

Análisis del comportamiento geomecánica del macizo rocoso en galería nivel 4040, mina Victoria

Analysis of the geomechanical behavior of the rock mass in gallery level 4040, Victoria mine

David F. Catalán-Mendoza ^A, José A. Cárdenas-Catalán ^B, Wilson J. Mollocondo-Flores ^C

0000-0001-7077-8254^A, 0000-0002-1155-0943 ^B y 0000-0003-3445-7941^C

(Recepción: 15/04/2023 y aceptación 10/10/2023)

Resumen— La tendencia en los países con experiencia en explotación minera, es tener practicas seguras para conservar su recurso más valioso, su personal; con tal motivo nos planteamos el objetivo de determinar el comportamiento geomecanico del macizo rocoso analizados mediante clasificaciones geomecánicas galería nivel 4040 en la mina victoria, Andahuaylas 2021; el estudio es de tipo aplicada, nivel; descriptivo – explicativo. Los resultados se obtuvieron mediante la aplicación de programas computacionales como el Roclab, Dips y Phases; el valor del RMR (corregido) es de 48 lo que califica como regular; lo que conlleva que en excavación como Corte piloto y banqueo con 1.5 a 3 m de avance en el corte piloto, los pernos de roca deben pernos sistematicos de 4m, espaciado 1.5-2 m en techo y paredes con malla soldada; el concreto lanzado de 50 a 100 mm en techo y 30 mm en los lados. La investigación concluye que en zonas de taludes en dominio estructural (D.E) 1 no existe riesgo pues no hay polos, en D.E 4 existe concentración de polos por ende posibilidad de deslizamiento. En estructuras de túneles en el D.E 2 no existe ni volteo ni vuelco, en D.E 3 y 5 existen cuñas puesto el primer caso se debe aplicar shotcrete, y para el segundo aplicar de una fina capa de shotcrete.

Palabra clave: clasificación geomecánica, macizo rocoso, resistencia, teoría de Meyerhof

Abstract— The trend in countries with experience in mining exploitation is to have safe practices to conserve their most valuable resource, their personnel; For this reason, we set ourselves the objective of determining the geomechanical behavior of the rock mass analyzed through geomechanical classifications gallery level 4040 in the Victoria mine, Andahuaylas 2021; The study is of applied type, level; descriptive – explanatory. The results were obtained by applying computer programs such as Roclab, Dips and Phases; the RMR value (corrected) is 48, which qualifies as regular; which means that in excavation such as pilot cut and benching with 1.5 to 3 m of advance in the pilot cut, the rock bolts must be systematic bolts of 4 m, 1.5-2 m spacing on the ceiling and walls with welded mesh; the concrete thrown from 50 to 100 mm on the roof and 30 mm on the sides. The investigation concludes that in slope areas in structural domain (D.E) 1 there is no risk since there are no poles, in D.E 4 there is a concentration of poles therefore the possibility of landslide. In tunnel structures in D.E 2 there is no overturning or overturning, in D.E 3 and 5 there are wedges since in the first case shotcrete must be applied, and for the second case a thin layer of shotcrete must be applied.

Keyword: geomechanical classification, rock mass, strength, Meyerhof theory

-
- A. David F. Catalán_Mendoza^A está en Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac. Correo electrónico: davidcatalan@unamba.edu.pe
B. José A. Cárdenas Catalán ^B está con Departamenteo Ingenierias de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, Correo electrónico: jcardenas@unamba.edu.pe.
C. Wilson J. Mollocondo Flores, Departamenteo Ciencias Básicas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, Correo electrónico: wmollocondo@unamba.edu.pe.

1 INTRODUCCIÓN

La explotación minera en los países internacionales han optado a tener practicas seguras para salvaguardar el recurso más valioso, su personal, [1] razón a ello la tecnificación y aplicar el conocimiento de las herramientas y teorías para determinar el comportamiento de los macizos rocoso en su debido espacio y tiempo [2].

La unidad minera victoria se vio obliga a realizar estudios al macizo rocoso en la galería en ejecución con fines múltiples sobre todo en evitar el desprendimiento de rocas y poder afectar a la vida humana que es recurso fundamental en la operación minera, en segundo lugar, los equipos y herramientas, el proceso y entre otros afectando el proceso y de responsabilidad administrativa y judicial por lo tanto la investigación es aplicar la teoría y contribuir ese conocimiento en esta mina

Analizando la realidad problemática estimar cual será el comportamiento geomecánico del macizo rocoso en la ejecución de la galería nivel 4040 de la mina victoria. Es preciso la formulación del problema, considerando como problema general ¿Cuál es el comportamiento del macizo rocoso analizados mediante clasificaciones geomecánicas galería nivel 4040, mina victoria, Andahuaylas 2021?

