que la geomecánica implica la realización de un estudio de mecánica de suelos o mecánica de rocas mediante los cuales se pretende conocer el comportamiento del suelo o roca, respectivamente. Así mismo, Monzón (2019) concuerda que la caracterización geomecánica ayuda a garantizar la estabilidad del macizo rocoso ya que nos permite conocer sus características mecánicas y geológicas. En otras palabras, un estudio geomecánico es muy importante porque nos permite caracterizar al macizo rocoso, lo cual nos ayuda a elegir por un sostenimiento adecuado, por ende, disminuir los accidentes o incidentes por caída de roca,

Para clasificar a la roca, existen distintos indicadores, entre ellos tenemos al



rock mass rating (RMR), rock quality designation (RQD) y Geological Strength Index (GSI). Para Alvarado (2020), Zhang (2019), Tarrillo y Sumire (2021) el RMR es un indicador que nos permite conocer el índice de calidad de la roca, su puntuación va de 15 a 100 puntos. Así mismo, entre sus parámetros tenemos a resistencia de la roca intacta, grado de fracturación y diaclasado de las discontinuidades del macizo, presencia de agua y la orientación de las discontinuidades.

**Tabla 1:** Clasificación del macizo rocoso según el RMR

| Clase | Definición del término               | RMR    |
|-------|--------------------------------------|--------|
| I     | Matriz rocosa de excelente condición | 81-100 |
| II    | Matriz rocosa de buena condición     | 61-80  |
| III   | Matriz rocosa de condición regular   | 41-60  |
| IV    | Matriz rocosa de mala condición      | 21-40  |
| V     | Matriz rocosa de muy mala condición  | 0-20   |

Adaptado de Alvarado (2020)

Por otro lado, para Gálvez (2019), Ancalla (2019), Ramos (2029), y Cueva (2029) el RQD es un indicador que nos permite saber la calidad de la matriz rocosa, mediante el vínculo entre la suma de los testigos mayores de 10cm y la longitud del sondaje. Es decir, este indicador realiza la exclusión de testigos por debajo de los 10 cm, pues los considera poco significativos para el cálculo; así mismo, es gracias a esta suma selectiva que se consigue la variación de longitudes para poder calcular dicho indicador.

$$RQD = \frac{\sum \text{Fragmentos} > 10 \text{ cm}}{\text{Longitud total de sondaje}}$$

### **Ecuación 1:** Calculo parámetro RQD (D.U. Deere 1964)

Para Zheng (2018), este indicador clasifica la roca en cinco categorías, que va desde muy mala (<25) a excelente (90 a 100). Cabe destacar que este indicador no es determinante a la hora de caracterizar al macizo rocoso pues para ello se necesita muchos más detalles con respecto a los datos de la roca.

**Tabla 2:** Clasificación del macizo rocoso según RQD

| Rock Quality Designation | Valor RQD (%) |
|--------------------------|---------------|
| Pésimo                   | 0-25          |
| No favorable             | 25-50         |
| Medio                    | 50-75         |
| favorable                | 75-90         |
| Óptimo                   | 90-100        |

Adaptado de Zheng (2018)

Para Soto (2019), el GSI es un indicador de la resistencia de la roca, fue propuesto por Hoek hace más de dos décadas y hoy en día sigue vigente debido a su aporte para clasificar la roca. Por otro lado, este sistema mide en un rango de 1 al 100, donde los valores más bajos indican una roca de baja calidad; por el contrario, valores cercanos a 100 indican mayor resistencia. Los valores de GSI se obtienen por medio de una tabla cruzada en la que se comparan la composición de las rocas y las características de sus discontinuidades.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El **tipo de investigación** utilizado en la presente investigación fue de tipo aplicada, ya que se buscó ejecutar un análisis geomecánico para establecer un apropiado sostenimiento del nivel 2410. Así mismo, Alban (2020), sostiene que la investigación aplicada tiene como objetivo resolver un problema en específico y generar nuevo conocimiento. Es decir, que busca resolver la problemática principal mediante los objetivos que se alcanzan.

Así mismo, el **diseño de la investigación** que se incitó es no experimental, ya que las variables que se emplean no son manipuladas para obtener un determinado resultado. Así lo confirma Maxwell (2019) y Alvares (2020), afirman que las investigaciones no experimentales se caracterizan principalmente por no presentar variables que hayan sido manipuladas intencionalmente. En otras palabras, no existe intención del autor por alterar las variables y, en consecuencia, manipular los resultados de la investigación.

Así mismo, la investigación fue explicativa debido a que se logra describir de manera detallada toda la problemática, teniendo en cuenta las causas y consecuencias de la investigación. Para Esteban (2018), una de las investigaciones más frecuentes dentro del campo académico son las explicativas, puesto que estas buscan describir la realidad del problema a investigar. En tal sentido, se podría declarar que esta clase de proyectos se enfocan en explicar las causas y consecuencias de la investigación

#### 3.2. Variables y operacionalización

La presente tesis consta de dos variables. La primera es el estudio geomecánico (variable independiente) y en segundo lugar al adecuado sostenimiento (variable dependiente)

## Definición conceptual

**Variable independiente:** Para Castro (2021) un estudio geomecánico es un análisis realizado a la matriz rocosa con el objetivo de describir y analizar sus características geotécnicas. Así mismo, es indispensable para poder establecer un soporte subterráneo en mina.

**Variable dependiente:** Según Orellana (2020) el adecuado sostenimiento es aquel que se adapta mejor a las condiciones presentes en una determinada mina, teniendo en cuenta parámetros geomecánicos.

## Definición operacional

**Variable independiente:** El estudio geomecánico se midió mediante las clasificaciones geomecánicas, características mecánicas de la roca y la geología del yacimiento. En los cuales encontramos como indicadores a los índices RMR, GSI, Q y RQD.

**Variable dependiente:** El adecuado sostenimiento se midió en función a los resultados obtenidos de las correlaciones de los parámetros geomecánicos, teniendo en cuenta diversos indicadores como el índice RMR, GSI y Q.

**Dimensión:** Para la variable independiente tenemos las características mecánicas de la roca, geología del yacimiento y clasificación geomecánica. Y para la variable dependiente tenemos a la seguridad y correlación RMR - Q.

**Indicadores:** Por un lado, los indicadores de la variante independiente fueron la resistencia a la compresión simple, litología, estructuras geológicas, hidrología, RQD, Q de Barton, RMR y GSI. Por otro lado, para la variable dependiente tuvimos al factor de seguridad, costo de instalación, costo de materiales, costo de transporte, capacidad de

soporte, accesibilidad, tiempo de instalación.

**Escala de medición:** Se tuvieron solo dos escalas de medición; ordinal y nominal.

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **Población**

La investigación tuvo como población a toda la Unidad de producción Santa María- Pataz. Tal como afirma Pastor (2019) la población es el conjunto universal que se va a estudiar, este puede ser personas, animales, objetos.

#### **Criterio de inclusión**

- Galerías horizontales del nivel principal 2410 de la UP Santa María.

#### **Criterio de exclusión**

- Estudios geológicos de las labores en análisis

#### **Muestra**

La toma de muestra de la presente tesis fue realizada a lo largo de la labor aproximadamente en 1km del nivel principal 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz. Tal como lo afirma Rodríguez (2018) y Hernández (2019) la muestra viene a ser una porción de la población, la cual se va a estudiar de manera más específica.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas utilizadas en el desarrollo de nuestra investigación fueron:

**Observación de campo no experimental:** Esta técnica se utilizó cuando se realizó la visita in situ la Unidad de producción Santa María- Pataz, con la finalidad de recopilar datos e información de la problemática planteada. Además, los datos recopilados en dicha visita in situ no fueron manipulados u omitidos con fines de alteración de los resultados. Así mismo, para Álvarez (2020) una investigación es no experimental cuando los datos o resultados son presentados como realmente fueron medidos; es decir no puede existir

intención por parte del investigador por alterar los datos y/o variables de estudio.

**Análisis documental:** Esta técnica se utilizó en la presente investigación pues permitió recopilar información relevante de diferentes investigaciones realizadas, respecto a nuestras variables de estudio, estudio geomecánico y sostenimiento óptimo. Para Ibarra (2018) el análisis documental consiste en la búsqueda sistemática de la información, relativo a un determinado tema. Es decir, consiste en la revisión de artículos, revistas, reportes, entre otros, con la finalidad de recopilar datos importantes sobre una variable.

Los instrumentos de recolección de datos utilizados en esta investigación fueron los siguientes.

**Guía de Observación de campo:** Fue la guía en la cual se plasmó toda la información recopilada durante la visita in situ al lugar de la problemática. De la misma manera, para Balestrini (2020), la guía de observación de campo es una herramienta que nos permite guardar información in situ. Así mismo, en este fichero se registró información sobre el tipo de roca. ([Anexo N°7](#))

**Ficha de registro de análisis documental:** Este instrumento nos permitió registrar, recopilar y organizar todas las revistas o investigaciones consultadas. Para Casa Sempere (2020) una ficha de registro de análisis documental es un documento recopilatorio en el cual se organiza información previamente consultada. En otras palabras, esta ficha nos sirvió como organizador y compilador de las investigaciones relativas a estudios geomecánicos y sostenimiento adecuado. ([Anexo N°6](#))

### **3.5. Procedimientos**

#### **Fase N°1: Planificación de la Investigación**

En esta primera etapa de la investigación, se planteó el desarrollo del proyecto; localizando la problemática principal de la Unidad de producción Santa María-Pataz, trazando los objetivos, planteando la hipótesis, e identificando las

causas y consecuencias de la problemática. Todos estos últimos, relacionados con la optimización del tipo de sostenimiento actual en la UP Santa María-Pataz.

#### **Fase N° 2: Elaboración de instrumentos**

En esta etapa se elaboraron las fichas de instrumentos con las cuales, posteriormente, se recolectó la información de forma in situ durante la visita a la Unidad de producción Santa María- Pataz. Así mismo se elaboró la ficha de análisis documental mediante la cual se consultó investigaciones de manera online, con respecto a nuestras variables de investigación.

#### **Fase N° 3: Aplicación de instrumentos y recolección de datos**

En la presente fase se realizó el viaje a la Unidad de producción Santa María- Pataz, donde se registró y recopiló información relevante en relación con el sostenimiento del nivel 2410. En ella se emplearon los instrumentos de recolección de datos, la guía de Observación de campo y la ficha de registro de análisis documental.

#### **Fase N° 4: Procesamiento y conclusión**

En esta etapa se organizó la información recopilada en la fase anterior, posteriormente se procesó utilizando cuadros y tablas de datos. Después de organizar y procesar toda la información, se procedió a analizarla, para finalmente obtener las conclusiones de la presente tesis

### **3.6. Método de análisis de datos**

Durante el desarrollo de la tesis se tuvo presente el uso de métodos de análisis de datos, el método analítico y método sintético. El primero responde a su finalidad de analizar, de manera minuciosa, la problemática planteada con diferentes puntos de vista. Por otro lado, con el método sintético se buscó la selectividad en la información consultada, de esta forma se pretendió sintetizar los datos para el beneficio de la investigación.

#### **Método analítico**

Este método fue utilizado durante toda la investigación pues ayudó a analizar la información obtenida de diferentes fuentes apropiadas, consiguiendo así realizar un estudio minucioso sobre los estudios

geomecánicos.

### **Método sintético**

Este método fue de gran ayuda pues nos permitió sintetizar toda la información por medio de recursos visuales o de jerarquía y, de esta forma, ayudar en procesamiento o comprensión de la información.

### **3.7. Aspectos Éticos**

La presente tesis se desarrolló bajo bases éticas expuestas en el reglamento de la Universidad César Vallejo filial Chiclayo. Se consideraron los siguientes principios éticos:

#### **Beneficencia**

Porque mediante la presente investigación se brindó ayuda desinteresada para mejorar la estabilidad del nivel 2410. Gracias a esta ayuda se podrá reducir la frecuencia de las caídas de rocas, lo cual beneficiaría directamente a los trabajadores de la Unidad de producción Santa María- Pataz

#### **No maleficencia**

Porque los datos brindados por la Unidad de producción Santa María- Pataz solo fueron utilizados para fines de la investigación, en tal sentido, dichos datos serán utilizados de manera profesional, evitando su difusión malintencionada.

#### **Justicia**

Porque los datos proporcionados por la empresa minera fueron protegidos ante cualquier filtración.

#### **Autonomía**

Porque desde el inicio del proyecto, los investigadores tuvieron la capacidad de tomar sus propias decisiones, desvinculándose de cualquier tipo de manipulación por parte de entidades o terceros.



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis geológico de la unidad minera Santa María

#### 4.1.1. Geología local

Las formaciones geológicas en la zona de la unidad minera “Santa María” están constituidas principalmente por rocas de serie acidas, llámese a estas a aquellas rocas que están fundamentalmente formados por minerales claros como el cuarzo y feldespato. Así mismo, esta zona está formada por granodioritas, monzogranitos y diques aplíticos, estos últimos son aquellas masas rocosas que, debido a su propia naturaleza de cristalización rápida, no lograron alcanzar un óptimo desarrollo cristalográfico, lo que provocó que la formación de sus cristales no supere 1mm de diámetro, otorgando así una textura fina y una composición mineralógica simple. Por otro lado, la zona también presenta formaciones de textura más gruesa como diques lamprófido diabasa, o también llamada granito negro. En tal sentido, la mayor parte de la zona de la unidad minera “Santa maría” se encuentra conformada por granito y rocas de serie acida; sin embargo, también hay formaciones de tonalitas debido a su afinidad con la granodiorita.

#### 4.1.2. Geología estructural

**Tabla 3:** Coordenadas de las estaciones

| Estación | Norte   | Este   | Elevación |
|----------|---------|--------|-----------|
| 01       | 9218000 | 792500 | 2432      |
| 02       | 9227000 | 792500 | 2432      |
| 03       | 9227000 | 806000 | 2433      |
| 04       | 9218000 | 806000 | 2432      |
| 05       | 9228000 | 792600 | 2433      |
| 06       | 9229000 | 806100 | 2432      |

Fuente: Elaboración propia

La zona de la unidad minera Santa María se encuentra conformada estructuralmente por fallas y fracturas, las cuales contribuyen al emplazamiento (formación de una roca dentro de otra) del batolito de Pataz y, a su vez, a la propia mineralización del lugar. Con respecto a las fallas, se encuentran dos principales grupos según su dirección; se tiene fallas verticales y semi verticales con dirección N-NW y, por otro lado, tenemos fallas transversales con dirección E-W, las cuales son secantes a las vetas. Así mismo, la zona de la unidad minera santa maría esta constituidas por seis vetas: Guadalupe, Samy, Virginia, Cristina, María Rosa y San Francisco

#### **4.2. Análisis geomecánico del nivel 2410**

Para la elaboración de los siguientes resultados se tuvo que extraer muestras de roca del nivel 2410, el cual pasó por ensayos en laboratorio de carga puntual y compresión uniaxial. Primero se extrajo rocas de 7 diferentes puntos del nivel 2410, a la par que se recopilaban datos geomecánico de la roca in situ. Posteriormente, dichas rocas fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, en la cual se utilizó un equipo saca testigos. Luego de haber extraído los testigos, se realizó el ensayo de carga uniaxial y de compresión simple. Obteniendo los siguientes resultados:

##### **4.2.1. Cálculo de RQD**

Existen varias formas de calcular el RQD y de esa manera poder clasificar a la roca según su calidad. Una de ellas es por medio del sondeo, en el cual se extrae una muestra de roca o testigo y se le realiza ciertos cálculos, sin embargo, para esta investigación se determinó el valor RQD por medio del conteo de discontinuidades en un área de un metro cuadrado. Cuyo calculo puede ser consultado en el [anexo 23](#).

