



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

**Evaluación geomecánica para determinar el sostenimiento en la
Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero- Tayabamba**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Minas

AUTORES:

Lucanas Rabanal, Diego Alonso (orcid.org/0000-0002-0379-7620)

Saavedra Pinedo, Karen Smith (orcid.org/0000-0001-5866-2996)

ASESORES:

Dr. Arango Retamozo, Solio Marino (orcid.org/0000-0003-3594-0329)

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

Dedico de manera especial esta tesis a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

A mis queridos padres Delmy Saavedra y Llesica Pinedo, por mostrarme día a día su apoyo incondicional para lograr culminar con éxito esta etapa confiando en cada desafío trazado en mi vida personal y profesional. A mis hermanos Jannie y Fabio, por ser un motivo de superación. A esa personita especial por su amor y que estuvo siempre alentándome y acompañándome en todo momento. Así mismo, a cada uno de mis familiares y personas que me apoyaron en todo momento, dándole la fortaleza para lograr una meta de muchas. Es para mí una gran satisfacción poder dedicársela, ya que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

Karen Saavedra

Este trabajo de investigación está dedicado principalmente a Dios, por ser mi guía y fortaleza durante estos años de formación académica.

A mis padres Rosanna Rabanal y Segundo Lucanas quienes me brindaron su apoyo incondicional, sus consejos y ejemplos desde siempre; a mis hermanos Andrea, Cecilia, Alfonso y Luciano que con su amor y aliento he logrado llegar hasta aquí, cumplir mis sueños y también a todas las personas que formaron parte de este proceso muchas gracias.

Diego Lucanas

AGRADECIMIENTO

Nos gustaría expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento en primera instancia a Dios, a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo. A nuestras familias, por el apoyo brindado durante nuestra etapa universitaria, por sus sabios consejos, inculcando valores y principios, por su amor y su apoyo incondicional, en especial al señor Octavio Rabanal Bautista por su gran apoyo al brindarnos su empresa minera para poder realizar la tesis. A nuestros asesores por guiarnos con paciencia y profesionalismo en cada clase y asesoría. Mostrando interés por nuestro trabajo y las sugerencias recibidas, por lo que estaremos en deuda por el ánimo infundido y la confianza que nos han mostrado con sus enseñanzas. A los mencionados, decirles que no ha sido fácil este camino, pero gracias a su amor y apoyo ha sido llevadero para hoy estar en la meta. Nuestro afecto hacia ustedes eternamente.