El estudio se basa en una justificación práctica, debido a que al concluirlo podremos conocer el comportamiento del macizo rocoso analizados mediante clasificaciones geomecánicas, galería nivel 4040, mina victoria, Andahuaylas 2021, de la misma manera tiene justificación teórica.

Según Ochoa [3] en la tesis de posgrado cuyo objetivo es propuesta de clasificación geomecánica que permita evaluar el comportamiento del macizo rocoso en el frente de arranque del túnel Levisa-Mayari Tramo IV, mediante una investigación aplicada, obtuvo el macizo rocoso esta fracturado con tres familias de grietas predominantes y según las clasificaciones geomecánicas el mismo se clasifica de calidad muy mala a mala. A partir de ajustes de parámetros del índice de calidad Q, se obtiene una ecuación de cálculo con resultados similares a los medidos, $Q=2*10^{-07} GSI4.244$ ecuación de ajuste de tipo exponencial $R^2=0.999$, lo que representa el comportamiento en tiempo real del macizo rocoso en el túnel según la clasificación de GSI ajustada finalmente, concluye que del análisis de las diferentes clasificaciones geomecánicas usadas en túneles, de las características geomecánicas del macizo rocoso y del ajuste a sus parámetros, que la clasificación GSI de Hoek y Marinos con los ajustes pertinentes es la que más se adecuada a las particularidades de macizo rocoso estudiado, la clasificación Q de Barton ofrece mejores resultados para proyectar

soluciones de sostenimiento

A nivel nacional, según Valdivia [4] en su estudio "Estimación del comportamiento geomecánico, mediante método de Kriging para el macizo rocoso del cerro Callacpuma - sector Huayrapongo, 2020", una investigación aplicada, con alcance descriptivo y diseño no experimental, encontró en sus resultados: fueron RCU (resistente a muy resistente), JRC (rugosa), RQD (media a buena), espaciado (medianamente junto). Llegando a concluir que la estimación representa una fuente confiable para identificar las zonas críticas del macizo; y deben ser tomadas en cuenta por parte de los responsables para establecer las medidas preventivas necesarias.

En función a lo descrito párrafos anteriores nos planteamos el problema de investigación ¿Cuál será comportamiento geomecánico del macizo rocoso analizados mediante clasificaciones geomecánicas galería nivel 4040, mina victoria, Andahuaylas 2021?

El planteamiento se justifica por ser aporte de la teoría y con la finalidad de determinar el comportamiento geomecánico de las rocas mediante las clasificaciones geomecánicas para su proyección de la ejecución de la galería nivel 4040 en producir el mineral de manera segura y eficiente previniendo los accidentes sobre todo cuando exista los desprendimientos de las rocas.

Ademas se establecio el objetivo determinar el comportamiento geomecánico del macizo rocoso analizados mediante clasificaciones geomecánicas galería nivel 4040, mina victoria, Andahuaylas 2021; mientras que la hipótesis a contrastar es el comportamiento geomecánico del macizo rocoso analizados mediante las clasificaciones geomecánicas son estables.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Clasificación Geomecánicas

Las clasificaciones usadas fueron:

- *Clasificación RMR de Bieniawski*: Esta clasificación geomecánica RMR o Rock Mass Rating fue desarrollado por Bieniawski, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones [5]. Actualmente se usa la edición 1989, que coincide sustancialmente con la de 1979. [6] Permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros de diseño y de sostenimiento de túneles, se obtiene estimando los parámetros: resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa, R.Q.D. Grado de fracturamiento del macizo rocoso, Espaciado de las discontinuidades, Condiciones de las discontinuidades, Presencia del agua, Orientación de las discontinuidades [7].

- *Clasificación de Barton*: Se basa mayoritariamente en casos tipo de estabilidad en excavaciones subterráneas, el Norwegian Geotechnical Institute (N.G.I.) propone un índice para determinar la calidad del macizo rocoso en túneles y taludes

[8]. Considera 6 parámetros: R.Q.D, Índice de fracturamiento (J_n), Índice de la rugosidad, relleno y continuidad de las discontinuidades (J_r), [9] Índice de la alteración de las discontinuidades (J_a), Coeficiente reductor por la presencia de agua (J_w), el coeficiente que tiene en cuenta la influencia del estado tensional sobre el macizo rocoso (SRF) [10].