**Cuadro 1: Valores de RQD**

| Estación | Valor de JV | Valor de RQD | Clasificación |
|----------|-------------|--------------|---------------|
| 01       | 12          | 75           | Buena         |
| 02       | 18          | 56           | Regular       |
| 03       | 12          | 75           | Regular       |
| 04       | 14          | 69           | Regular       |
| 05       | 16          | 62           | Regular       |
| 06       | 13          | 72           | Regular       |
| 07       | 15          | 66           | Regular       |

En el cuadro 1 se observa los valores de RQD calculados en diferentes puntos del nivel 2410 en la unidad de producción Santa María, con los cuales podemos concluir que la calidad promedio de la roca de dicho nivel es regular. Sin embargo, en la estación 1 se obtuvo un RQD de 75%, indicando así una clasificación de calidad buena.

#### **4.2.2. Cálculo del índice de Q**

El indicador Q es, junto al RMR, una de las clasificaciones más utilizadas dentro de los estudios geomecánicos en rocas. Sin embargo, la aplicación del índice Q llega a tener mayor relevancia en excavaciones subterráneas, pues recopila diferentes parámetros geomecánicos y los utiliza para estimar parámetros geotécnicos, los cuales nos permiten evaluar un sostenimiento acorde a las necesidades de la labor. Para esta investigación se calculó el índice Q en diferentes puntos del nivel 2410, cuyo cálculo puede ser consultado en el [anexo 24](#)

**Cuadro 2:** Cálculo de índice Q

| Estación | Índice Q | Clasificación |
|----------|----------|---------------|
| 01       | 7.5      | Roca Regular  |
| 02       | 5.6      | Roca Regular  |
| 03       | 5        | Roca Regular  |
| 04       | 6.9      | Roca Regular  |
| 05       | 6.2      | Roca Regular  |
| 06       | 7.2      | Roca Regular  |
| 07       | 6.6      | Roca Regular  |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 2 se observa los valores del índice Q calculados en diferentes puntos del nivel 2410 en la unidad de producción Santa María, obteniendo como resultado valores entre 5 a 7.5, con los cuales podemos concluir que la clasificación promedio de la roca de dicho nivel es de tipo regular. Por otro lado, Barton desarrolló una tabla en la cual relaciona el índice Q con un tipo de sostenimiento en específico, la cual nos ayuda a la determinación del sostenimiento ideal para el nivel 2410.

#### 4.2.3. Cálculo de Dimensión Equivalente (De)

Para poder estimar el tipo de sostenimiento según el índice Q, es necesario saber la dimensión equivalente, pues esta se comparará con el mencionado índice en un cuadro de doble entrada, obteniendo así información sobre las características del sostenimiento.

**Tabla 4:** Cálculo de diámetro equivalente

| Estación | Altura de la excavación | ESR | Diámetro equivalente |
|----------|-------------------------|-----|----------------------|
| 01       | 11 m                    | 2.2 | 5.00                 |
| 02       | 12 m                    | 2.2 | 5.45                 |
| 03       | 12 m                    | 2.2 | 5.45                 |
| 04       | 12 m                    | 2.2 | 5.45                 |

|    |        |     |      |
|----|--------|-----|------|
| 05 | 12 m   | 2.2 | 5.45 |
| 06 | 11.3 m | 2.2 | 5.15 |
| 07 | 10 m   | 2.2 | 4.55 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se observa los resultados del diámetro equivalente, para lo cual se tuvo como parámetros al diámetro de la excavación y el ESR (radio del soporte de la excavación). Así mismo para poder estimar el valor del ESR nos basamos en los estudios previos sobre el ESR, los cuales afirman que para labores mineras temporales se debe tomar valores entre 2 y 5. Por tal razón, se optó por tomar un valor realista de 2.2, bajo nuestro criterio.

#### 4.2.4. Cálculo de RMR

El cálculo del RMR es de suma importancia para la clasificar geomecánicamente a una roca pues abarca muchos parámetros fundamentales de la roca. Motivo por el cual, su aplicación en esta investigación es indispensable para poder clasificar a la roca. Así mismo, hubo 7 estaciones (puntos de toma de muestras), en los cuales se recopiló información geomecánica de la roca para su futura evaluación. Para la cual primero se llenó la ficha de campo ([Anexo N° 7](#)) por medio de la observación in situ; posteriormente, se realizó un ensayo en el laboratorio para determinar su índice de carga puntual. Así mismo, el cálculo completo puede ser consultado en el [anexo 25](#)

**Cuadro 3:** Cálculo De Rmr

| N° | RMR | Clasificación | Clase | Cohesión<br>(Kpa) | Ángulo De<br>Rozamiento |
|----|-----|---------------|-------|-------------------|-------------------------|
| 01 | 61  | Regular       | III   | 2,45              | 35                      |
| 02 | 53  | Regular       | III   | 2.10              | 26                      |
| 03 | 64  | Regular       | III   | 2.10              | 33                      |

|    |    |         |     |      |    |
|----|----|---------|-----|------|----|
| 04 | 62 | Regular | III | 2.40 | 39 |
| 05 | 65 | Regular | III | 2.35 | 27 |
| 06 | 63 | Regular | III | 2.52 | 31 |
| 07 | 59 | Regular | III | 2.45 | 29 |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4 se observa los valores del RMR calculados en diferentes puntos del nivel 2410 en la unidad de producción Santa maría, con los cuales podemos concluir que la clase de roca predominante en el nivel 2410 es “III”. Además, su cohesión y ángulo de rozamiento, en promedio, va desde 2 a 3 Kpa/cm<sup>2</sup> y 25° a

35°, respectivamente. Así mismo, en teoría, esta roca regular de clase III puede sostenerse en promedio 1 semana,

Por otro lado, Bieniawski desarrolló una tabla en la cual relaciona el tipo y clase roca con un tipo de sostenimiento en específico, la cual nos ayuda a la determinación del sostenimiento ideal para el nivel 2410.

#### 4.2.5. Cálculo de GSI

El sistema GSI es un indicador muy importante dentro de la minería subterránea puesto que nos permite estimar el índice de la resistencia de la roca y, por ende, nos facilitará evaluar el mejor tipo de sostenimiento para una labor subterránea. Si bien es cierto, el GSI es un indicador empírico, su uso sigue siendo muy demandado puesto que utiliza parámetros geológicos muy apropiados, los cuales se pueden modificar y, de esta forma, adecuarse a cada labor a evaluar. Para poder obtener los valores de GSI se tuvo que evaluar visualmente las condiciones de las discontinuidades y la estructura de la matriz rocosa a lo largo de la labor. Para ello se utilizó la ficha del índice de resistencia geológica ([Anexo 14](#)), en la cual relacionamos la condición de la superficie de la roca (muy buena, buena, regular, pobre y muy pobre) y su estructura (masiva, fracturada, muy fracturada, perturbada, disgregada, laminada). Obteniendo así los siguientes resultados:

**Cuadro 4:** Cálculo del índice GSI

| Estación | Valor   | Descripción          |
|----------|---------|----------------------|
| 01       | 40 a 50 | Fracturado - Regular |
| 02       | 30 a 40 | Fracturado – Regular |
| 03       | 40 a 50 | Fracturado – Regular |
| 04       | 50 a 60 | Fracturado – Regular |
| 05       | 40 a 50 | Fracturado – Regular |
| 06       | 40 a 50 | Fracturado – Regular |
| 07       | 30 a 40 | Fracturado – Regular |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5 se observa los valores del índice GSI calculados en diferentes puntos del nivel 2410 en la unidad de producción Santa María, con los cuales podemos concluir que, en promedio, el índice de resistencia de la roca de dicho nivel va desde los 50 a 60. En otras palabras, se observó una roca fracturada, con una superficie lisa y ligeramente meteorizada.

#### **4.3. Determinación del tipo de sostenimiento del nivel 2410**

Para la elaboración de los siguientes puntos se tuvo en cuenta los resultados del análisis geomecánico del índice Q Y RMR, los cuales comprenden parámetros muy importantes con respecto a la calidad de la roca y el sostenimiento de la labor. Motivo por el cual, su uso para el establecimiento de un tipo de soporte subterráneo es oportuno y geomecánicamente pertinente. Obteniendo así los siguientes resultados.

##### **4.3.1. Determinación de tipo de sostenimiento según RMR**

Para poder determinar del tipo de sostenimiento utilizando los resultados de la evaluación geomecánica de RMR, nos basamos en las tablas hechas por Bieniawski, en la cual propone la utilización de diferentes tipos de

sostenimiento acorde a la clase de roca previamente clasificada.

**Cuadro 5:** Tipo de sostenimiento para el Nv 2410

| Caracterización     | Estaciones   |   |
|---------------------|--|---|
|                     | 4  | 1-3 y 5-7   |
| Clase               | II   | III   |
| Excavación          | Sección completa. Avance de 1-15 m. Soporte completo a 20 m del frente                     | Avance y destroza. Avances de 150 a 300 cm. Completar sostenimiento a 100 cm de la labor.                     |
| Pernos de roca      | Pernos puntuales en el techo, 300 cm de longitud y espaciado de 2,5 m con malla ocasional. | Empernado sistemático de 4 m de largo, espaciados de 150 a 200 cm en el techo y paredes con malla en el techo |
| Hormigón proyectado | 5 cm en el techo. En caso fuera necesario.   | 5 - 10 cm en el techo y 3 cm en las paredes   |
| Cerchas metálicas   | No   | No  |

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 6 se muestran los tipos de sostenimientos que requiere el nivel 2410 según el análisis RMR de Bieniawski. El cual especifica que para las rocas de clase II, es decir que sea roca de tipo buena, se debe tener un avance de 1-15 metros, aplicar pernos de 10 pies de longitud con un espaciamiento de 2.5 metros, y usar malla ocasionalmente. Por otro lado, el uso de shocrete es opcional y solo en casos en los que la situación de la labor lo requiera, para tales situaciones se debe emplear concreto proyectado con 50 mm de espesor. Del mismo modo, el uso de cerchas metálicas no está comprendido para esta clase de roca.

#### 4.3.2. Determinación de tipo de sostenimiento según el índice Q

**Cuadro 6:** Tipo de sostenimiento para el Nv 2410 según índice Q

| Q>0.7 | Características       | Valores                                   |
|-------|-----------------------|---|
|       | tipo de sostenimiento | Perno helicoidal con malla electrosoldada |
|       | diámetro del perno    | 22 mm                                     |



|                          |            |
|--------------------------|------------|
| longitud                 | 10 pies    |
| espesor de shocrete      | 50 mm      |
| separación entre pernos  | 1.8 metros |
| separación entre anillos | 1.8 metros |

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro 7 se observa los detalles del tipo de sostenimiento adecuado para el nivel 2410 según el valor de Q, el cual tuvo valores que van desde 4 a 10. En tal sentido, el sostenimiento adecuado para el nivel 2410 debe tener pernos helicoidales de 10 pies de longitud y con un diámetro de 22mm. Así mismo, dichos pernos deben tener una separación de 1.8 metros, estar distribuidos en los anillos ocupando un máximo de 4 pernos/anillo. A su vez, los anillos deben tener una separación de 1.8 metros entre sí mismos, y emplearse shocrete con un espesor de 50mm.

Para poder determinar del tipo de sostenimiento aplicando los resultados de la evaluación geomecánica del índice Q, fue necesaria la utilización de el parámetro adicional ESR. Dicho parámetro se cotejó con los valores de Q en un gráfico de categorización del sostenimiento. Obteniendo el siguiente resultado.

**Cuadro 7:**Categoría de sostenimiento según Q y ESR

| Estación | ESR | Q    | Categoría de sostenimiento | Descripción     |
|----------|-----|------|----------------------------|-----------------|
| 01       | 2.2 | 1.95 | 5                          | Shocrete        |
| 02       | 2.2 | 0.8  | 5                          | reforzado con   |
| 03       | 2.2 | 1.95 | 5                          | fibra, de 5 – 9 |
| 04       | 2.2 | 1.95 | 5                          | cm, y           |
| 05       | 2.2 | 1.00 | 5                          | empernado       |
| 06       | 2.2 | 1.70 | 5                          |                 |
| 07       | 2.2 | 0.95 | 5                          |                 |

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el cuadro 8, la categoría predominante es la numero 5. En dicha categoría se debe usar shocrete con un espesor entre 50 mm y 90mm,

además, este debe ir acompañado de pernos de anclaje para una mejor estabilidad de la labor.

Finalmente, después de haber realizado el estudio geomecánico en los 7 diferentes puntos del nivel 2410 y habiendo analizado los resultados del RMR y Q de Barton enfocados en el sostenimiento, se concluyó que para el nivel 2410 es adecuado utilizar un sostenimiento con pernos de helicoidales de 10 pies de largo y un diámetro de 22mm. Así mismo, el uso de shocrete será de carácter opcional, a criterio del ingeniero, teniendo que evaluar la utilización del concreto lanzado con un espesor de 50mm a 90mm, solo en tramos en los que se requiera. Por otro lado, las zonas de aplicación de este tipo de sostenimiento son las labores con roca regular III en las que se requiera el uso de pernos y shocrete, previa evaluación geomecánicas

## V. DISCUSIÓN

La hipótesis planteada al inicio de la investigación fue confirmada con los resultados obtenidos mediante la realización de un estudio geomecánico, en la cual se pudo determinar un adecuado sostenimiento del nivel 2410 de la unidad de producción Santa María. Gracias al análisis de los índices de RMR Y Q enfocados en la determinación de un tipo de sostenimiento.