Los autores

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	13
IV. RESULTADOS.....	21
4.1. Descripción de la geología regional, local y estructural de la Mina	21
4.1.1. Geología regional	21
4.1.2. Geología local	23
4.1.3. Geología estructural.....	26
4.2. Caracterización del macizo rocoso a través de los parámetros del RMR, Q de Barton y GSI para determinar la calidad de la masa rocosa.....	31
4.2.1. Caracterización de la roca a través del RMR	31
4.2.2. Caracterización de la roca a través del Q de Barton.....	37
4.2.3. Caracterización de la roca a través del GSI	40
4.3. Elección del tipo de sostenimiento adecuado de acuerdo a la Evaluación Geomecánica en la Cortada 330 NE de la Mina	42
4.3.1. Clasificación de Terzaghi	42
4.3.2. Cálculo de cargas alrededor de la labor según Bieniawski	44
4.3.3. Sostenimiento propuesto por Bieniawski.....	47
4.3.4. Sostenimiento propuesto por Barton	48
4.3.5. Sostenimiento propuesto para la labor La Fortuna de Icuro	48
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES	66
VII. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS	69
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 01: Rumbo y buzamiento de discontinuidades</i>	27
Tabla 02: Rumbo y buzamiento de vetas y vetillas	27
Tabla 03: Resistencia a la compresión uniaxial.....	31
Tabla 04: Grado de fracturación RQD	32
Tabla 05: Separación entre diaclasas	32
Tabla 06: Longitud o persistencia de las discontinuidades	33
Tabla 07: Abertura de las discontinuidades	33
Tabla 08: Rugosidad de las discontinuidades	34
Tabla 09: Relleno de las discontinuidades.....	34
Tabla 10: Alteración o meteorización de las discontinuidades	35
Tabla 11: Agua subterránea	35
<i>Tabla 12: Cálculo y valoración del RMR</i>	36
Tabla 13: Número de discontinuidades (J_n)	37
Tabla 14: Parámetros de la rugosidad de las discontinuidades	37
Tabla 15: Factor de alteración de las discontinuidades.....	38
Tabla 16: Factor de reducción por contenido de agua en fracturas	38
Tabla 17: Factor de reducción por tensiones.....	39
Tabla 18: Resultado de la de valorización de parámetros del Q de Barton	39
Tabla 19: Cálculo de valorización del índice de esfuerzo geológico	40
Tabla 20: Cálculo de la presión uniforme vertical sobre la bóveda.....	42
Tabla 21: Cálculo de la presión uniforme sobre los hastiales	43
Tabla 22: Cálculo de la presión uniforme sobre la solera	43
Tabla 23: Valoración de altura de carga	44
Tabla 24: Esfuerzo vertical	45
Tabla 25: Carga lineal vertical.....	45
Tabla 26: Valor del ratio (k).....	46
Tabla 27: Valor del esfuerzo horizontal.....	46
Tabla 28: Valor de la carga lineal horizontal.....	46
Tabla 29: Datos de la madera de eucalipto	49
Tabla 30: Cálculo del Momento máximo.....	50
Tabla 31: Esfuerzo permisible al que se somete los sombreros.....	51
Tabla 32: Cálculo de cargas que se ejercen sobre e poste	52
Tabla 33: Valor del momento máximo.....	53
Tabla 34: Esfuerzo al que se somete la madera de los postes	53
Tabla 35: Cantidad de cuadros por tramo	57
Tabla 36: Costo de las herramientas	59
Tabla 37: Costo de cada cuadro de madera.....	59
Tabla 38: Costo de la mano de obra.....	60
Tabla 39: Tiempo y costo de transporte de material	60
Tabla 40: Costo total del armado de los cuadros	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 01: Leyenda de la geología de Tayabamba	21
Cuadro 02: Sostenimiento a partir del índice de Bieniawski	47
Cuadro 03: Sostenimiento a partir del índice Q de Barton	48
Cuadro 04: Herramientas para el armado de los cuadros	54
Cuadro 05: Materiales para el armado de los cuadros de madera.....	55
Cuadro 06: Cuadro Matriz de consistencia	84
<i>Cuadro 07: Cuadro de Operacionalización de variable dependiente.....</i>	85
Cuadro 08: Cuadro de Operacionalización de variable independiente.....	86
<i>Cuadro 09: Guía de observación de campo para la geología.....</i>	88
Cuadro 10: Guía de observación de campo del RMR	89
Cuadro 11: Guía de observación de campo del Q de Barton	90
Cuadro 12: Guía de análisis documental del tipo de sostenimiento	92
Cuadro 13: Valores del índice ESR (Excavación Suport Radio) de la clasificación Q, Barton (2000)..	114
Cuadro 14: Cargas para dimensionar el sostenimiento	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Mapeo geológico de la Mina La Fortuna de Icuero	29
Figura 02: Plano geomecánico de la cortada La Fortuna de Icuero	41
Figura 3: Medidas para el armado del cuadro	55
Figura 04: Diseño del sostenimiento de cuadros de madera en Autocad	57
Figura 05: Diseño del sostenimiento propuesto para la Mina La Fortuna de Icuero	58
Figura 06: Árbol de problemas de la investigación	87
Figura 07: Carta de Autorización de la empresa	93
Figura 08: Validación de Instrumento de Análisis documental I	94
Figura 09: Validación de Instrumento de Análisis documental II	95
Figura 10: Validación de Instrumento de Análisis documental III	96
Figura 11: Validación de Instrumento de Observación de campo I	97
Figura 12: Validación de Instrumento de Observación de campo II	98
Figura 13: Validación de Instrumento de Observación de campo III	99
Figura 14: Validación de Instrumento de Juicio de experto I	100
Figura 15: Validación de Instrumento de Juicio de experto II	101
Figura 16: Validación de Instrumento de Juicio de experto III	102
Figura 17: Entrada a la Mina La Fortuna de Icuero	103
Figura 18: Mapa de ubicación regional de Tayabamba.	104
Figura 19: Mapa geológico de Tayabamba	105
Figura 20: Sección Longitudinal de la Mina La Fortuna de Icuero	106
Figura 21: Ubicación de la Mina desde la ciudad de Tayabamba	107
Figura 22: Categorías de sostenimiento a partir del índice Q	108
Figura 23: Mapa topográfico de la Mina la Fortuna de Icuero.....	109
Figura 24: Rumbo y buzamiento de discontinuidades en el software Dips	110
Figura 25: Rumbo y buzamiento de vetas y vetillas en el software Dips	111
Figura 26: Se aprecia una fractura con relleno dentro de rocas metamórficas pizarras	112
Figura 27: Se aprecia la vetilla y el halo de alteración sílica sobre las rocas metamórficas filitas	113
Figura 28: Diagrama simplificado de la carga de roca sobre un túnel.	115
Figura 29: Distancia de la labor hacia la superficie	117
Figura 30: Altura de carga según Bieniawski	118
Figura 31: Módulo de elasticidad según la ecuación de Sheorey	119
Figura 32: Factores de flambéo	120
Figura 33: Los investigadores en la Mina La Fortuna de Icuero	121
Figura 34: Ensayos en el laboratorio de Mecánica de Rocas-Universidad César Vallejo.....	122