– *Clasificación según índice GSI*: Es un sistema de caracterización de macizos rocosos desarrollado en la ingeniería de mecánica de rocas para satisfacer la necesidad de datos de entrada confiables [11]; relacionados con las propiedades del macizo rocoso requeridos para diseño de túneles, taludes o cimentaciones en rocas [12]. El carácter geológico del material rocoso, junto con la valoración visual del mismo, son usados directamente como datos de entrada para la selección de los parámetros para predecir la resistencia y deformabilidad del macizo rocoso [13]. Esto también provee un método en campo para caracterizar macizos rocosos difíciles de describir [14].

2.2 Diseño del sostenimiento

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

a) Máximo vano sin sostener

Es la longitud máxima de perforación y voladura que se puede realizar en un solo ciclo sin fortificación [15]. Estas limitaciones en la longitud del avance están definidas por las características geotécnicas de la masa rocosa que se esté excavando [16].

b) Carga de roca sobre la clave (Pr)

Se refiere a la presión permanente que soporta el techo de la excavación [17], puede determinarse mediante la siguiente expresión según el número de familias de discontinuidades:

Para macizos con menos de tres familias de discontinuidades

$$Pr(kp/cm2) = (2\sqrt{J_n}) / (3J_r 3\sqrt{Q})$$

Para macizos rocosos con más de tres familias de discontinuidades

$$Pr(kp/cm2) = 2 / (3J_r 3\sqrt{Q})$$

3 METODOLOGÍA

El tipo de investigación es aplicada; según Egg [18] consiste en utilizar los conocimientos y aplicarlos para resolver problemas; mientras que para el diseño experimental según Behar [19] considera que el diseño no experimental es observar los sucesos sin participar y dejar que ocurran naturalmente.

Respecto a la población según, Lerma [20] considera la población como un conjunto de elementos del mismo tipo con cualidades fijas, por lo tanto nuestra población está compuesta por galería principal nivel 4040, labores de exploración, chimenea y un tajeo en preparación de la mina Victoria. Mientras que para la muestra se usa el maestro no probaiblistico mediante la tecnica de criterio del investigador lo que nos permite establecer la muestra como la Galería del Nivel 4040 de la Unidad Mina Victoria

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros de Resistencia para cada Dominio Estructural en la Túneles de la mina victoria

Los parámetros de los dominios estructurales:

- DE-1 y DE-4 en zonas de taludes
- DE-2, DE-3, y DE-5 en túneles

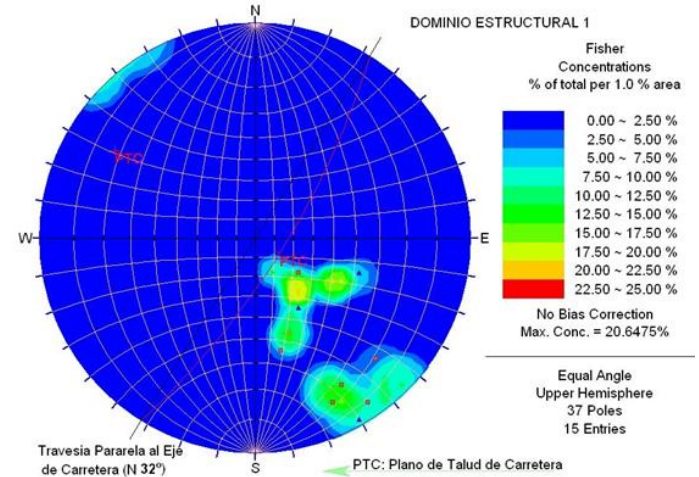


Fig. 1. Concentración de familias. D: E-1

De la figura 1, existe concentraciones importantes de diaclasas en el sentido del eje de vía, hacia el talud, en dirección N32° E. En este dominio se encuentran 2 zonas de alteración (margas) con azimuth de 140° y un buzamiento 50°, que fueron atravesados perpendicularmente, por la vía, no se tiene inestabilidad en el talud. No existe ningún tipo de riesgo debido a la ausencia de discontinuidades. No hay polos