Para el primer objetivo específico, Recopilar información del macizo rocoso para describir la geología local y estructural del nivel 2410, se tomó en cuenta la geología local y estructural de la zona. Se obtuvo como resultado que la zona presenta rocas de serie ácida y granito, así como formaciones de granodiorita, monzogranitos y diques apliticos. Los datos fueron comparados con los resultados de Peñaloza (2021) quien analizó la geología regional, local y estructural en la unidad minera Santa María. El mencionado autor señala que el cuerpo intrusivo del batolito de Pataz está compuesto principalmente por granodiorita y esta presenta diques a lo largo su longitud. En tal sentido, dichos resultados **guardan relación** con los nuestros anteriormente mencionados.

Por otro lado, con respecto a la geología estructural, se encontraron diferentes familias de discontinuidades (fallas y fracturas) a lo largo del batolito de Pataz, ayudando así a su propio emplazamiento y a su mineralización. Así mismo, hubo fallas tanto verticales como semi verticales con una dirección NW y 4 vetas principales. Dichos datos **guardan relación** con los resultados de Palacios (2020) quien tuvo como objetivo ejecutar la clasificación geomecánica de la matriz rocosa para la explotación del tajo 6380. En la zona del batolito de Pataz existe diversas fallas siniestrales con buzamientos de 45 a 69° NE y fallas con dirección NW. Así mismo, señala que en la zona de santa maría existen distintas vetas como; Guadalupe, Samy, Virginia, Cristina, María Rosa y San Francisco

En lo que respecta al segundo objetivo, analizar los datos geomecánicos del

nivel 2410 para identificar las características geomecánicas de la matriz rocosa, se tuvo presente a los índices RMR, Q, RQD y GSI, los cuales fueron aplicados en 7 diferentes puntos a lo largo del nivel. Se obtuvo como resultado que, en promedio, el valor del GSI fue F-R, es decir roca de tipo fracturada-regular. Así mismo el valor de RQD está en el rango de 65%-75%, es decir roca de calidad regular. Los datos fueron comparados con los resultados de Tarrillo (2021) quien tuvo como objetivo ejecutar un estudio geomecánico de la matriz rocosa para cambiar el soporte subterráneo de pilares naturales. El autor señala que el índice GSI promedio de la roca in situ fue 50-60 y un valor de RQD de 65%, es decir una roca de calidad media o regular. En tal sentido, dichos resultados **guardan relación** con los nuestros anteriormente mencionados.

Por otro lado, siguiendo con el segundo objetivo, se analizaron las características geomecánicas de las 7 diferentes estaciones, dando como resultado que el RMR tuvo valores en el rango de 53 a 65, es decir que son rocas regulares de clase III. Así mismo, se analizaron los valores del índice Q, teniendo como resultado que los valores de dicho índice están en un rango de 5 a 7.5; es decir, encontramos roca de clasificación regular. Del mismo modo, Guevara (2019) realizó una evaluación geomecánica para optimizar los métodos de explotación, tuvo como resultado que los valores del RMR obtenidos en el nivel 2410 están en un rango de 42 a 60, es decir roca regular clase III. Además, el rango de valores para el índice Q comprende desde 5 a 6. En tal sentido, dichos resultados **guardan relación** con los de nuestra investigación.

En lo que respecta al tercer objetivo, determinar un adecuado tipo de sostenimiento con los parámetros geomecánicos de la labor, se tomó en cuenta los parámetros RMR y GSI. Los cuales fueron analizados y posteriormente permitieron determinar el tipo de sostenimiento adecuado a las características del nivel 2410. El resultado según el RMR fue que se necesita un sostenimiento con pernos de anclaje y shocrete, usando pernos helicoidales de 10 pies y un avance de 1 a 1.5 metros. Los datos fueron

comparados con los resultados de Silva (2018) quien tuvo como objetivo proponer un sostenimiento para incrementar la productividad en la unidad minera Santa María. El autor señala que, para sostener las labores de dicha unidad minera, es necesario el uso de pernos de anclaje Rs Boldt con una perforación en realce. Motivo por el cual, dichos resultados **guardan relación** con los de nuestra investigación.

Por otro lado, siguiendo con el tercer objetivo, se analizaron los valores del índice Q de los 7 diferentes estaciones a lo largo del nivel 2410, obteniendo como resultado que dichos valores están comprendidos en un rango de 5 a 7.5, esto quiere decir que la roca se clasifica como regular. Además, se necesitaría un sostenimiento con pernos de anclaje y shocrete de 50 a 90mm. Del mismo modo, Mendoza (2021) determinó un nuevo tipo de sostenimiento en reemplazo de los cuadros de madera, tuvo como resultado que para mejorar el sostenimiento de las labores del nivel 2410 es necesario el uso de mallas electrosoldadas y en algunos tramos el uso de pernos con shocrete en reemplazo con los cuadros de madera, pues resulta mejoró los tiempos de instalación del tipo de sostenimiento. Motivo por el cual, dichos resultados **guardan relación** con los de nuestra investigación.

En el proceso de la investigación se presentaron algunas limitaciones como acceso a la información, viabilidad del estudio. Entre ellos tuvimos varios inconvenientes ya que el lugar es un poco peligroso teníamos miedo a que nos perjudique, pero igual seguimos con nuestro propósito de avanzar con nuestra investigación.

## VI. CONCLUSIONES

En lo que respecta a la geología local, está constituido principalmente por formaciones de granodioritas, monzogranitos y diques aplíticos. Por otro lado, la zona también presenta formaciones de textura más gruesa como diques lamprófido diabasa, o también llamada granito negro. Es decir, la mayor parte de la zona de la unidad minera “Santa maría” se encuentra conformada por granito y rocas de serie acida; sin embargo, también hay formaciones de tonalitas debido a su afinidad con la granodiorita. Por otro lado, en lo que respecta a la geología estructural, se encontró dos grandes grupos de fallas, las verticales y semi verticales con dirección N-NW. Dichos grupos de fallas contribuyen a la mineralización del batolito debido a su propia naturaleza de fracturar la roca, permitiendo así la mineralización de origen magmático.

En cuanto a la caracterización geomecánica del nivel 2410 se concluyó que el RQD promedio de la roca está en el rango de 65% a 75%, es decir, una roca de calidad regular. Del mismo modo, el índice Q obtuvo valores en el rango de 5 a 7.5, concluyendo así que la clasificación geotécnica promedio de la roca es de tipo regular. Así mismo, los resultados del RMR apuntan que la clase de roca predominante en el nivel 2410 es regular “III”. Por otro lado, los valores del índice GSI de dicho nivel va desde los 50 a 60. Es decir, se observó una roca regular-fracturada, con bloques enclavados, una superficie lisa y ligeramente meteorizada.

En lo que concierne a la determinación del adecuado tipo de sostenimiento, se analizaron todos los parámetros geomecánicos requeridos para dicha elección, comparando así sus resultados y cotejándolos con la teoría precedente, concluyendo que para el nivel 2410 es adecuado utilizar un sostenimiento con pernos de anclaje de 10 pies de largo y un diámetro de 22mm. Así mismo, el uso de shocrete será de carácter opcional, a criterio del ingeniero, teniendo que evaluar la utilización del concreto lanzado con un

espesor de 50mm a 90mm, solo en tramos en los que se requiera. Finalmente, la utilización de mallas será de carácter ocasional, previa evaluación geomecánica.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la unidad de producción Santa María crear un área de geomecánica, en la cual se pueda ejecutar, a detalle, estudios geomecánicos de la roca in situ, con el fin de realizar análisis más rigurosos que permitan determinar el adecuado sostenimiento de las futuras labores del nivel 2410. De esta manera, se evita el malgasto del tiempo y recurso económico en tipos de sostenimientos inadecuados en las labores; lo que a su vez representa una mayor rentabilidad. Si bien es cierto, la implementación del área geomecánica implica una inversión moderada, esta brindaría una perspectiva más precisa del tipo de sostenimiento a implementar; lo que repercutiría directamente en los costos de sostenimiento y mantenimiento, beneficiando así, directamente a la unidad de producción santa maría.

Finalmente, se recomienda que se tome en cuenta la utilización de pernos de anclaje y shocrete en los distintos tramos del nivel 2410, previo análisis geomecánico de la roca in situ, con el fin asegurar las labores abiertas en las cuales laboran trabajadores, máquinas y equipos mineros. De esta manera, se previene caída de roca y paralizaciones por accidentes.



## REFERENCIAS

1. ACEIJAS PÉREZ, Jean Paul. Geomecánica aplicada al control de las labores mineras para la minimización de la caída de rocas en la mina Paredones nivel 5. 2019. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3366>
2. ALBAN, Gladys Patricia Guevara; ARGUELLO, Alexis Eduardo Verdesoto; MOLINA, Nelly Esther Castro. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Recimundo, 2020, vol. 4, no 3, p. 163-173. Disponible en: <http://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/860>
3. ALVARADO VALDÉS, Fabiola. Modelamiento geoestadístico de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR). 2020. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176858>
4. ÁLVAREZ-RISCO, Aldo. Clasificación de las Investigaciones. 2020. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818>
5. ÁLVAREZ-RISCO, Aldo. Clasificación de las investigaciones. 2020. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818>
6. ANCALLA MONGE, Antolín. Geomecánica y su implicancia en la investigación de desprendimiento de rocas en el CX 1870 empresa minera Hochschild Mining Compañía Minera Ares UO Pallancata. 2019. Disponible en: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4625>
7. ARROYO VALLE, José Luis; RODRIGO MELÉNDEZ, William Anderson. Estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento

adecuado de los taludes en la carretera Trujillo-Otuzco km10+ 000 al km15+ 000. 2020. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50649>

8. BALESTRINI, M. Marco Metodológico. Caracas. Venezuela: BL Consultores Asociados. Obtenido de <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0094671/cap03.pdf>, 2020. Disponible

en:<http://virtual.urbe.edu/tesispub/0092313/cap03.pdf>

9. BLANCO, Jhon. Caracterización geomecánica para el análisis de pernos hydrabolt en el sostenimiento de labores subterráneas Compañía Minera Casapalca. Tesis (Titulado Ingeniería de Minas). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 2018. Disponible en:

[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/565/1/T026\\_46307439\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/565/1/T026_46307439_T.pdf)

10. CASASEMPERE-SATORRES, Antoni; VERCHER-FERRÁNDIZ, María Luisa. Análisis documental bibliográfico. Obteniendo el máximo rendimiento a la revisión de la literatura en investigaciones cualitativas. *New Trends in Qualitative Research*, 2020, vol. 4, p. 247-257. Disponible en:

<https://publi.ludomedia.org/index.php/ntqr/article/view/44>

11. CASTRO AUCANSHALA, Jonathan Luis. Análisis geomecánico y susceptibilidad por movimiento de masas en el cerrito de Los Morreños, Golfo de Guayaquil, Provincia del Guayas. 2021. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Disponible en:

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56869>

12. CHILON HUAMAN, Jose Ángel; MORILLO GIL, Robert Pablo. Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño del sostenimiento de la rampa Karent de la unidad minera María Antonieta-La Libertad. 2019. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22307>

13. CUEVA ROMERO, Jimmy Gerardo; ARANA CABRERA, Jhonny Alex.

Caracterización geomecánica en minería subterránea: una revisión de la literatura científica. 2019. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15035>

14. ESTEBAN NIETO, Nicomedes. Tipos de investigación. 2018.

Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>

15. GÁLVEZ CABALLERO, Juan Omar. Estimación geoestadística del RQD, RCU, JRC y densidad aplicada a entender el comportamiento geomecánico del cerro La Falda, La Encañada–Cajamarca, 2019. 2019.

Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21807>

16. GARCÍA RAMOS, Edgar Raúl. Evaluación geomecánica en el diseño de sostenimiento subterráneo en la unidad económica administrativa Huachocolpa Uno-Compañía Minera Caudalosa SA. 2019. Disponible en:

<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/946>

17. GIRALDO PAREDEZ, Emiliano Mauro. Optimización del diámetro de taladros en el sostenimiento de macizos rocosos con pernos de roca y sus efectos ambientales. Tesis (Bachiller en ingeniería Minera). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 2020. Disponible en:

<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11647>

18. GUEVARA MEJÍA, Dilmer. Evaluación geomecánica para optimizar el método de explotación por subniveles en la veta Julie-nivel 2360, compañía minera Poderosa, 2019. 2019. Disponible

en: <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/9141>

19. HERNÁNDEZ-ÁVILA, Carlos Enrique; ESCOBAR, Natalia Adelina Carpio. Introducción a los tipos de muestreo. Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de Salud, 2019, vol. 2, no 1 (enero-junio), p. 75-79.

Disponible en:

<https://camjol.info/index.php/alerta/article/download/7535/7746>

20. HERRERA IRIGOÍN, Edilberto. Evaluación geomecánica para el diseño del sostenimiento del túnel de exploración Chaquicocha Fase II- Minera Yanacocha SRL, 2018. 2021. Disponible en: <http://190.116.36.86/handle/20.500.14074/4150>
21. IBARRA, Gabriel A. Bernal; BERNAL, A. Análisis documental de las Metodologías de Enseñanza. Revista Electrónica Desafíos Educativos- Redeci, 2018, p. 38-53. Disponible en: <http://ciinsev.com/web/revistas/2017-2018/primerEdicion/REVISTA4/03.pdf>
22. JUSTO DAMAS, Kenin Hiro; SALDAÑA RAMOS, Manuel Isac. Análisis técnico económico de la veta bomboncito para determinar el método óptimo de minado en la uca heraldos negros, cia minera san valentín sa-huancavelica. 2018. Disponible en: [http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2180/TESIS\\_2018\\_ING%20MI JUSTO%20DAMAS\\_Y\\_SALDA%c3%91A%20RAMOS\\_PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2180/TESIS_2018_ING%20MI JUSTO%20DAMAS_Y_SALDA%c3%91A%20RAMOS_PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
23. MAMANI BARRAZA, Lucio Raúl. Clasificación geomecánica para el diseño de sostenimiento en la galería principal–contrata minera Peyols, UEA-Ana María. 2018. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8514>
24. MARQUEZ OLIVERA, Grecia Catherin. Geomecánica aplicada al diseño del sostenimiento para mejorar la estabilidad del nivel 730-unidad minera San Cristóbal–Volcan 2016. 2018. Disponible en: [http://www.repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2745/T033\\_472\\_39061\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2745/T033_472_39061_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

25. MAXWELL, Joseph A. Diseño de investigación cualitativa. Editorial Gedisa, 2019. Disponible

en:

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ZLewDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT351&dq=dise%C3%B1o++de+investigacion&ots=f14vzuk5xK&sig=aFqUDjnuL6mKH5L04NvwXcihIY>

26. MENDOZA AGUIRRE, Pedro Pablo. Ventajas técnico–económico del empleo de mallas electrosoldadas en reemplazo de tablas de 2” x8” x10’ en el proceso de relleno detrítico en el TJ 1250 del Nv. 2260 en la mina Santa María–