RESUMEN

La presente investigación tuvo por finalidad realizar una evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero. La investigación surgió de la observación de la problemática que existe en la mina que se encuentra vinculada a la falta de sostenimiento a lo largo del desarrollo de la Cortada. Para dicha investigación se tuvo como muestra a todo el macizo rocoso con alto grado de alteración en la Cortada 330 NE, haciendo uso de un enfoque cuantitativo y diseño de investigación no experimental. Cabe mencionar, que en las que en las etapas de procesamiento de datos se tomó los métodos analíticos, las técnicas de observación y análisis documental que fueron validados. Además, se realizó un análisis de laboratorio y análisis de campo que permitieron realizar la evaluación geomecánica de los parámetros del RMR, Q de Barton y GSI. Dichos procedimientos utilizan esta metodología como un respaldo a la investigación, teniendo un sustento verídico y seriedad respectiva. Finalmente, como resultados en la investigación se obtuvo que el sostenimiento más adecuado para esta labor es cuadros de madera los cuales se ubicarán en las zonas de fallas.

Palabras claves: Macizo rocoso, cuadros de madera, RMR, Q de Barton, GSI.

ABSTRACT

The purpose of this research was to carry out a geomechanical evaluation to determine the type of support in Cortada 330 NE of La Fortuna de Icuero Mine. The research arose from the observation of the problem that exists in the mine that is linked to the lack of support along the development of the cut. For this research, the entire rock massif with a high degree of alteration in Cortada 330 NE was sampled, using a quantitative approach and a non-experimental research design. It is worth mentioning that in the data processing stages, analytical methods, observation techniques and documentary analysis were used and validated. In addition, a laboratory analysis and field analysis were carried out that allowed the geomechanical evaluation of the RMR, Barton's Q and GSI parameters to be carried out. These procedures use this methodology as a support to the investigation, having a true support and respective seriousness. Finally, as results of the investigation, it was obtained that the most adequate support for this work is wooden frames which will be located in the fault zones.

Keywords: Rock mass, wooden frames, RMR, Q de Barton, GSI.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades de mayor importancia en nuestro país es la minería debido a que representa un gran porcentaje del PBI y genera una gran cantidad de puestos de trabajo de forma indirecta y directa. Se sabe que en toda minería subterránea polimetálica es necesario realizar una evaluación previa del macizo rocoso perteneciente a la estructura de la labor; en la cual se está llevando a cabo el desarrollo. Además, al realizar la evaluación previa del macizo rocoso a través de ensayos en los laboratorios se obtienen todas las características, calidad y zonificación de la roca. Mismas que ayudan a determinar el dimensionamiento de las diferentes labores mineras y también seleccionar el tipo de sostenimiento que permita garantizar una óptima seguridad tanto a los equipos como a los trabajadores.