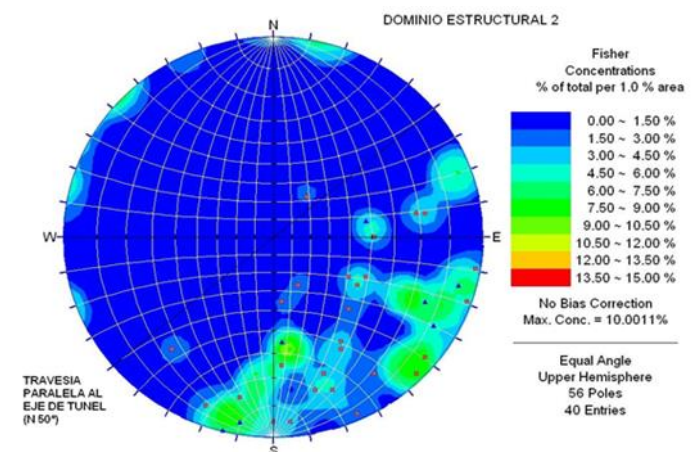


Fig. 2. Diagrama estereográfico de contornos de densidades de polos, concentración de familias D.E-2

Mientras que en la figura 2, existe concentraciones de diaclasas, una falla y discontinuidades dispersas que convergen al hastial derecho del túnel (eje N50E), que pueden ocasionar inestabilidad en el entorno de la superficie de excavación por lo que se recomienda colocar una fina capa de concreto lanzado (shotcrete). En el sets de concentraciones se generan planos de corte, se visualiza la formación de una cuña pequeña por el lado izquierdo de la dirección de la excavación, por lo que se evaluó la inestabilidad y se recomienda tomar medidas de refuerzo para asegurar el equilibrio aplicando shotcrete

De la figura 4, existen concentraciones puntuales e importantes de diaclasas con distribución en ambos hastiales, tomando como referencia el eje de la vía (Az. 347°) y encontrándose 2 fallas (Buz. 65°), continuas y rellenas con marga, pueden condicionan inestabilidad en el talud. Posible vuelco por la cresta del talud debido a la mayor concentración de polos; Existe una concentración de polos aproximadamente el 50 % del set, que podría ocasionar un deslizamiento

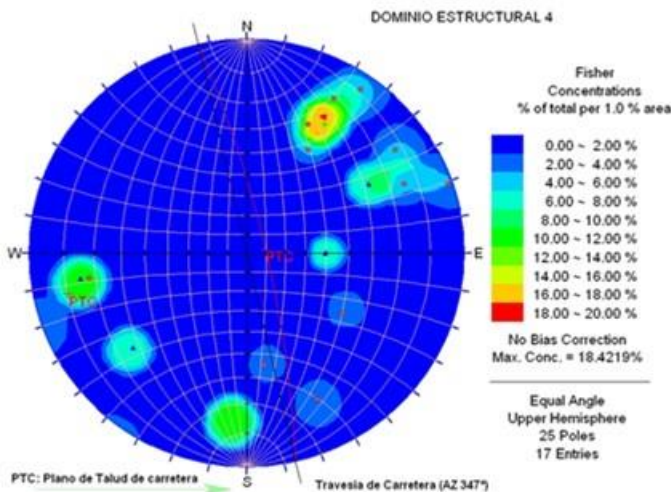


Fig. 3. Diagrama de densidad de polos de la dispersión de polos Del D.E-3

Asi mismo en la figura 3, existe concentraciones importantes de diaclasas hacia el hastial derecho del túnel (eje N52E); teniendo en consideración el efecto de la meteorización en las fisuras, se deben tomar las precauciones de estabilidad con una fina capa de concreto lanzado. El sets de concentraciones muestran intersecciones forman pequeñas cuñas por el lado izquierdo de la dirección de excavación. Evaluado el lugar, para asegurar el equilibrio se debe aplicar shotcrete

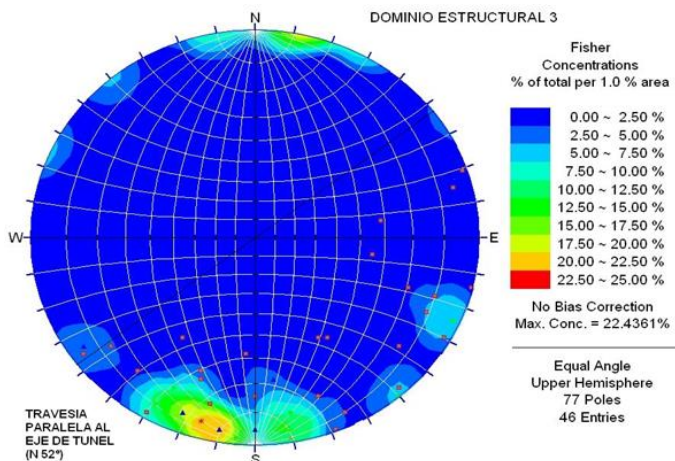


Fig. 4. Diagrama Diagrama de densidad de polos de la dispersión de polos mostrado en Del D.E-4