Poderosa. 2021. Disponible

en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16884>

27. MONZÓN CÁCERES, Emerson. Implementación de la clasificación geo mecánica del índice de resistencia geológica (GSI) modificado en el sostenimiento de labores en la Unidad Productiva Alpacay-Minera Yanaquihua. 2019. Disponible en:

<http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4532>

28. ORELLANA MENDOZA, Eugenio Emilio. Selección de la alternativa óptima de sostenimiento en rampas para el control de inestabilidades subterráneas. 2020. Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5862>

29. PALACIOS QUISPE, Luis Udwalker. Evaluación geomecánica de la masa rocosa para la explotación del tajo 6380 NV. 2910 Compañía Minera Poderosa– 2020. 2020. Disponible

en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8744>

30. PASTOR CONTRERAS, Wilber. Evaluación geomecánica para el diseño de reforzamiento en el talud del cerro Tambillo-Sina. 2022. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/18308>
31. PASTOR, Blanca Flor Robles. Población y muestra. Pueblo continente, 2019, vol. 30, no 1, p. 245-247. Disponible en: <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/view/1269>
32. PEÑALOZA QUINTANILLA, Rigoberto Cancio. El sistema de carguío y acarreo mecanizado en la producción de Unidad Minera Santa María, Compañía Minera Poderosa SA. 2021. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8049>
33. RODRÍGUEZ, Milena; MENDIVELSO, Fredy. Diseño de investigación de corte transversal. Revista médica sanitas, 2018, vol. 21, no 3, p. 141-146. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Fredy->

[Mendivelso/publication/329051321\\_Disen%C3%B3\\_de\\_investigaci%C3%B3n\\_de\\_Corte\\_Transversal.pdf](https://repositorio.unammba.edu.pe/publication/329051321_Disen%C3%B3_de_investigaci%C3%B3n_de_Corte_Transversal.pdf)

34. SANDOVAL BONILLA, Francis Jean Marco. Estudio geomecánico para un óptimo diseño de la excavación y sostenimiento—mina Yauricocha Sa región Lima. Tesis (Bachiller en ingeniería Minera). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 2018. Disponible en:

35. SILVA VARGAS, John Anderson; QUISPE SERRANO, Ingris. Método OVERT CUT and FILL aplicando voladura masiva y soportes RS BOLT, incremento de la producción y reducción de costos en la veta Guadalupe NV. 2520-Tajo 5960, UP Santa María, CIA. Poderosa SA. 2018. Disponible en: <http://repositorio.unammba.edu.pe/handle/UNAMBA/668>

36. SOTO FERNÁNDEZ, Marina, et al. Estimación de densidad ósea mediante tomografía computarizada con protocolo GSI y correlación densitométrica. 2019. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/36322>

37. SUMIRE PARICANAZA, Larry Williams. Análisis y diseño del sostenimiento en la galería 815 esperanza norte, para evitar accidentes por caída de rocas y optimizar el ritmo de producción—EE los magníficos minera aurífera Cuatro de Enero SA MACDESA. 2021.

Disponible en

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/13912/IMsupalw.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

38. TARRILLO ROJAS, Víctor Jordan. Evaluación geomecánica para la recuperación de pilares de una labor del Nv. 2670—UP Santa María, Compañía Minera Poderosa—Empresa “HUCATI”. 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63501>

39. ZHANG, Qi, et al. Quantitative assessments of the correlations between rock mass rating (RMR) and geological strength index (GSI). Tunnelling and Underground Space Technology, 2019, vol. 83, p. 73-81.

Disponibile

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779818304395>

40. ZHENG, Jun, et al. A new perspective for the directivity of rock quality designation (RQD) and an anisotropy index of jointing degree for rock masses. Engineering geology, 2018, vol. 240, p. 81-94. Disponibile en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795217315302>



## MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA ELABORACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN


NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Silva Gonzales Andrea Del Milagro y Herrera Díaz Víctor Hugo

FACULTAD/PROGRAMA: Facultad de Ingeniería y Arquitectura/Pregrado

| PROBLEMA   | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS  | VARIABLES  | TIPO DE INVESTIGACIÓN | POBLACIÓN  | TÉCNICAS                             | MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS |
|--|---|--|--|-----------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| ¿De qué manera el estudio geomecánico determinará un adecuado sostenimiento del nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María-Pataz? | <p><b>Objetivo general:</b><br/>Realizar un estudio geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento del nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz</p> <p><b>Objetivos específicos:</b><br/>Recopilar datos e información para describir la geología local y estructural del nivel principal 2410</p> <p><b>Analizar</b> los datos geomecánicos del macizo rocoso del nivel principal 2410 para determinar el comportamiento de la roca.</p> <p><b>Determinar</b> un adecuado tipo de sostenimiento con los parámetros geomecánicos de la referida labor.</p> | Si se realiza un estudio geomecánico entonces se podrá determinar un adecuado sostenimiento del nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María-Pataz. | <p><b>Variable independiente:</b><br/><br/>Estudio geomecánico</p> <p><b>Variable dependiente:</b><br/><br/>Adecuado sostenimiento</p> | Aplicada              | Todo el nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María-Pataz. | Análisis documental                  | Método analítico             |
|  |   |  |  |                       |  | Observación de campo no experimental |                              |
|  |   |  |  | <b>DISEÑO</b>         | <b>MUESTRA</b>   | <b>INSTRUMENTOS</b>                  | Diseño No experimental       |
| Investigación explicativa  | Ficha de registro   |  |  |                       |  |                                      |                              |


### CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

| VARIABLES                                  | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIÓN                            | INDICADORES                   | ESCALA DE MEDICIÓN |
|--|--|--|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| DEPENDIENTE:<br><br>Adecuado sostenimiento | "Es aquel tipo de sostenimiento que se adapta mejor a las condiciones presentes en una determinada mina. Orellana (2020)   | El óptimo sostenimiento se mide en función de la seguridad, la evaluación económica y técnica, en las cuales se tendrá en cuenta diversos indicadores como el factor de seguridad, costo de transporte y tiempo de instalación | Seguridad                            | Índice de Seguridad           | Ordinal            |
|  |  |  | Correlaciones                        | Correlación RMR - Q           | Ordinal            |
|  |  |  |                                      | Correlación Q - GSI           | Ordinal            |
| INDEPENDIENTE:<br>Estudio geomecánico      | "Es un estudio realizado a la matriz rocosa con el objetivo de describir y analizar sus características geotécnicas. Así mismo, es de suma importancia para determinar un sostenimiento en mina" Castro (2021) | El estudio geomecánico se midió mediante las clasificaciones geomecánicas, características mecánicas de la roca y la geología del yacimiento. En los cuales encontramos como indicadores a los índices RMR, GSI, Q y RQD.      | Características mecánicas de la roca | Ensayo de compresión simple   | Ordinal            |
|  |  |  |                                      | Ensayo de carga puntual       |                    |
|  |  |  | Geología del yacimiento              | Geología local                | Nominal            |
|  |  |  |                                      | Geología estructural          |                    |
|  |  |  | Clasificación geomecánica            | RMR- resistencia de la roca.  | Ordinal            |
|  |  |  |                                      | Estabilidad del macizo rocoso |                    |
|  |  |  |                                      | RQD- Calidad de la roca       |                    |
|  | GSI- Estimación roca   |  |                                      |                               |                    |
|  | Índice de resistencia geológico  |  |                                      |                               |                    |


| FICHA DE REGISTRO DE ANÁLISIS DOCUMENTAL N° 01  |                      |  |                   |         |           |           |             |
|---|----------------------|--|-------------------|---------|-----------|-----------|-------------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO     |                      | Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz |                   |         |           |           |             |
| OBJETIVO: Recopilar datos e información para describir la geología local y estructural del nivel principal 2410 |                      |  |                   |         |           |           |             |
| ASPECTO GEOLÓGICO LOCAL   |                      |  |                   |         |           |           | OBSERVACIÓN |
| PREDOMINAN<br>CIA   |                      |  | ZON<br>A          |         |           |           |             |
| Roca predominante   | Mineral predominante | Textura  | Tipo de formación | Génesis |           |           |             |
|   |                      |  |                   |         |           |           |             |
| ASPECTO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL   |                      |  |                   |         |           |           | OBSERVACIÓN |
| FALL<br>AS  |                      |  | VET<br>A          |         |           |           |             |
| N° Fallas   | Dirección            | Tipo   | mineralización    | Tipo    | Formación | Dirección |             |
|   |                      |  |                   |         |           |           |             |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 07

| GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO N° 01   |                          |   |                            |                    |                         |         |
|--|--------------------------|---|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO                        |                          | <b>Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz</b> |                            |                    |                         |         |
| OBJETIVO: Analizar los datos geomecánicos del macizo rocoso del nivel principal 2410 para determinar el comportamiento de la roca. |                          |   |                            |                    |                         |         |
| RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA   |                          |   |                            |                    |                         |         |
| Índice de carga puntual  | PUNTAJACIÓN              |   |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|  | >10 Mpa (15)             | 4-10 Mpa (12)   | 2-4 Mpa (7)                | 1-2 Mpa (4)        |                         |         |
| RQD  | PUNTAJACIÓN              |   |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|  | 90% - 100                |   |                            |                    |                         | 20      |
|  | 75% - 90%                |   |                            |                    |                         | 17      |
|  | 50% - 75%                |   |                            |                    |                         | 13      |
|  | 25% - 50%                |   |                            |                    |                         | 8       |
| <25%   |                          |   |                            |                    | 3                       |         |
| ESPACIO ENTRE DISCONTINUIDADES   | PUNTAJACIÓN              |   |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|  | >2m (20)                 | 0.6 - 2m (15)   | 0.2 - 0.6m (10)            | 0.06 - 0.2m (8)    | <0.06m (5)              |         |
| ESTADO DE DISCONTINUIDADES   |                          |   |                            |                    |                         |         |
|  | PUNTAJACIÓN              |   |                            |                    |                         | PUNTAJE |
| Long. Discontinuidad   | <1m (6)                  | 1.3m (4)  | 3-10m (2)                  | 10-20 (1)          | >20m (0)                |         |
| Abertura   | Nada (6)                 | 0.1mm (5)   | 0.1-1mm (4)                | 1-5mm (1)          | >5mm (0)                |         |
| Rugosidad  | Muy Rugosa (6)           | Rugosa (5)  | Ligeramente Rugosa (3)     | Ondulada (1)       | Suave (0)               |         |
| Relleno  | Ninguno (6)              | Relleno duro (4)  | Relleno duro >5mm (2)      | Relleno blando (2) | Relleno blando >5mm (0) |         |
| Alteración   | Inalterada (6)           | Ligeramente alterada (5)  | Moderadamente alterada (3) | Muy alterada (1)   | Descompuesta (0)        |         |
| AGUA SUBTERRÁNEA   | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL |   |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|  | Nulo (15)                | 10 lt/min (10)  | 10-25 lt/min (7)           | 25-15 lt/min (4)   | >125 lt/min (0)         |         |
| CORRECIÓN POR DISCONTINUIDADES   |                          |   |                            |                    |                         |         |
| DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO  | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL |   |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|  | Muy favorable (0)        | Favorable (-2)  | Medias (-5)                | Desfavorable (-10) | Muy desfavorable (-12)  |         |
| CLASIFICACIÓN RMR  | CLASE                    |   | CALIDAD DE ROCA            |                    | RMR                     | PUNTAJE |
|  | I                        |   | Muy buena                  |                    | 81 - 100                |         |
|  | II                       |   | Buena                      |                    | 61 - 80                 |         |
|  | III                      |   | Medias (-5)                |                    | 41 - 60                 |         |
|  | IV                       |   | Mala                       |                    | 21 - 40                 |         |
| V  |                          | Muy mala  |                            | 0 - 20             |                         |         |
| CARACTERÍSTICAS MECANICAS Y GEOMECAÑICAS ADICIONALES   |                          |   |                            |                    |                         |         |
| Ensayo de compresión simple  |                          |   | GSI                        |                    |                         |         |

Fuente: Elaboración propia

| FICHA DE REGISTRO DE ANÁLISIS DOCUMENTAL N°03  |          |   |     |    |               |       |                        |
|--|----------|---|-----|----|---------------|-------|------------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b> |          | <b>Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz</b> |     |    |               |       |                        |
| <b>OBJETIVO:</b> Determinar un adecuado tipo de sostenimiento con los parámetros geomecánicos de la referida       |          |   |     |    |               |       |                        |
| ELECCIÓN DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO ADECUADO  |          |   |     |    |               |       |                        |
| ASPECTO GEOMECANICO  |          |   |     |    | CORRELACIONES |       | SOSTENIMEINTO ADECUADO |
| RQD  | INDICE Q | RMR   | GSI | DE | Q             | Q-ESR |                        |
|  |          |   |     |    |               |       |                        |

Fuente: Adaptado de Sánchez y Torres (2021)

## ÁRBOL DE PROBLEMAS



**CARTA DE  
ACEPTACIÓN**



**CESAR MANUEL HURTADO VERDE**  
RUC: 10081400933

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años De Independencia"

**CARTA DE AUTORIZACIÓN: USO DE DATOS DE EMPRESA CON FINES DE  
INVESTIGACION**

Estimados señores:

Yo, HURTADO VERDE CESAR MANUEL con D.N.I. N° 08140093, en calidad de representante de la Contrata Minera "HVC", autorizo utilizar los datos de la empresa para ser desarrollada la Tesis Titulada "Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz" de los investigadores Andrea Del Milagro Silva Gonzales, identificado con N° DNI 75432099 y Víctor Hugo HerreraDíaz con N° DNI N°46738435, para que hagan uso de esta con fin de investigación

Atentamente,

Trujillo 5 de mayo del 2022

  
CESAR MANUEL HURTADO VERDE  
RUC: 10081400933  
CONTRATA HVC

---

## ANEXO N° 11

### FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:  
ESTUDIO GEOMECÁNICO PARA DETERMINAR EL ADECUADO SOSTENIMIENTO EN EL NIVEL 2410 SANTA MARÍA-PATAZ

1.2 Investigador (a) (es): SILVA GONZALES, ANDREA DEL MILAGRO  
HERRERA DÍAZ VICTOR HUGO

2. ASPECTOS A VALIDAR:

| Indicadores     | Criterios  | Deficiente<br>0-20 | Baja<br>21-40 | Regular<br>41-60 | Buena<br>61-80 | Muy buena<br>81-100 |
|-----------------|--|--------------------|---------------|------------------|----------------|---------------------|
| Claridad        | Está formulado con lenguaje apropiado                          |                    |               |                  |                | X                   |
| Objetividad     | Está expresado en conductas observables                        |                    |               |                  |                | X                   |
| Actualidad      | Adecuado al avance de la ciencia y tecnología                  |                    |               |                  |                | X                   |
| Organización    | Existe una organización lógica                                 |                    |               |                  |                | X                   |
| Suficiencia     | Comprende los aspectos en cantidad y calidad                   |                    |               |                  |                | X                   |
| Intencionalidad | Adecuado para valorar aspectos de <u>la</u> <u>estrategias</u> |                    |               |                  |                | X                   |
| Consistencia    | Basado en aspectos teóricos científicos                        |                    |               |                  |                | X                   |
| Coherencia      | Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores |                    |               |                  |                | X                   |
| Metodología     | La estrategia responde al propósito del diagnóstico            |                    |               |                  |                | X                   |
| Pertinencia     | Es útil y adecuado para la investigación                       |                    |               |                  |                | X                   |

PROMEDIO DE VALORACIÓN

98

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

SE RECOMIENDA HACER LECTURAS CON LOS MÉTODOS TRADICIONALES CADA 5M. APLICAR CUADROS GEOMECÁNICOS YA ESTABLECIDOS A NIVEL INTERNACIONAL Y VER LA APLICABILIDAD DEL MEJOR TIPO DE SOSTENIMIENTO A BASE DE UN BENEFICIO ECONÓMICO.