Este informe de investigación se desarrolló en la Mina La Fortuna de Icuero que pertenece a la Empresa Rasa Gold Mining Corporation, la cual comenzó sus operaciones en el mes de enero del presente año y está ubicada en el Cerro Icuero, a una hora del distrito de Tayabamba, provincia de Patate, departamento de La Libertad. La misma que se encuentra a una altitud de 4075 m.s.n.m, la ubicación del punto central donde se desarrolla dicha labor minera en coordenada UTM WGS son 254403E, 9084304N. En esta empresa se realizan actividades subterráneas de laboreo convencional (utilizan perforadoras de roca de aire-pierna y para la limpieza un dúmper de 1.5 toneladas), la sección de dicho corte presenta 1.5 m de ancho por 1.90 de alto. La gradiente que presenta es de 1/1000 y a la fecha se encuentran en un avance de 150 metros, cuyo objetivo es llegar a los 200 metros de avance para interceptar la veta, en la que se ha identificado estructuras verticales metavolcánicas mineralizadas (apéndices de ore body) con oro nativo como relleno de fracturas y con una ley de 12.26 gr/TM.

La **realidad problemática** que se presentó en la Mina La Fortuna de Icuero fue la falta de sostenimiento a lo largo del desarrollo de la Cortada 330 NE, ya que sólo se visualizó un sostenimiento con cuadros de madera en la entrada de la labor, la cual

fue realizada de forma empírica por los trabajadores de la empresa sin un estudio geológico ni geomecánico previo. Por ello, fue necesario realizar una evaluación geológica y geomecánica para obtener resultados acerca del tipo de roca existente en la labor, comportamiento del macizo rocoso ante agentes externos (geológicos), nivel de fracturamiento, presencia de discontinuidades y fallas.

Uno de los **factores** categóricos del problema que se planteó fue que no existe un estudio geológico ni geomecánico. Esto **generó** que no se tome en cuenta las características, comportamiento y estructura del macizo rocoso ante las diferentes condiciones a las que se encuentra sometida como lo son los factores geológicos e hidrológicos. Lo que significó que al no tener estos datos acerca del macizo rocoso no se pudo escoger un tipo de sostenimiento adecuado para dicha labor. Uchamaco (2020), nos dice que un estudio geomecánico es aquella evaluación que se realiza al estado actual de una estructura rocosa, principalmente de las propiedades mecánicas que presentan y así poder determinar su calidad, tipo, número de fallas y finalmente aplicar un sostenimiento idóneo si lo requiriera.

Otra de las **causas** que se identificó en la realidad problemática fue que dicha labor minera presenta una estructura geológica con un alto grado de inestabilidad y presencia de fallas. Lo que puede **generar** derrumbes, deslizamiento y caídas de rocas, que como consecuencia ocasionaría accidentes afectando a los trabajadores y a los equipos de producción, paralización de trabajos, pérdidas económicas y disminución de la producción. Así mismo, esto conlleva a que haya grandes pérdidas económicas. El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2017), nos dice que es de vital importancia que dentro de una minería subterránea se pueda evaluar al macizo rocoso geológicamente, ya que con ello se podrá obtener la topografía, porcentaje de agua y también tener el conocimiento acerca de la geología de la labor minera.

Otro motivo que causó la problemática planteada **fueron** los factores geológicos e hidrológicos, los mismos que someten a cambios mecánicos y modifican el

comportamiento de toda la estructura rocosa. Lo cual podría **provocar** que la roca sea más vulnerable ante las fuerzas de tracción y compresión y que fácilmente se generen desplazamientos y desprendimientos de la misma. Según Roncón (2021) los factores categóricos hacen que toda la zona de gran potencial minero sea susceptible ante grandes remociones de masa debido a que se generan modificaciones en su entorno natural ocasionados tanto por la mano del hombre. Así como, por los agentes ambientales, entre los cuales tenemos el fracturamiento, discontinuidades, humedad, meteorización, erosión, entre otros.

Para ello, se llevó a cabo la **formulación del problema** teniendo como pregunta de investigación, ¿De qué manera una evaluación geomecánica determinará el tipo de sostenimiento en la Cortada 330 NE de la mina La Fortuna de Icuero? Para este problema se formuló la siguiente **hipótesis** de investigación: Si se realiza una evaluación geomecánica entonces se podrá determinar el tipo de sostenimiento adecuado para la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero.