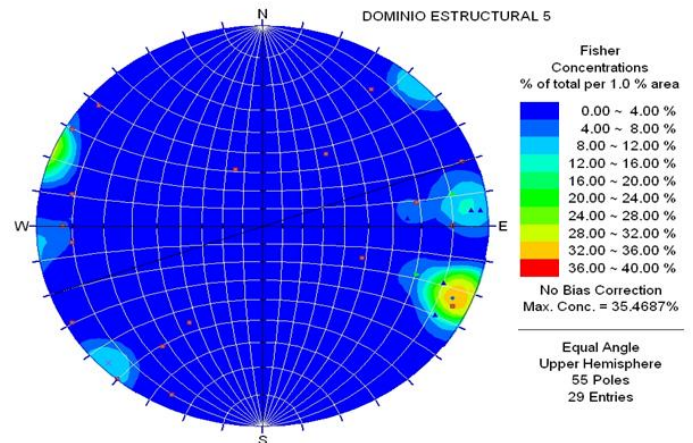


Fig. 5. Diagrama de densidad de polos de la dispersión de polos Del D.E-5

Presencia de concentraciones importantes de diaclasas en dirección hacia el hastial derecho del eje del túnel (N71E). No hay inestabilidad. En el sets de concentraciones, cuyas intersecciones formaran pequeñas cuñas. Se visualiza una cuña pequeña por el lado izquierdo de la dirección de la excavación. Evaluado el equilibrio del macizo, requiere la aplicación de una fina capa de shotcrete.

Por último el valor de RMR (básico) es de 53, el RMR (corregido) es 48 y RMR (condiciones secas) es de 58; y según la clasificación es considera como regular (rango de 60-41) y lo que esta considerado en excavación como Corte piloto y banqueo con 1.5 a 3 m de avance en el corte piloto. El sostenimiento se instala después de cada voladura. Completo sostenimiento de los 10 m hasta el frente. En pernos de roca se considera Pernos sistemáticos de 4 m de longitud, espaciados 1.5-2 m en el techo y las paredes con malla soldada en el techo. Para concreto de lanzado debe ser 50-100 mm en el techo y 30 mm en los lados.

5 DISCUSIÓN

Para el dominio estructural uno y cuatro sobre zonas de taludesse puede afirmar que no existe ningún tipo de riesgo debido a la ausencia de discontinuidades; No hay polos en el primero. Mientras para el dominio estructural cuatro es posible vuelco por la cresta del talud debido a la mayor concentración de polos; Existe una concentración de polos aproximadamente el 50 % del set, que podría ocasionar un deslizamiento.

De otro lado para los dominios estructurales 2, 3, 5 y 6 que se refiere a túneles: para DE-2 en el sets de concentraciones se generan planos de corte, se visualiza la formación de una cuña pequeña por el lado izquierdo de la dirección de la excavación, por lo que se evaluó la inestabilidad y se recomienda tomar medidas de refuerzo para asegurar el equilibrio aplicando shotcrete. Se concluye que no existe ni volte ni vuelco. Para DE-3 el sets de concentraciones muestran intersecciones forman pequeñas cuñas por el lado izquierdo de la dirección de excavación. Evaluado el lugar, para asegurar el equilibrio se debe aplicar shotcrete. Para el DE-5 el sets de concentraciones, cuyas intersecciones formaran pequeñas cuñas. Se visualiza una cuña pequeña por el lado izquierdo de la dirección de la excavación. Evaluado el equilibrio del macizo, requiere la aplicación de una fina capa de shotcrete

6 CONCLUSIONES

Para las zonas de taludes en Dominio estructural (D.E) 1 no existe riesgo por ausencia de discontinuidades; para D.E 4 se encontró un vuelco de cresta de talud lo que generaría un deslizamiento.

En estructuras de túneles en D.E 2 no existe ni volteo ni vuelco. Para D.E 3 muestra pequeñas cuñas y para equilibrar se debe aplicar shotcrete. Para D.E 5 se encontró una cuña pequeña en el lado izquierdo de excavación por lo que se requiere aplicar una fina capa de shotcrete.