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: HANS EVANOF BARÓN CÓNDOR DNI: 77159538  
Grado académico: ING. DE MINAS Centro de Trabajo: C.I.A. MINERA PODEROSA

Firma:



HANS EVANOF BARÓN CÓNDOR  
INGENIERO DE MINAS  
REG. CIP 253462

Fecha: 02/06/2022



FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO  
(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

ESTUDIO GEOMECANICO PARA DETERMINAR EL ADECUADO SOSTENIMIENTO EN EL NIVEL 2410 SANTA MARIA- PATAZ

1.2 Investigador (a) (es): Herrera diaz; Victor

Silva gonzales; Andrea

2. ASPECTOS A VALIDAR:

| Indicadores     | Criterios  | Deficiente<br>0-20 | Baja<br>21-40 | Regular<br>41-60 | Buena<br>61-80 | Muy<br>buena<br>81-100 |
|-----------------|--|--------------------|---------------|------------------|----------------|------------------------|
| Claridad        | Está formulado con lenguaje apropiado                          |                    |               |                  | ▲              |                        |
| Objetividad     | Está expresado en conductas observables                        |                    |               |                  |                | ▲                      |
| Actualidad      | Adecuado al avance de la ciencia y tecnología                  |                    |               |                  |                | ▲                      |
| Organización    | Existe una organización lógica                                 |                    |               |                  |                | ▲                      |
| Suficiencia     | Comprende los aspectos en cantidad y calidad                   |                    |               |                  |                | ▲                      |
| Intencionalidad | Adecuado para valorar aspectos de la estrategias               |                    |               |                  | ▲              |                        |
| Consistencia    | Basado en aspectos teóricos científicos                        |                    |               |                  |                | ▲                      |
| Coherencia      | Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores |                    |               |                  |                | ▲                      |
| Metodología     | La estrategia responde al propósito del diagnóstico            |                    |               |                  |                | ▲                      |
| Pertinencia     | Es útil y adecuado para la investigación                       |                    |               |                  |                | ▲                      |

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 89

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

Es aplicable porque concuerdan los ítems.

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Mauro Salvador Paico

Grado académico: Magister

DNI: 45454682

Centro de Trabajo: SERGEOING SRL

Firma:

Fecha: 03/06/2022

Firma: .....

MAURO SALVADOR PAICO  
INGENIERO GEOLÓGO  
Reg. CIP N° 199593

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO  
(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación: ESTUDIO GEOMECÁNICO PARA DETERMINAR EL ADECUADO SOSTENIMIENTO EN EL NIVEL 2410 SANTA MARÍA- PATAZ

1.2 Investigador (a) (es): HERRERA DIAZ ; VICTOR SILVA GONZALES; ANDREA

2. ASPECTOS A VALIDAR:

| Indicadores     | Criterios  | Deficiente<br>0-20 | Baja<br>21-40 | Regular<br>41-60 | Buena<br>61-80 | Muy buena<br>81-100 |
|-----------------|--|--------------------|---------------|------------------|----------------|---------------------|
| Claridad        | Está formulado con lenguaje apropiado                          |                    |               |                  | 65             |                     |
| Objetividad     | Está expresado en conductas observables                        |                    |               |                  | 65             |                     |
| Actualidad      | Adecuado al avance de la ciencia y tecnología                  |                    |               | 50               |                |                     |
| Organización    | Existe una organización lógica                                 |                    |               |                  | 65             |                     |
| Suficiencia     | Comprende los aspectos en cantidad y calidad                   |                    |               |                  | 61             |                     |
| Intencionalidad | Adecuado para valorar aspectos de la estrategias               |                    |               |                  | 65             |                     |
| Consistencia    | Basado en aspectos teóricos científicos                        |                    |               |                  | 65             |                     |
| Coherencia      | Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores |                    |               |                  | 65             |                     |
| Metodología     | La estrategia responde al propósito del diagnóstico            |                    |               | 50               |                |                     |
| Pertinencia     | Es útil y adecuado para la investigación                       |                    |               |                  | 65             |                     |

PROMEDIO DE VALORACIÓN

61.6

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

...Es aplicable.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Liliana castro Zavaleta DNI 43803365

Grado académico: Ingeniera Centro de Trabajo: Universidad cesar valle jo

Firma:



*Liliana*

## ANEXO N° 12

### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(Nombre del instrumento)

Experto: ING. DE MINAS HANS EVANOF BARÓN CÓNDOR

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: C.I.A. MINERA PODEROSA – SUP. DE OPERACIONES MINA

Dirección: PATAZ - PATAZ

e-mail: hbaroncondor@gmail.com Teléfono: 935787876

| Nº | PREGUNTAS   | DEFICIENTE<br>0-25 | REGULAR<br>26-50 | BUENA<br>51-75 | MUY BUENA<br>76-100 |
|----|---|--------------------|------------------|----------------|---------------------|
| 01 | ¿El instrumento responde al título del proyecto de investigación?                               |                    |                  |                | X                   |
| 02 | ¿El instrumento responde a los objetivos de investigación?                                      |                    |                  |                | X                   |
| 03 | ¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento? |                    |                  |                | X                   |
| 04 | ¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?                              |                    |                  |                | X                   |
| 05 | ¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?                         |                    |                  |                | X                   |
| 06 | ¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?   |                    |                  |                | X                   |
| 07 | ¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?  |                    |                  |                | X                   |
| 08 | ¿Existe coherencia entre variables e ítems?   |                    |                  |                | X                   |
| 09 | ¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?   |                    |                  |                | X                   |
| 10 | ¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?                               |                    |                  |                | x                   |

Opinión de Aplicabilidad:

LOS INSTRUMENTOS ESTABLECIDOS POR LOS INVESTIGADORES SI CUMPLEN CON LOS ITEMS Y PARÁMETROS ADECUADOS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS INSITU DEL MACISO ROCOSO.



HANS EVANOF BARÓN CÓNDOR  
INGENIERO DE MINAS  
REG CIP 253462

HANS EVANOF BARÓN CÓNDOR

DNI N° 77159538

Fecha: 02/06/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(Nombre del instrumento)

Experto: Dr. (Mg.) MAURO SALVADOR PAICO

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: EMPRESA SERGEOING SRL

Dirección: Mz. I-Lt.06 Urbanización San Antonio

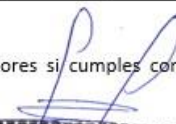
e-mail: maurosalpai@hotmail.com

Teléfono:947801456

| Nº | PREGUNTAS   | DEFICIENTE<br>0-25 | REGULAR<br>26-50 | BUENA<br>51-75 | MUY BUENA<br>76-100 |
|----|---|--------------------|------------------|----------------|---------------------|
| 01 | ¿El instrumento responde al título del proyecto de investigación?                               |                    |                  |                | ↙                   |
| 02 | ¿El instrumento responde a los objetivos de investigación?                                      |                    |                  |                | ↙                   |
| 03 | ¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento? |                    |                  |                | ↙                   |
| 04 | ¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?                              |                    |                  |                | ↙                   |
| 05 | ¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?                         |                    |                  |                | ↙                   |
| 06 | ¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?   |                    |                  |                | ↙                   |
| 07 | ¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?  |                    |                  |                | ↙                   |
| 08 | ¿Existe coherencia entre variables e ítems?   |                    |                  |                | ↙                   |
| 09 | ¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?   |                    |                  | ↙              |                     |
| 10 | ¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?                               |                    |                  |                | ↙                   |

Opinión de Aplicabilidad:

Es aplicable , los instrumentos establecidos por los investigadores si cumplen con los ítems y parámetros adecuados |

  
 Nombre y firma del Experto Validador  
 MAURO SALVADOR PAICO  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 DNI N° 45454882  
 Reg. C.º N° 199593  
 Fecha: 03/06/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(Nombre del instrumento)

Experto: Dr. (Mg) Liliana Castro Zavaleta

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Universidad César Vallejo

Dirección:

e-mail: [ccastrozav@ucvvirtual.edu.pe](mailto:ccastrozav@ucvvirtual.edu.pe) Teléfono: .....\_\_\_\_\_

| Nº | PREGUNTAS   | DEFICIENTE<br>0-25 | REGULAR<br>26-50 | BUENA<br>51-75 | MUY BUENA<br>76-100 |
|----|---|--------------------|------------------|----------------|---------------------|
| 01 | ¿El instrumento responde al título del proyecto de investigación?                               |                    |                  | x              |                     |
| 02 | ¿El instrumento responde a los objetivos de investigación?                                      |                    |                  | x              |                     |
| 03 | ¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento? |                    |                  | x              |                     |
| 04 | ¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?                              |                    |                  | x              |                     |
| 05 | ¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?                         |                    |                  | x              |                     |
| 06 | ¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?   |                    |                  | x              |                     |
| 07 | ¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?  |                    |                  | x              |                     |
| 08 | ¿Existe coherencia entre variables e ítems?   |                    |                  | x              |                     |
| 09 | ¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?   |                    |                  | x              |                     |
| 10 | ¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?                               |                    |                  | x              |                     |

Opinión de Aplicabilidad:

Es aplicable



*Liliana C.*

Nombre y firma del Experto Validador

DNI N° 43803365

Fecha: 04/06/22

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS  
JUICIO DE EXPERTOS

## I. DATOS GENERALES

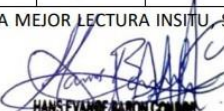
- Apellidos y Nombres del experto: BARÓN CÓNDOR, HANS EVANOF
- Grado Académico: ING. DE MINAS
- Institución donde labora: C.I.A. MINERA PODEROSA
- Dirección: CALLE CHICLAYO 834 Teléfono: 935787876 Email: hbaroncondor@gmail.com
- Autor (es) del Instrumento:

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| Nº | INDICADORES   | Deficiente | Bajo | Regular | Bueno | Muy Bueno |
|----|---|------------|------|---------|-------|-----------|
|    |   | 1          | 2    | 3       | 4     | 5         |
| 1  | El instrumento considera la definición conceptual de la variable    |            |      |         |       | X         |
| 2  | El instrumento considera la definición procedimental de la variable |            |      |         |       | X         |
| 3  | El instrumento tiene en cuenta la operacionalización de la variable |            |      |         |       | X         |
| 4  | Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable            |            |      |         |       | X         |
| 5  | Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores      |            |      |         |       | X         |
| 6  | El instrumento persigue los fines del objetivo general              |            |      |         |       | X         |
| 7  | El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos      |            |      |         |       | X         |
| 8  | Las preguntas o ítems miden realmente la variable                   |            |      |         |       | X         |
| 9  | Las preguntas o ítems están redactadas claramente                   |            |      |         |       | X         |
| 10 | Las preguntas siguen un orden lógico                                |            |      |         |       | X         |
| 11 | El N° de ítems que cubre cada indicador es el correcto              |            |      |         |       | X         |
| 12 | La estructura del instrumento es la correcta                        |            |      |         |       | X         |
| 13 | Los puntajes de calificación son adecuados                          |            |      |         |       | X         |
| 14 | La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta      |            |      |         |       | x         |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: TENER SIEMPRE EN CUENTA LOS PARÁMETROS GEOMECÁNICOS PARA UNA MEJOR LECTURA INSITU. SE RECOMIENDA COMO PRIMERA LECTURA EL RQD Y POSTERIORMENTE EL RMR Fecha: 02/06/2022

IV. Promedio de Valoración: 5

  
HANS EVANOFO BARÓN CONDOR

INGENIERO DE MINAS  
REG. CIP. 253462  
DNI N°77159538

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS  
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Paico Salvador Mauro
- Grado Académico: Magister en Ingeniería de Geológica Aplicada a Obras Civiles y Geotécnicas.
- Institución donde labora: Universidad César Vallejo
- Dirección: Pimentel Km 3.5      Teléfono: 947801456      Email: maurosalpai@hotmail.com
- Autor (es) del Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| Nº | INDICADORES   | Deficiente | Bajo | Regular | Bueno | Muy Bueno |
|----|---|------------|------|---------|-------|-----------|
|    |   | 1          | 2    | 3       | 4     | 5         |
| 1  | El instrumento considera la definición conceptual de la variable    |            |      |         |       | ↙         |
| 2  | El instrumento considera la definición procedimental de la variable |            |      |         | ↙     |           |
| 3  | El instrumento tiene en cuenta la operacionalización de la variable |            |      |         |       | ↙         |
| 4  | Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable            |            |      |         |       | ↙         |
| 5  | Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores      |            |      |         |       | ↙         |
| 6  | El instrumento persigue los fines del objetivo general              |            |      |         |       | ↙         |
| 7  | El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos      |            |      |         |       | ↙         |
| 8  | Las preguntas o ítems miden realmente la variable                   |            |      |         |       | ↙         |
| 9  | Las preguntas o ítems están redactadas claramente                   |            |      |         |       | ↙         |
| 10 | Las preguntas siguen un orden lógico                                |            |      |         |       | ↙         |
| 11 | El Nº de ítems que cubre cada indicador es el correcto              |            |      |         |       | ↙         |
| 12 | La estructura del instrumento es la correcta                        |            |      |         |       | ↙         |
| 13 | Los puntajes de calificación son adecuados                          |            |      |         |       | ↙         |
| 14 | La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta      |            |      |         |       | ↙         |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: ..... Fecha: 03/06/2022

IV. Promedio de Valoración: 4.9

Mg.