Las justificaciones con las que se llevó a cabo la presente investigación fueron realizadas mediante un carácter teórico, metodológico y práctico. Es una **justificación teórica**, ya que la investigación se realizó a través del manejo de criterios y fundamentos teóricos expuestos respecto a la evaluación geomecánica ya que esta permitió identificar la calidad de la roca para determinar un diseño de sostenimiento, a fin de que se brinde estabilidad a la labor subterránea de la Mina La Fortuna de Icuero. Así mismo, la **justificación fue metodológica** porque se utilizaron diversos métodos para proponer estrategias nuevas y así generar conocimiento que sea válido y confiable. Finalmente, **práctica** ya que conforme con los objetivos que se plantearon se alcanzó una solución a la problemática; ya que se dieron a conocer diferentes tipos de sostenimiento y se evaluó cuál de ellos tiene un mejor sistema para brindar estabilidad a la labor.

Teniendo como base lo expuesto con anterioridad se planteó como **objetivo general** realizar una evaluación geomecánica para determinar el tipo del sostenimiento en la

Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero. Entre los **objetivos específicos** que se plantearon para llevar a cabo la investigación fueron: En **primer lugar**, describir la geología local, regional y estructural de la Mina La Fortuna de Icuero. En **segundo lugar**, caracterizar el macizo rocoso a través de los parámetros del RMR, Q de Barton y GSI para determinar la calidad de la masa rocosa que se encuentra en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero. Por último, **en tercer lugar**, elegir el tipo de sostenimiento adecuado de acuerdo a la Evaluación Geomecánica en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero.

II. MARCO TEÓRICO

Para poder elaborar esta investigación se recolectó información de una serie de investigaciones previas, las cuales sirvieron como base y brindaron un respaldo científico. Para ello, tenemos antecedentes a nivel Nacional e Internacional:

De carácter internacional tenemos a Gómez (2022) en su trabajo “Caracterización, Zonificación Geomecánica y recomendación del sostenimiento para lograr Estabilidad de labores temporales y permanentes en el Nivel 1712 del Cuerpo Zeus de la Mina El Roble”. El cual tuvo por **objetivo** realizar la caracterización geomecánica teniendo en cuenta 2 criterios de clasificación, el primero propuesto por Bieniawski del año 1989 y Hoek y Marinos del año 2000, para determinar qué elementos son primordiales para lograr estabilizar las labores; ya sean temporales y permanentes. Como **resultados** se obtuvo que la masa rocosa presente en la labor cuenta con características geomecánicas diferentes y se identificaron dos tipos de roca; uno de mala calidad con un RMR de 31-40 y otra de calidad regular con un RMR de 41-60, lo cual evidencia la alta inestabilidad en este Nivel. Llegando a la **conclusión** que en el Nivel 1712 las características geomecánicas del macizo rocoso sirven de ayuda en los avances y requieren un sostenimiento de menor capacidad, lo cual permite optimizar los tiempos de minado y reduce los costos de la operación. Esta investigación **sirvió** puesto que la tomaremos como referencia debido a que se detalla de forma amplia y precisa información que se abordó en nuestra investigación acerca de la geomecánica.

Moraga (2018) en su tesis “Característica geológica y geotécnica generales que intervienen en la voladura y el efecto de daño en el campo lejano en minería de tajo abierto”, la cual tuvo como **finalidad** realizar una evaluación geológica y geotécnica que presenta la labor después de que ha sido sometida a daño por voladura. Coincidieron como **resultado** que el tipo del macizo rocoso está compuesto de roca intrusiva granítica y en contacto con grandes presencias de andesita. Además, las rocas presentan un grado intenso de meteorización, la roca es muy porosa y de

acuerdo con las especificaciones del terreno la roca se encuentra bastante afectada por la diversa detonación que se realiza dentro de las labores. Así mismo, es importante resaltar que dicha investigación también informa acerca de la presencia de agua, fallas, cavidades y dominio geotécnico. Teniendo en cuenta todo lo mencionado se llegó a la **conclusión** de que si se conoce la característica geológica y geotécnica de un yacimiento será un punto clave para poder controlar que tan fácil es poder fragmentar el macizo rocoso. En tal sentido se consideró la alteración, discontinuidades y las características intrínsecas del aspecto de toda la labor. Este trabajo fue relevante para la presente investigación debido a que nos **permitió** evaluar la importancia de la evaluación geológica y geotécnica para que se pueda llevar a cabo una buena fragmentación de la roca.