Se tiene un RMR (corregido) de 48 y de acuerdo a la clasificación geomecánica este valor nos indica que es una roca de regular a buena

REFERENCIAS

- [1] O. U. Gonzales, R. G. Molina y D. F. Patarroyo, «Condiciones de seguridad y salud en el trabajo, una revisión teórica desde la minería Colombiana,» *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 24, n° 85, 2019.
- [2] M. R. Hernandez, «Minería ilícita: incidencia en la convivencia y seguridad ciudadana en diez departamentos de Colombia,» *Revista criminalidad*, vol. 58, n° 1, pp. 47-65, 2016.

- [3] A. Ochoa Quezada, Propuesta de una clasificación geomecánica para la evaluación del comportamiento del macizo rocoso en el frente de arranque del túnel Levisa-Mayari Tramo IV, Moa, Cuba, 2018.
- [4] A. F. Valdivia Donayre, Estimación del comportamiento geomecánico, mediante método de kriging para el macizo rocoso del cerro Callacpuma-sector huayrapongo, 2020, Cajamarca, 2020.
- [5] M. Romana, J. B. Seron y E. Montalar, «La clasificación geomecánica SMR: aplicación, experiencias y validación,» V Simposio nacional sobre taludes y laderas inestables, Valencia, 2001.
- [6] Z. Bieniawski, Rock mechanics design in mining and tunneling. A.A. Balkema, Rotterdam, 272pp, 1989.
- [7] B. Celada y e. al, «Actualización y mejora del RMR,» *Ingeopres*, vol. 234, pp. 18-22, 2014.
- [8] L. A. Torres, A. A. Ruiz, J. D. Huaricanha y J. G. Vizcarra, «Geomecánica aplicada al control de las labores mineras para la minimización de caída de rocas en la mina Madrugada Cía. minera Huinac SAC-Ancash-2009,» *Aporte santiaguino*, vol. 3, n° 1, pp. 35-40, 2010.
- [9] M. Perez, E. Garcia, C. Vega, J. Montoya y P. Noriega, «Estudio comparativo entre sistemas de clasificación geomecánica en un depósito tipo Pórfido,» *Boletín de ciencias de la tierra*, pp. 34-44, 2018.
- [10] D. Castro, D. Carrera, B. Muñoz y A. Garcia, «Correlación entre el Índice RMR de Bieniawski y el Índice Q de Barton en Suelos de Baja Calidad,» *Revista de la construcción*, vol. 9, n° 1, pp. 107-119, 2010.
- [11] M. O. Morales, «Caracterización geotécnica y determinación de ángulos de talud en yacimiento franke,» Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2009.
- [12] P. Ramirez y L. Alejano, «Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes,» Universidad politécnica de Madrid, Madrid, 2004.
- [13] P. Marinos y E. Hok, GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. In ISRM international symposium. International Society for Rock Mechanics, 2000.
- [14] A. Ochoa, M. Cartaya y J. L. Blanco, «Clasificación geomecánica óptima para evaluar el macizo rocoso en el frente de arranque del Tramo IV del túnel Levisa-Mayari,» *Minería y geología*, vol. 36, n° 1, pp. 50-64, 2020.
- [15] H. Gaspar y E. Illanes, «Comparativo entre la clasificación geomecánica de índice de resistencia geológica y rango del macizo rocoso en el sostenimiento de la masa rocosa,» Universidad nacional de Huancavelica, Huancavelica, 2015.
- [16] A. A. Nguema, M. C. Pier, G. Romero y A. Recio, «Comportamiento estructural del macizo rocoso de la

cantera Baney, Bioko Sur, Guinea Ecuatorial,» *Minería y geología*, vol. 38, n° 3, pp. 266-276, 2022.

- [17] L. V. Carreño, C. A. Ochoa, H. A. Fuentes y J. M. Carvajal, «Estimación de propiedades mecánicas de roca utilizando inteligencia artificial,» *Ingeniería y ciencias*, vol. 7, n° 14, pp. 83-103, 2011.
- [18] E. A. Egg, *Aprender a investigar: Nociones básicas para la investigación social*, 1a ed., Córdoba, Argentina: Brujas, 2011, p. 190.
- [19] D. S. Behar, *Metodología de la investigación*, Bogotá, Colombia: Shalom, 2008, p. 94.
- [20] H. D. Lerma, *Metodología de la investigación propuesta, anteproyecto y proyecto*, 4a ed., Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones, 2009, p. 190.