MAURO SALVADOR PAICO  
INGENIERO GEOLOGO  
Reg. CIP Nº 199593

DNI Nº454546

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS  
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Castro Zavaleta, Liliana
- Grado Académico: Magister en Dirección de Proyectos
- Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- Dirección: Pimentel- Chiclayo Teléfono: .....-\_\_\_\_ Email: [ccastrozav@ucvvirtual.edu.pe](mailto:ccastrozav@ucvvirtual.edu.pe)
- Autor (es) del Instrumento: Herrera Diaz, Víctor  
Silva Gonzales, Andrea

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| Nº | INDICADORES   | Deficiente | Bajo | Regular | Bueno | Muy Bueno |
|----|---|------------|------|---------|-------|-----------|
|    |   | 1          | 2    | 3       | 4     | 5         |
| 1  | El instrumento considera la definición conceptual de la variable    |            |      |         | X     |           |
| 2  | El instrumento considera la definición procedimental de la variable |            |      |         | X     |           |
| 3  | El instrumento tiene en cuenta la operacionalización de la variable |            |      |         | X     |           |
| 4  | Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable            |            |      |         | X     |           |
| 5  | Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores      |            |      |         | X     |           |
| 6  | El instrumento persigue los fines del objetivo general              |            |      |         | X     |           |
| 7  | El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos      |            |      |         | X     |           |
| 8  | Las preguntas o ítems miden realmente la variable                   |            |      |         | X     |           |
| 9  | Las preguntas o ítems están redactadas claramente                   |            |      |         | X     |           |
| 10 | Las preguntas siguen un orden lógico                                |            |      |         | X     |           |
| 11 | El N° de ítems que cubre cada indicador es el correcto              |            |      |         | X     |           |
| 12 | La estructura del instrumento es la correcta                        |            |      |         | X     |           |
| 13 | Los puntajes de calificación son adecuados                          |            |      |         | X     |           |
| 14 | La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta      |            |      |         | X     |           |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: ..... Fecha: 04/06/2022

IV. Promedio de Valoración: 56




*Liliana C.*

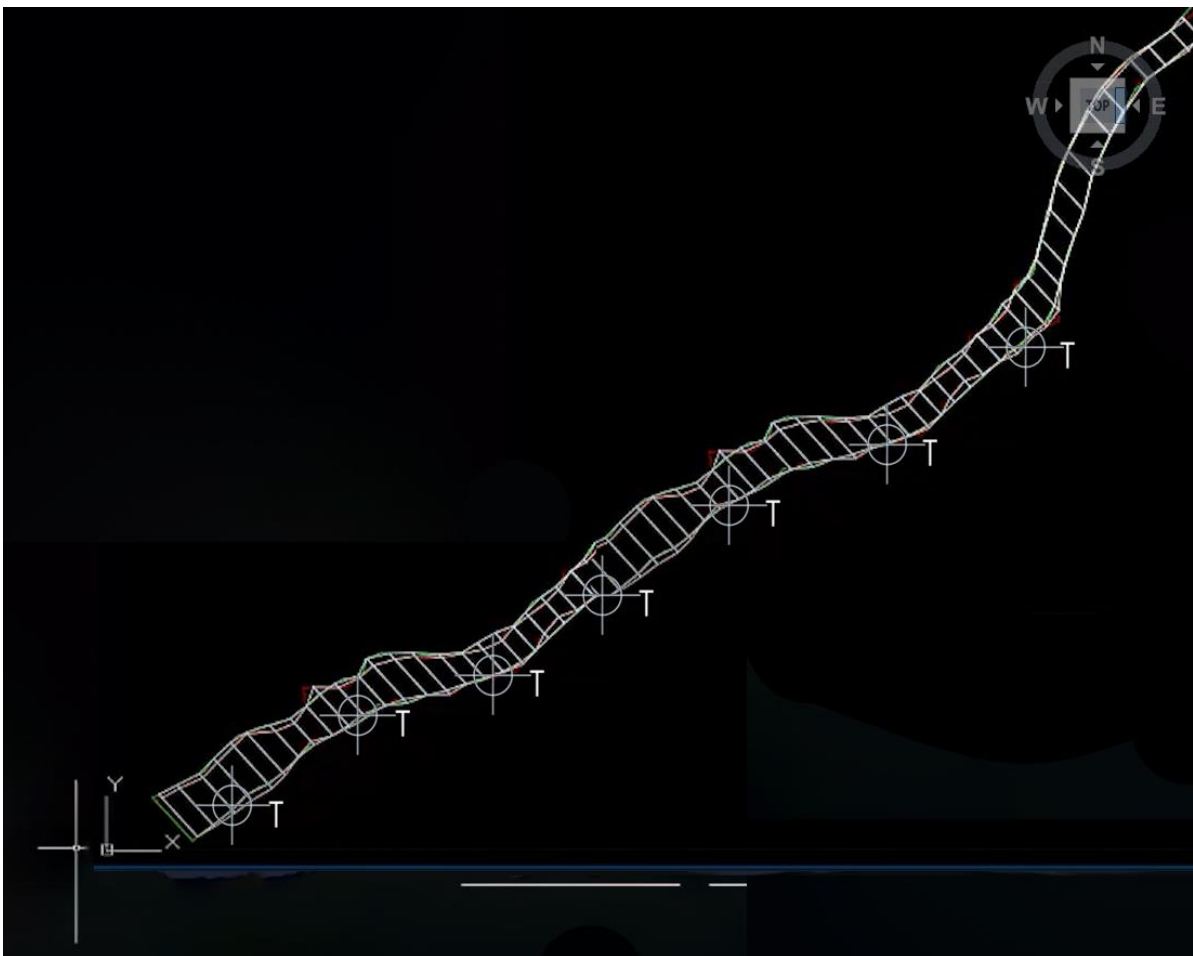
Mg DNI N° 43803365



Cartilla geomecánica del Índice de esfuerzo geológico (GSI)

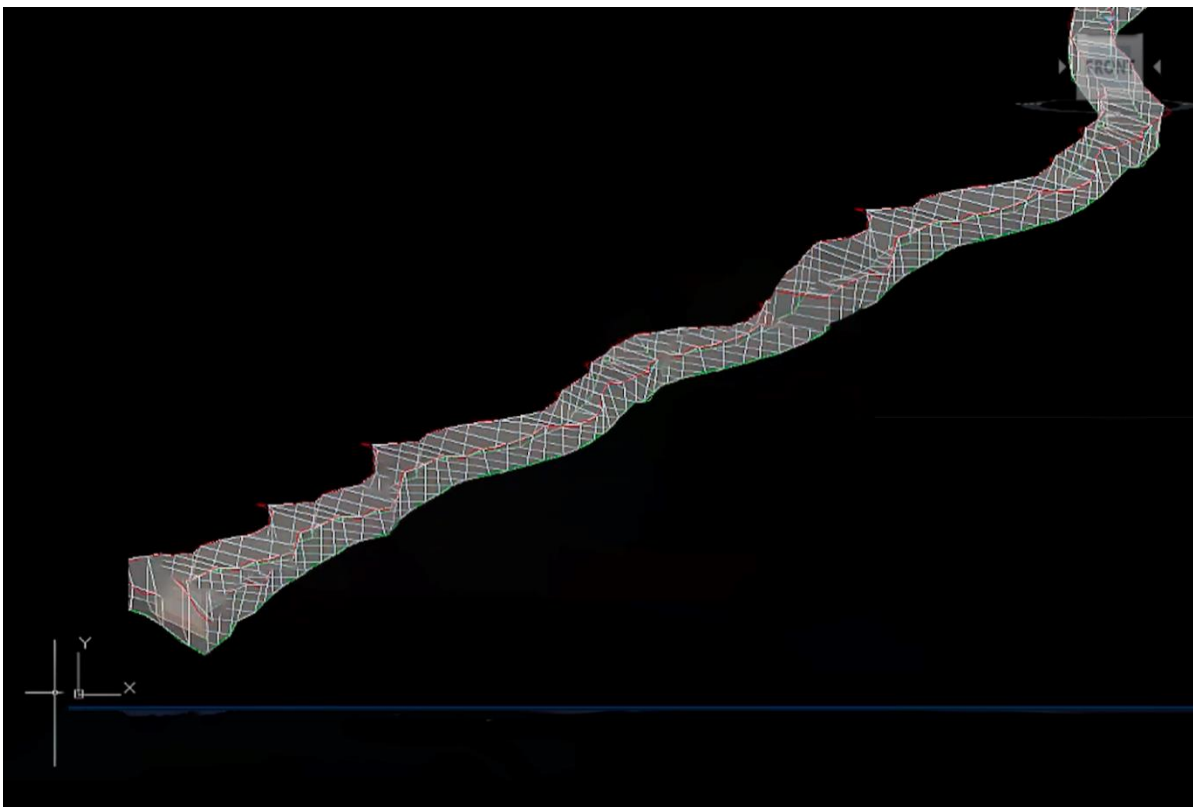
|       |   | <b>CARTILLA GEOMECÁNICA</b> <span style="float: right; font-size: small;">Rev. 02</span> |                            |                                       |              |
|--|---|--|----------------------------|---------------------------------------|--------------|
|  |   | <b>LABORES DE EXPLOTACIÓN Y AVANCES</b>  |                            |                                       |              |
| Índice de Resistencia Geológica (GSI)  |   | Condición Superficial (Golpes de picota)   |                            |                                       |              |
|  |   | Se Rompe   | Se Rompe                   | Se Rompe                              | Se Indenta   |
| <b>ESTRUCTURA</b><br>Grado de fracturamiento   |   | Con 3 o mas Golpes de Picota   | Con 1 o 2 Golpes de Picota | Superficialmente con golpes de Picota | Mas de 5 mm. |
| Se basa en la cantidad de fracturas por metro cuadrado, medidos insitu con flexometro. |   | <b>B</b>   | <b>R</b>                   | <b>P</b>                              | <b>MP</b>    |
|  |   | Buena  | Regular                    | Pobre                                 | Muy Pobre    |
| Condición Estructural - Fracturas/m <sup>2</sup>                                       | 2 a 5<br>LF<br>Levemente Fracturada     | A<br>LF/B  | B<br>LF/R                  | -                                     | -            |
|  | 6 a 11<br>F<br>Moderadamente Fracturada | B<br>F/B   | B<br>F/R                   | C<br>F/P                              | -            |
|  | 12 a 20<br>MF<br>Muy Fracturada         | B<br>MF/B  | C<br>MF/R                  | D<br>MF/P                             | E<br>MF/MP   |
|  | >20<br>IF<br>Intensamente Fracturada    | -  | D<br>IF/R                  | E<br>IF/P                             | F<br>IF/MP   |