Mian, Luqman, Salman, Mirza, Syed, Mifzala y Muhammad (2018) en su investigación titulada Geotechnical evaluation of rock cut slopes using basic Rock Mass Rating (RMR basic), Slope Mass Rating (SMR) and Kinematic Analysis along Islamabad Muzaffarabad Dual, tuvieron por **objetivo** analizar el macizo rocoso de forma empírica usando el RMR básico para analizar las fallas de los taludes y calidad de la roca. Los **resultados** que obtuvieron fueron que la suma de las calificaciones de los parámetros en el rango de RMR se encontraron entre 42 a 60 y las rocas se caracterizaron como claras y el SMR mostró que las laderas eran parcialmente estables a completamente inestable. Llegaron a la **conclusión** que la litología a lo largo los taludes cortados de IMDC son predominantemente de esquisto/arcilla (incompetente) y en algunos lugares arenisca (competente) es dominante; así mismo que las fallas planas y de cuña son comunes debido a la naturaleza del buzamiento abrupto de las discontinuidades. Este trabajo **contribuyó** con la presente investigación al brindar información sobre el proceso para la evaluación de la estabilidad y los mecanismos de falla, también proponen medidas correctoras mediante el uso de hormigón proyectado.

Cuervas, Jordá, Nazareo y Escobark (2015), Haghshenas, Reza, Moghadam y Haghshenas (2017), Rehman, Muntaqim Jung-HankyuYoo (2019) y Bastidas, Soria,

Mulas, Loaiza y Bordehore (2022) en sus investigaciones, tuvieron por **objetivo** usar la clasificación geomecánica Q de Barton para cuantificar y evaluar la estabilidad de túneles, minas y cuevas sin apoyos; para analizar de forma preliminar la metodología de estabilidad en orificios subterráneos. Obtuvieron como **resultado** que las zonas estudiadas en la mina son estables; puesto que la calidad de roca es relativamente buena y el factor de seguridad es alto en todas las zonas mayores a 1,3 y la calidad Q de roca es 20,9. **Concluyeron**, que no se necesitó sostenimiento, puesto que en las estaciones geomecánicas realizadas en campo y mediciones topográficas determinaron que el índice Q es bueno. La **importancia** de estas investigaciones se basa en la necesidad de validar el índice de Barton, puesto que está relacionado con los anchos con calidad de roca, que se le puede dar a una labor para tener un factor de seguridad determinado para aumentar la estabilidad.

Miranda (2019), Carrión, Aguilar, Morante, Domínguez, Sánchez, Zambrano, Briones, Blanco, Córdova y Berrezueta (2021), Bednarek y Majcherczyka (2020), Sipeki, Newman y Yano (2019); coincidieron como **objetivo** llevar a cabo un análisis geomecánico del macizo rocoso primario en las diferentes minas donde realizaron sus investigaciones. Finalmente, **sintetizaron que**, al realizar perforaciones de auscultación, las mismas que sirvieron para realizar un análisis geomecánico, pudieron obtener como resultado que las partes ubicadas hacia una zona interna tenían un RQD de tipo I, II y III; y que los bordes externos tenían un RQD tipo IV. Cabe mencionar que con dichos resultados pudieron observar que se necesitaría más refuerzo en las zonas interiores. Además, estos trabajos previos se realizaron con el propósito de conocer la calidad y tipo de roca; y de esta manera asegurar las zonas más débiles de los pilares, que en este caso fueron las zonas internas, las cuales tienen mayor carga en el núcleo.

Mucuta, Cartaya y Cuni (2019), Zhang, Huang, Zhu y Li (2019), Behrooz, Mostafa y Xia-Ting Feng (2021) y Mohammadi (2021), tuvieron por finalidad evaluar la calidad geomecánica del macizo rocoso de los diferentes yacimientos. Obtuvieron como **resultado** que en la zona existen tres familias que presentan grietas predominantes

con tamaños de bloques naturales de tamaño pequeño a medio. Adicional a ello, el macizo rocoso que se identificó tuvo calidad media. Llegaron a la **conclusión** que el macizo rocoso de estos yacimientos presentó una calidad en cuanto a la evaluación geomecánica media, con sectores de calidad mala (frente I), por la presencia de roca pizarra. De tal forma, estas tomaron **importancia** debido al procedimiento que se utilizó para determinar el RQD y RMR, lo cual brindó información acerca de las estructuras presentes en esta zona.

De carácter nacional tenemos a Guerra, Navarro y Polo (2019) y Cunyas (2022) tuvieron como finalidad realizar una evaluación geomecánica para implementar el sistema de sostenimiento con fines de seguridad. Estos estudios arrojaron como **resultado** que a través del RMR la roca es de mediana calidad, mientras que por medio de Q de Barton se obtuvo que la calidad es regular. Como **conclusión**, para lograr la seguridad tanto para equipos y trabajadores en las minas, se optó para aplicar como sostenimiento pernos sistemáticos de longitud de 4 m y mallas electrosoldadas. Las tesis **servieron como base** debido a que brindaron información acerca de las consideraciones a tener en cuenta sobre los parámetros para realizar la evaluación geomecánica.

Cotrado (2021), Quispe (2018) y Herrera (2021) en sus investigaciones tuvieron como **objetivo** realizar la caracterización del macizo rocoso para conocer su calidad, teniendo en cuenta las características locales y regionales que presentan las minas donde realizaron sus estudios. Se obtuvo como **resultados** que su geología está formada por cuarzo y granodiorita que pertenece al batolito de la costa. Además, las formaciones de la veta en la zona 18 cuenta con un buzamiento de 60° a 85°, asimismo los minerales que constituyen a las rocas son pirita, limosnita y arsenopirita. También es importante detallar que las unidades litológicas tienen formación de roca metamórfica, sedimentaria e intrusiva, que está distinguida por colores blancos y rosado de acuerdo a lo que se presenta en sus columnas estratigráficas. Es así como se llegó a la **conclusión** que la caracterización geológica del macizo rocoso ayuda a poder especificar e identificar cual es la

formación de los depósitos, características y calidad del macizo rocoso y con ello poder optar por un sostenimiento adecuado. Estos trabajos sirvieron para la presente investigación debido a que permitió asemejar sus investigaciones con la nuestra debido a que estas investigaciones tienen el objetivo de hacer una evaluación geomecánica para brindar seguridad y estabilidad en la labor.

Se encuentra también el estudio de Uchamaco (2019), Laurente (2019) y Ticona (2021); en sus investigaciones coincidieron como **objetivo** realizar el diseño de un sostenimiento activo a través de una evaluación del macizo rocoso. Como **resultado** obtuvieron que la resistencia a la comprensión simple corresponde a un tercio con respecto a la cuarcita. Así mismo, se identificó la presencia a nivel matriz de pizarra. Lo que resalta que la cuarcita tiene una resistencia inicial mayor a la pizarra; mientras que en el ensayo a nivel del macizo se muestran que la pizarra tiene la mitad de resistencia que la cuarcita. Se **concluyó** que en las zonas de estudio teniendo en cuenta el RMR se caracterizó el macizo rocoso de calidad tipo III en pizarra y en cuarcita la calidad es tipo II. Así mismo, el dominio estructural de las rocas está representado por las fracturas. El aporte de estas investigaciones surgió puesto que se abarcó la evaluación geomecánica de forma detallada con la finalidad de brindar mayor conocimiento sobre cada procedimiento que se realiza.

Salazar (2020), Arana (2019) y Villanueva (2022); tuvieron por **finalidad** determinar de qué manera influye en el método de corte y relleno ascendente para elegir un sostenimiento en la Mina. Obtuvieron como **resultado** que los estudios permitieron identificar que el tipo de roca que se evidencia en la labor es ígnea plutónica, principalmente granodiorita cuya textura fina está compuesta por feldespatos y cuarzo. **Concluyeron** a través del RMR, que la roca es buena de clase II, que cuya valoración fue de 74 puntos. Por ello, el sostenimiento por el que se optó fue el uso de pernos Split set con una longitud de 3m en la corona, espaciados de 2.5 m, adicional a ello con malla electrosoldadas y shotcrete ocasionalmente. Las tesis **contribuyeron** a la investigación debido a que con el análisis realizado se logró determinar el sostenimiento más óptimo, teniendo en cuenta todos los parámetros.