Vista de planta del nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María



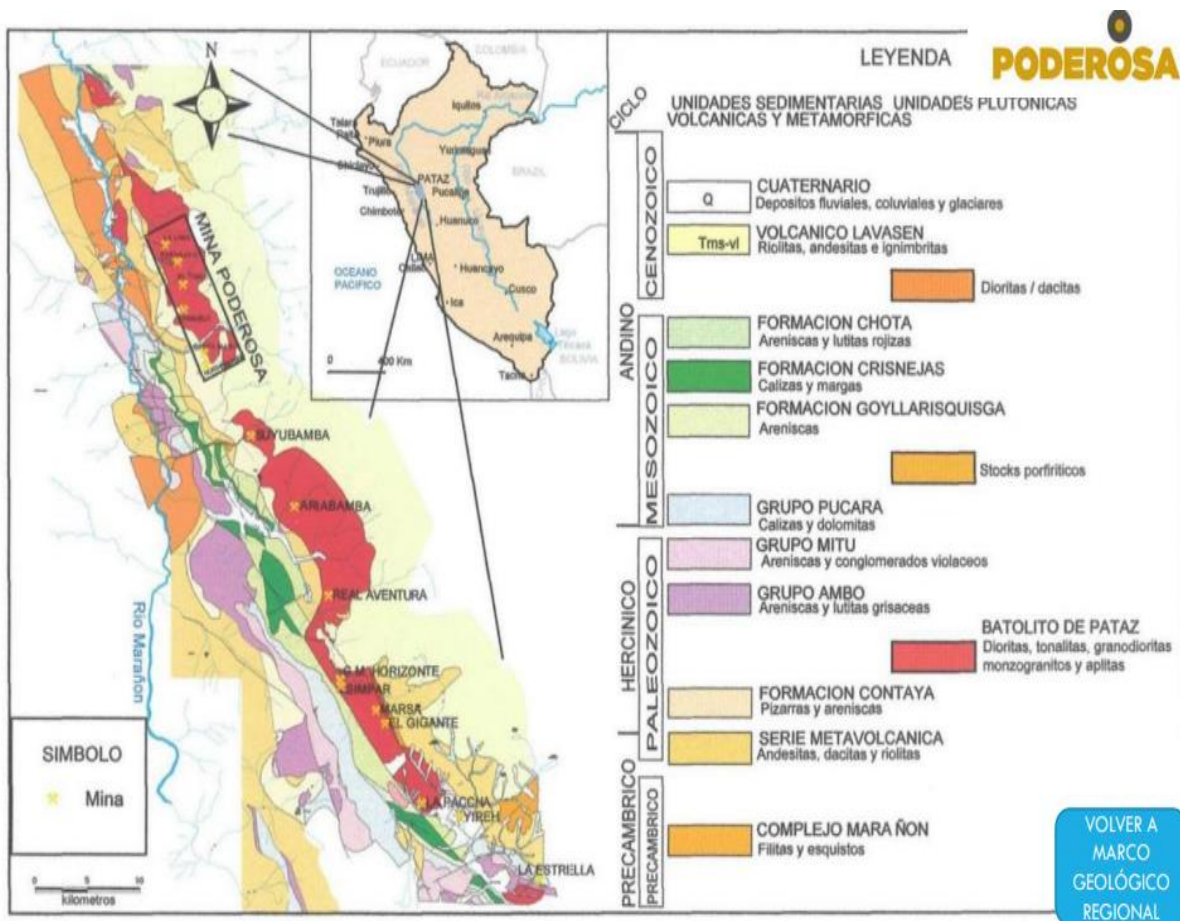
Fuente: Elaboración propia

Vista de perfil del nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María



Fuente: Elaboración propia

Levantamiento Geológico



Fuente: Elaboración propia

Extracción de testigo



Fuente: Elaboración propia

Extracción de testigo en laboratorio de la universidad Cesar Vallejo



Fuente: Elaboración propia

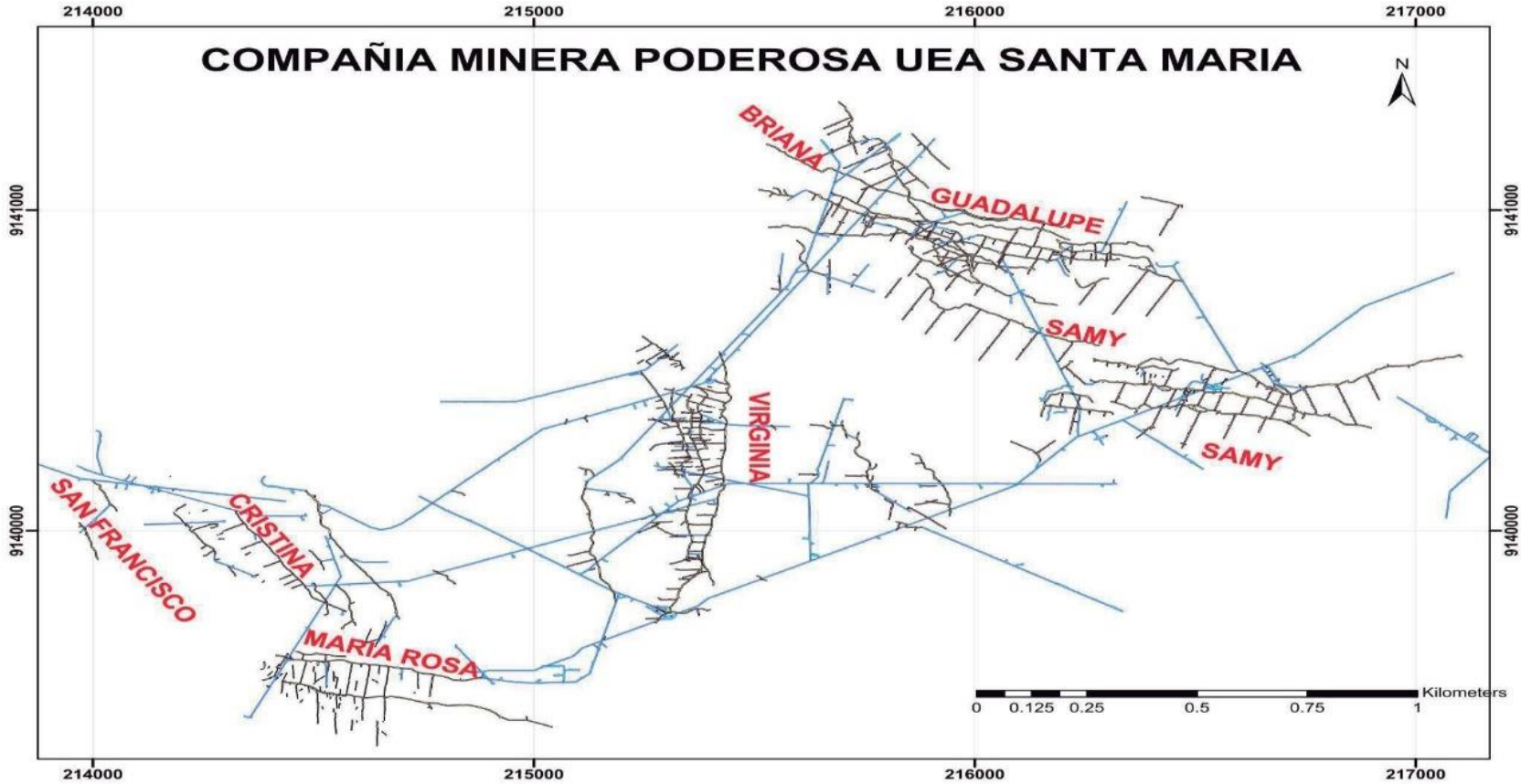
Nivel 2410 unidad de producción Santa María



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 21

Vetas de la unidad de producción Santa María



Fuente: La poderosa



Sostenimiento activo en labor del nivel 2410



## Cálculo del RQD

$$RQD = 15 - (3.3)Jv$$

**Donde:**

Jv: Numero de discontinuidad por m<sup>2</sup>

Estación 01:

$$RQD = 15 - (3.3) * 12$$
$$RQD = 75$$

Estación 02:

$$RQD = 15 - (3.3) * 18$$
$$RQD = 56$$

Estación 03:

$$RQD = 15 - (3.3) * 12$$
$$RQD = 75$$

Estación 04:

$$RQD = 15 - (3.3) * 14$$
$$RQD = 69$$

Estación 05:

$$RQD = 15 - (3.3) * 16$$
$$RQD = 62$$

Estación 06:

$$RQD = 15 - (3.3) * 13$$
$$RQD = 72$$

Estación 07:

$$RQD = 15 - (3.3) * 15$$
$$RQD = 66$$

## Cálculo del Q de Barton

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

Donde:

RQD: Índice de calidad de la roca

Jn: Número de familias.

Jr: Coeficiente de rugosidad de la junta.

Ja: Coeficiente de Alteración de la junta.

Jw: Coeficiente reducción por la presencia de agua.

SRF: Factor reductor por tensiones en el macizo rocoso.

**Estación 01:**

$$Q = \frac{75}{4} * \frac{3}{1} * \frac{1}{7.5}$$

$$Q = 7.5$$

**Estación 02:**

$$Q = \frac{56}{4} * \frac{3}{1} * \frac{1}{7.5}$$

$$Q = 5.6$$

**Estación 03:**

$$Q = \frac{75}{4} * \frac{2}{1} * \frac{1}{7.5}$$

$$Q = 5$$

**Estación 04:**

$$Q = \frac{69}{4} * \frac{3}{1} * \frac{1}{7.5}$$

$$Q = 6.9$$

**Estación 05:**

$$Q = \frac{7562}{4} * \frac{3}{1} * \frac{1}{7.5}$$

$$Q = 6.2$$

**Estación 06:**

$$Q = \frac{72}{4} * \frac{3}{1} * \frac{1}{7.5}$$

$$Q = 7.2$$

**Estación 07:**

$$Q = \frac{66}{4} * \frac{3}{1} * \frac{1}{7.5}$$

$$Q = 6.6$$

**ANEXO N° 25**

**Cálculo del RMR**

| GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO N° 01 |  |                          |                            |                    |                         |         |
|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------|
| Est-01                             | Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz |                          |                            |                    |                         |         |
| RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA     |  |                          |                            |                    |                         |         |
| Índice de carga puntual            | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | >10 Mpa (15)   | 4-10 Mpa (12)            | 2-4 Mpa (7)                | 1-2 Mpa (4)        | 7                       |         |
| RQD                                | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | 90% - 100  |                          |                            |                    | 20                      |         |
|                                    | 75% - 90%  |                          |                            |                    | 17                      |         |
|                                    | 50% - 75%  |                          |                            |                    | 13                      |         |
|                                    | 25% - 50%  |                          |                            |                    | 8                       |         |
| <25%                               |  |                          |                            | 3                  |                         |         |
| ESPACIO ENTRE DISCONTINUIDADES     | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | >2m (20)   | 0.6 - 2m (15)            | 0.2 - 0.6m (10)            | 0.06 - 0.2m (8)    | <0.06m (5)              | 10      |
| ESTADO DE DISCONTINUIDADES         |  |                          |                            |                    |                         |         |
| Long. Discontinuidad               | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | <1m (6)  | 1.3m (4)                 | 3-10m (2)                  | 10-20 (1)          | >20m (0)                | 6       |
| Abertura                           | Nada (6)   | 0.1mm (5)                | 0.1-1mm (4)                | 1-5mm (1)          | >5mm (0)                | 4       |
| Rugosidad                          | Muy Rugosa (6)   | Rugosa (5)               | Ligeramente Rugosa (3)     | Ondulada (1)       | Suave (0)               | 3       |
| Relleno                            | Ninguno (6)  | Relleno duro (4)         | Relleno duro >5mm (2)      | Relleno blando (2) | Relleno blando >5mm (0) | 4       |
| Alteración                         | Inalterada (6)   | Ligeramente alterada (5) | Moderadamente alterada (3) | Muy alterada (1)   | Descompuesta (0)        | 5       |
| AGUA SUBTERRÁNEA                   | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | Nulo (15)  | 10 lt/min (10)           | 10-25 lt/min (7)           | 25-15 lt/min (4)   | >125 lt/min (0)         | 10      |
| CORRECIÓN POR DISCONTINUIDADES     |  |                          |                            |                    |                         |         |
| DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO            | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | Muy favorable (0)  | Favorable (-2)           | Medias (-5)                | Desfavorable (-10) | Muy desfavorable (-12)  | -5      |
| CLASIFICACIÓN RMR                  | CLASE  |                          | CALIDAD DE ROCA            |                    | RMR                     | PUNTAJE |
|                                    | I  |                          | Muy buena                  |                    | 81 - 100                | 61      |
|                                    | II   |                          | Buena                      |                    | 61 - 80                 |         |
|                                    | III  |                          | Medias (-5)                |                    | 41 - 60                 |         |
|                                    | IV   |                          | Mala                       |                    | 21 - 40                 |         |
| V                                  |  | Muy mala                 |                            | 0 - 20             |                         |         |

**Sumatoria de puntajes:**

$$RMR = 7 + 17 + 10 + 6 + 4 + 3 + 4 + 5 + 10$$

$$RMR = 66$$

**RMR corregido:**

$$RMR = 66 - 5$$

$$RMR = 61$$

| GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO N° 01 |  |                          |                            |                    |                         |         |
|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------|
| Est-02                             | Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz |                          |                            |                    |                         |         |
| RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA     |  |                          |                            |                    |                         |         |
| Índice de carga puntual            | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    | PUNTAJE                 |         |
|                                    | >10 Mpa (15)   | 4-10 Mpa (12)            | 2-4 Mpa (7)                | 1-2 Mpa (4)        | 7                       |         |
| RQD                                | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    | PUNTAJE                 |         |
|                                    | 90% - 100  |                          |                            |                    | 20                      |         |
|                                    | 75% - 90%  |                          |                            |                    | 17                      |         |
|                                    | 50% - 75%  |                          |                            |                    | 13                      |         |
|                                    | 25% - 50%  |                          |                            |                    | 8                       |         |
| <25%                               |  |                          |                            | 3                  |                         |         |
| ESPACIO ENTRE DISCONTINUIDADES     | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    | PUNTAJE                 |         |
|                                    | >2m (20)   | 0.6 - 2m (15)            | 0.2 - 0.6m (10)            | 0.06 - 0.2m (8)    | <0.06m (5)              | 8       |
| ESTADO DE DISCONTINUIDADES         |  |                          |                            |                    |                         |         |
| Long. Discontinuidad               | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    | PUNTAJE                 |         |
|                                    | <1m (6)  | 1.3m (4)                 | 3-10m (2)                  | 10-20 (1)          | >20m (0)                | 4       |
| Abertura                           | Nada (6)   | 0.1mm (5)                | 0.1-1mm (4)                | 1-5mm (1)          | >5mm (0)                | 4       |
| Rugosidad                          | Muy Rugosa (6)   | Rugosa (5)               | Ligeramente Rugosa (3)     | Ondulada (1)       | Suave (0)               | 3       |
| Relleno                            | Ninguno (6)  | Relleno duro (4)         | Relleno duro >5mm (2)      | Relleno blando (2) | Relleno blando >5mm (0) | 4       |
| Alteración                         | Inalterada (6)   | Ligeramente alterada (5) | Moderadamente alterada (3) | Muy alterada (1)   | Descompuesta (0)        | 5       |
| AGUA SUBTERRÁNEA                   | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    | PUNTAJE                 |         |
|                                    | Nulo (15)  | 10 lt/min (10)           | 10-25 lt/min (7)           | 25-15 lt/min (4)   | >125 lt/min (0)         | 10      |
| CORRECIÓN POR DISCONTINUIDADES     |  |                          |                            |                    |                         |         |
| DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO            | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    | PUNTAJE                 |         |
|                                    | Muy favorable (0)  | Favorable (-2)           | Medias (-5)                | Desfavorable (-10) | Muy desfavorable (-12)  | -5      |
| CLASIFICACIÓN RMR                  | CLASE  |                          | CALIDAD DE ROCA            |                    | RMR                     | PUNTAJE |
|                                    | I  |                          | Muy buena                  |                    | 81 - 100                | 53      |
|                                    | II   |                          | Buena                      |                    | 61 - 80                 |         |
|                                    | III  |                          | Medias (-5)                |                    | 41 - 60                 |         |
|                                    | IV   |                          | Mala                       |                    | 21 - 40                 |         |
| V                                  |  | Muy mala                 |                            | 0 - 20             |                         |         |

**Sumatoria de puntajes:**

$$RMR = 7 + 13 + 8 + 4 + 4 + 3 + 4 + 5 + 10$$

$$RMR = 58$$

**RMR corregido:**

$$RMR = 58 - 5$$

$$RMR = 53$$

| GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO N° 01 |  |                          |                            |                    |                         |          |
|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------|
| Est-03                             | Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz |                          |                            |                    |                         |          |
| RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA     |  |                          |                            |                    |                         |          |
| Índice de carga puntual            | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | >10 Mpa (15)   | 4-10 Mpa (12)            | 2-4 Mpa (7)                | 1-2 Mpa (4)        |                         | 12       |
| RQD                                | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | 90% - 100  |                          |                            |                    |                         | 20       |
|                                    | 75% - 90%  |                          |                            |                    |                         | 17       |
|                                    | 50% - 75%  |                          |                            |                    |                         | 13       |
|                                    | 25% - 50%  |                          |                            |                    |                         | 8        |
| <25%                               |  |                          |                            |                    | 3                       |          |
| ESPACIO ENTRE DISCONTINUIDADES     | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | >2m (20)   | 0.6 - 2m (15)            | 0.2 - 0.6m (10)            | 0.06 - 0.2m (8)    | <0.06m (5)              | 10       |
| ESTADO DE DISCONTINUIDADES         |  |                          |                            |                    |                         |          |
|                                    | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Long. Discontinuidad   | <1m (6)                  | 1.3m (4)                   | 3-10m (2)          | 10-20 (1)               | >20m (0) |
| Abertura                           | Nada (6)   | 0.1mm (5)                | 0.1-1mm (4)                | 1-5mm (1)          | >5mm (0)                | 4        |
| Rugosidad                          | Muy Rugosa (6)   | Rugosa (5)               | Ligeramente Rugosa (3)     | Ondulada (1)       | Suave (0)               | 3        |
| Relleno                            | Ninguno (6)  | Relleno duro (4)         | Relleno duro >5mm (2)      | Relleno blando (2) | Relleno blando >5mm (0) | 4        |
| Alteración                         | Inalterada (6)   | Ligeramente alterada (5) | Moderadamente alterada (3) | Muy alterada (1)   | Descompuesta (0)        | 5        |
| AGUA SUBTERRÁNEA                   | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Nulo (15)  | 10 lt/min (10)           | 10-25 lt/min (7)           | 25-15 lt/min (4)   | >125 lt/min (0)         | 10       |
| CORRECIÓN POR DISCONTINUIDADES     |  |                          |                            |                    |                         |          |
| DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO            | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Muy favorable (0)  | Favorable (-2)           | Medias (-5)                | Desfavorable (-10) | Muy desfavorable (-12)  | -5       |
| CLASIFICACIÓN RMR                  | CLASE  |                          | CALIDAD DE ROCA            |                    | RMR                     | PUNTAJE  |
|                                    | I  |                          | Muy buena                  |                    | 81 - 100                | 64       |
|                                    | II   |                          | Buena                      |                    | 61 - 80                 |          |
|                                    | III  |                          | Medias (-5)                |                    | 41 - 60                 |          |
|                                    | IV   |                          | Mala                       |                    | 21 - 40                 |          |
| V                                  |  | Muy mala                 |                            | 0 - 20             |                         |          |

**Sumatoria de puntajes:**

$$RMR = 12 + 17 + 10 + 4 + 4 + 3 + 4 + 5 + 10$$

$$RMR = 69$$

**RMR corregido:**

$$RMR = 69 - 5$$

$$RMR = 64$$

| GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO N° 01 |  |                          |                            |                    |                         |          |
|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------|
| Est-04                             | Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz |                          |                            |                    |                         |          |
| RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA     |  |                          |                            |                    |                         |          |
| Índice de carga puntual            | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | >10 Mpa (15)   | 4-10 Mpa (12)            | 2-4 Mpa (7)                | 1-2 Mpa (4)        |                         | 12       |
| RQD                                | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | 90% - 100  |                          |                            |                    |                         | 20       |
|                                    | 75% - 90%  |                          |                            |                    |                         | 17       |
|                                    | 50% - 75%  |                          |                            |                    |                         | 13       |
|                                    | 25% - 50%  |                          |                            |                    |                         | 8        |
| <25%                               |  |                          |                            |                    | 3                       |          |
| ESPACIO ENTRE DISCONTINUIDADES     | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | >2m (20)   | 0.6 - 2m (15)            | 0.2 - 0.6m (10)            | 0.06 - 0.2m (8)    | <0.06m (5)              | 10       |
| ESTADO DE DISCONTINUIDADES         |  |                          |                            |                    |                         |          |
|                                    | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Long. Discontinuidad   | <1m (6)                  | 1.3m (4)                   | 3-10m (2)          | 10-20 (1)               | >20m (0) |
| Abertura                           | Nada (6)   | 0.1mm (5)                | 0.1-1mm (4)                | 1-5mm (1)          | >5mm (0)                | 4        |
| Rugosidad                          | Muy Rugosa (6)   | Rugosa (5)               | Ligeramente Rugosa (3)     | Ondulada (1)       | Suave (0)               | 3        |
| Relleno                            | Ninguno (6)  | Relleno duro (4)         | Relleno duro >5mm (2)      | Relleno blando (2) | Relleno blando >5mm (0) | 6        |
| Alteración                         | Inalterada (6)   | Ligeramente alterada (5) | Moderadamente alterada (3) | Muy alterada (1)   | Descompuesta (0)        | 5        |
| AGUA SUBTERRÁNEA                   | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Nulo (15)  | 10 lt/min (10)           | 10-25 lt/min (7)           | 25-15 lt/min (4)   | >125 lt/min (0)         | 10       |
| CORRECIÓN POR DISCONTINUIDADES     |  |                          |                            |                    |                         |          |
| DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO            | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Muy favorable (0)  | Favorable (-2)           | Medias (-5)                | Desfavorable (-10) | Muy desfavorable (-12)  | -5       |
| CLASIFICACIÓN RMR                  | CLASE  |                          | CALIDAD DE ROCA            |                    | RMR                     | 62       |
|                                    | I  |                          | Muy buena                  |                    | 81 - 100                |          |
|                                    | II   |                          | Buena                      |                    | 61 - 80                 |          |
|                                    | III  |                          | Medias (-5)                |                    | 41 - 60                 |          |
|                                    | IV   |                          | Mala                       |                    | 21 - 40                 |          |
| V                                  |  | Muy mala                 |                            | 0 - 20             |                         |          |

**Sumatoria de puntajes:**

$$RMR = 12 + 13 + 10 + 4 + 4 + 3 + 6 + 5 + 10$$

$$RMR = 67$$

**RMR corregido:**

$$RMR = 67 - 5$$

$$RMR = 62$$



| GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO N° 01 |  |                          |                            |                    |                         |          |
|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------|
| Est-05                             | Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz |                          |                            |                    |                         |          |
| RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA     |  |                          |                            |                    |                         |          |
| Índice de carga puntual            | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | >10 Mpa (15)   | 4-10 Mpa (12)            | 2-4 Mpa (7)                | 1-2 Mpa (4)        |                         | 12       |
| RQD                                | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | 90% - 100  |                          |                            |                    |                         | 20       |
|                                    | 75% - 90%  |                          |                            |                    |                         | 17       |
|                                    | 50% - 75%  |                          |                            |                    |                         | 13       |
|                                    | 25% - 50%  |                          |                            |                    |                         | 8        |
| <25%                               |  |                          |                            |                    | 3                       |          |
| ESPACIO ENTRE DISCONTINUIDADES     | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | >2m (20)   | 0.6 - 2m (15)            | 0.2 - 0.6m (10)            | 0.06 - 0.2m (8)    | <0.06m (5)              | 10       |
| ESTADO DE DISCONTINUIDADES         |  |                          |                            |                    |                         |          |
|                                    | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Long. Discontinuidad   | <1m (6)                  | 1.3m (4)                   | 3-10m (2)          | 10-20 (1)               | >20m (0) |
| Abertura                           | Nada (6)   | 0.1mm (5)                | 0.1-1mm (4)                | 1-5mm (1)          | >5mm (0)                | 4        |
| Rugosidad                          | Muy Rugosa (6)   | Rugosa (5)               | Ligeramente Rugosa (3)     | Ondulada (1)       | Suave (0)               | 3        |
| Relleno                            | Ninguno (6)  | Relleno duro (4)         | Relleno duro >5mm (2)      | Relleno blando (2) | Relleno blando >5mm (0) | 6        |
| Alteración                         | Inalterada (6)   | Ligeramente alterada (5) | Moderadamente alterada (3) | Muy alterada (1)   | Descompuesta (0)        | 5        |
| AGUA SUBTERRÁNEA                   | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Nulo (15)  | 10 lt/min (10)           | 10-25 lt/min (7)           | 25-15 lt/min (4)   | >125 lt/min (0)         | 10       |
| CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES    |  |                          |                            |                    |                         |          |
| DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO            | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Muy favorable (0)  | Favorable (-2)           | Medias (-5)                | Desfavorable (-10) | Muy desfavorable (-12)  | -2       |
| CLASIFICACIÓN RMR                  | CLASE  |                          | CALIDAD DE ROCA            |                    | RMR                     | 65       |
|                                    | I  |                          | Muy buena                  |                    | 81 - 100                |          |
|                                    | II   |                          | Buena                      |                    | 61 - 80                 |          |
|                                    | III  |                          | Medias (-5)                |                    | 41 - 60                 |          |
|                                    | IV   |                          | Mala                       |                    | 21 - 40                 |          |
| V                                  |  | Muy mala                 |                            | 0 - 20             |                         |          |

**Sumatoria de puntajes:**

$$RMR = 12 + 13 + 10 + 4 + 4 + 3 + 6 + 5 + 10$$

$$RMR = 67$$

**RMR corregido:**

$$RMR = 67 - 2$$

$$RMR = 65$$

| GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO N° 01 |  |                          |                            |                    |                         |          |
|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------|
| Est-06                             | Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz |                          |                            |                    |                         |          |
| RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA     |  |                          |                            |                    |                         |          |
| Índice de carga puntual            | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | >10 Mpa (15)   | 4-10 Mpa (12)            | 2-4 Mpa (7)                | 1-2 Mpa (4)        |                         | 12       |
| RQD                                | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         |          |
|                                    | 90% - 100  |                          |                            |                    |                         | 20       |
|                                    | 75% - 90%  |                          |                            |                    |                         | 17       |
|                                    | 50% - 75%  |                          |                            |                    |                         | 13       |
|                                    | 25% - 50%  |                          |                            |                    |                         | 8        |
| <25%                               |  |                          |                            |                    | 3                       |          |
| ESPACIO ENTRE DISCONTINUIDADES     | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | >2m (20)   | 0.6 - 2m (15)            | 0.2 - 0.6m (10)            | 0.06 - 0.2m (8)    | <0.06m (5)              | 8        |
| ESTADO DE DISCONTINUIDADES         |  |                          |                            |                    |                         |          |
|                                    | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Long. Discontinuidad   | <1m (6)                  | 1.3m (4)                   | 3-10m (2)          | 10-20 (1)               | >20m (0) |
| Abertura                           | Nada (6)   | 0.1mm (5)                | 0.1-1mm (4)                | 1-5mm (1)          | >5mm (0)                | 4        |
| Rugosidad                          | Muy Rugosa (6)   | Rugosa (5)               | Ligeramente Rugosa (3)     | Ondulada (1)       | Suave (0)               | 3        |
| Relleno                            | Ninguno (6)  | Relleno duro (4)         | Relleno duro >5mm (2)      | Relleno blando (2) | Relleno blando >5mm (0) | 6        |
| Alteración                         | Inalterada (6)   | Ligeramente alterada (5) | Moderadamente alterada (3) | Muy alterada (1)   | Descompuesta (0)        | 5        |
| AGUA SUBTERRÁNEA                   | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Nulo (15)  | 10 lt/min (10)           | 10-25 lt/min (7)           | 25-15 lt/min (4)   | >125 lt/min (0)         | 10       |
| CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES    |  |                          |                            |                    |                         |          |
| DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO            | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE  |
|                                    | Muy favorable (0)  | Favorable (-2)           | Medias (-5)                | Desfavorable (-10) | Muy desfavorable (-12)  | -2       |
| CLASIFICACIÓN RMR                  | CLASE  |                          | CALIDAD DE ROCA            |                    | RMR                     | 63       |
|                                    | I  |                          | Muy buena                  |                    | 81 - 100                |          |
|                                    | II   |                          | Buena                      |                    | 61 - 80                 |          |
|                                    | III  |                          | Medias (-5)                |                    | 41 - 60                 |          |
|                                    | IV   |                          | Mala                       |                    | 21 - 40                 |          |
| V                                  |  | Muy mala                 |                            | 0 - 20             |                         |          |

**Sumatoria de puntajes:**

$$RMR = 12 + 13 + 8 + 4 + 4 + 3 + 6 + 5 + 10$$

$$RMR = 65$$

**RMR corregido:**

$$RMR = 65 - 2$$

$$RMR = 63$$

| GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO N° 01 |  |                          |                            |                    |                         |         |
|------------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------|
| Est-07                             | Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz |                          |                            |                    |                         |         |
| RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA     |  |                          |                            |                    |                         |         |
| Índice de carga puntual            | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | >10 Mpa (15)   | 4-10 Mpa (12)            | 2-4 Mpa (7)                | 1-2 Mpa (4)        | 12                      |         |
| RQD                                | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | 90% - 100  |                          |                            |                    | 20                      |         |
|                                    | 75% - 90%  |                          |                            |                    | 17                      |         |
|                                    | 50% - 75%  |                          |                            |                    | 13                      |         |
|                                    | 25% - 50%  |                          |                            |                    | 8                       |         |
| <25%                               |  |                          |                            | 3                  |                         |         |
| ESPACIO ENTRE DISCONTINUIDADES     | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | >2m (20)   | 0.6 - 2m (15)            | 0.2 - 0.6m (10)            | 0.06 - 0.2m (8)    | <0.06m (5)              | 8       |
| ESTADO DE DISCONTINUIDADES         |  |                          |                            |                    |                         |         |
| Long. Discontinuidad               | PUNTUACIÓN   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | <1m (6)  | 1.3m (4)                 | 3-10m (2)                  | 10-20 (1)          | >20m (0)                | 4       |
| Abertura                           | Nada (6)   | 0.1mm (5)                | 0.1-1mm (4)                | 1-5mm (1)          | >5mm (0)                | 4       |
| Rugosidad                          | Muy Rugosa (6)   | Rugosa (5)               | Ligeramente Rugosa (3)     | Ondulada (1)       | Suave (0)               | 3       |
| Relleno                            | Ninguno (6)  | Relleno duro (4)         | Relleno duro >5mm (2)      | Relleno blando (2) | Relleno blando >5mm (0) | 4       |
| Alteración                         | Inalterada (6)   | Ligeramente alterada (5) | Moderadamente alterada (3) | Muy alterada (1)   | Descompuesta (0)        | 3       |
| AGUA SUBTERRÁNEA                   | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | Nulo (15)  | 10 lt/min (10)           | 10-25 lt/min (7)           | 25-15 lt/min (4)   | >125 lt/min (0)         | 10      |
| CORRECIÓN POR DISCONTINUIDADES     |  |                          |                            |                    |                         |         |
| DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO            | CAUDAL POR 20m DEL TUNEL   |                          |                            |                    |                         | PUNTAJE |
|                                    | Muy favorable (0)  | Favorable (-2)           | Medias (-5)                | Desfavorable (-10) | Muy desfavorable (-12)  | -2      |
| CLASIFICACIÓN RMR                  | CLASE  |                          | CALIDAD DE ROCA            |                    | RMR                     | PUNTAJE |
|                                    | I  |                          | Muy buena                  |                    | 81 - 100                | 59      |
|                                    | II   |                          | Buena                      |                    | 61 - 80                 |         |
|                                    | III  |                          | Medias (-5)                |                    | 41 - 60                 |         |
|                                    | IV   |                          | Mala                       |                    | 21 - 40                 |         |
| V                                  |  | Muy mala                 |                            | 0 - 20             |                         |         |

**Sumatoria de puntajes:**

$$RMR = 12 + 13 + 8 + 4 + 4 + 3 + 4 + 3 + 10$$

$$RMR = 61$$

**RMR corregido:**

$$RMR = 61 - 2$$

$$RMR = 59$$



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

### **Declaratoria de Autenticidad de los Asesores**

Nosotros, MARTELL ESPINOZA BEDER ERASMO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE MINAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesores de Tesis titulada: "Estudio Geomecánico para determinar un adecuado sostenimiento en el Nivel Principal 2410 de la Unidad de producción Santa María- Pataz

", cuyos autores son HERRERA DIAZ VICTOR HUGO, SILVA GONZALES ANDREA DEL MILAGRO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

Hemos revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 14 de Diciembre del 2022

| <b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>   | <b>Firma</b>   |
|--|--|
| MARTELL ESPINOZA BEDER ERASMO<br><b>DNI:</b> 17831688<br><b>ORCID:</b> 0000-0002-4169-9212 | Firmado electrónicamente<br>por: MESPINOZABE el<br>16-12-2022 09:27:05 |
| SALAZAR CABREJOS ROSA ELIANA<br><b>DNI:</b> 41661370<br><b>ORCID:</b> 0000-0002-1144-2037  | Firmado electrónicamente<br>por: SCABREJOSRE el<br>15-12-2022 07:49:15 |

Código documento Trilce: TRI - 0487618