Según Lucas (2019) en su tesis “Caracterización geomecánica para evaluar el sostenimiento de la mina Huantajalla-Compañía Minera Buenaventura S.A.A.”, la cual tuvo por **finalidad** determinar el tipo de sostenimiento para lograr estabilidad en el minado subterráneo de la mina Huantajalla por medio de la caracterización geomecánica. Se obtuvieron como **resultados** que la calidad de la roca varía desde regular 3 A, regular 3 B y para optimizar el sostenimiento aplicaron malla electrosoldada Split set con espaciamiento de 1.20m. Mientras que, en roca de mala calidad 4 A, el espaciamiento que se utilizó fue de 1 m empleado en forma de cocada. Donde se llegó a la **conclusión** que los sistemas de clasificación nos permiten realizar una caracterización de la roca donde se obtuvo que la calidad varia de media y mala. Este trabajo fue **relevante** para la presente investigación debido a que nos permitió identificar el tipo de sostenimiento más adecuado con el fin de brindar estabilidad y seguridad a las operaciones.

Acosta y Barón (2019); Carmona (2019) y Cabellos y Samamé (2021) en sus tesis se plantearon por **objetivo** lograr la estabilidad de taludes en las Minas donde realizaron sus investigaciones por medio del estudio geotécnico, obtuvieron como **resultado** que las valoraciones del RMR tuvieron un valor de 41-60 y lo que determina tipo de roca III, tiene regular calidad y presenta alteración y fracturación lo que genera zonas inestables. Así mismo, el valor del SMR oscilo entre 21 y 32.50, que indica 86.66% presenta condición inestable y el 13.33 % es estable. Llegaron a la **conclusión** que del total de las 15 estaciones geomecánicas, se obtuvo que el grado de fracturación es de buena calidad, en la condición de aguas subterráneas seco, la compresión uniaxial buena a muy buena, con espaciamiento moderado a junto, donde la persistencia es baja a muy baja, una abertura parcialmente abierta, presenta ligera rugosidad, un relleno blando con una meteorización moderada. La investigación **sirvió** porque se realizó la identificación de la litología y geología, lo cual permitió describir las discontinuidades y la clasificar el macizo rocoso.

Según Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 2020), la geología es la ciencia que se encarga del estudio del planeta tierra, su formación, estructura,

materiales, procesos que actúan en el interior y sobre la superficie, minerales y rocas, fósiles, terremotos y volcanes, montañas y océanos, suelos, paisaje, erosión y depósito. Adicional a ello, también se encarga del estudio del origen del planeta y de los cambios que ha ido sufriendo a lo largo de toda su historia.

OSINERGMIN (2017), indicó que para explotar o trabajar en minería subterránea es necesario que se cuente con las **características geomecánicas**, tanto geológicas, estructurales, del macizo rocoso e hidrogeológico. De tal forma, para definir estas características geomecánicas es primordial contar con la topografía, geología y la geotecnia a nivel regional y local. Según Malkowski, Zbigniewe y Niedbalski (2020) la determinación de las tensiones es uno de los elementos primordiales del análisis geomecánico, que surge como parte de la evaluación del riesgo de desprendimientos de rocas en el área de operación planificada. También tenemos a Escobar y Duque (2016), que nos indican que la **Geomecánica** es aquella ciencia que realiza el estudio específico del comportamiento del macizo rocoso. Así mismo, dicho comportamiento se ve afectado por los efectos a los que se encuentre sometida la roca. Además, cuenta con características físicas como (tensión, presión y resistencia), las cuales se pueden ver alteradas por fallas o discontinuidades.

Para realizar una clasificación geomecánica, debemos tener en cuenta todos los parámetros tanto como de deformación y resistencia del macizo; los cuales se obtienen de los resultados del laboratorio con las muestras obtenidas en campo, uno de estos parámetros es la clasificación del RMR propuesta por Bieniawski. En su investigación Cáceres (2019) nos dice que el **RMR** o **Rock Mass Rating** es un sistema propuesto por Bieniawski en el año 1976 y sirve para poder determinar la resistencia del macizo rocoso. También, tenemos al RQD que es un sistema que logra calificar la roca según la calidad en un intervalo de 0 a 100 Mpa. Según Vaca (2018), corresponde al porcentaje de recuperación de los testigos de 10 cm a más de longitud en su eje, pero sin tomar las roturas generadas en la perforación.

Por otro lado, se realizará la clasificación a través del Q de Barton; el cual es una clasificación que permite estimar parámetros del macizo rocoso y de acuerdo a ello, diseñar sostenimientos para túneles y otras excavaciones subterráneas. Así mismo, Burgos (2018), indica que esta clasificación se utiliza para definir el soporte en la construcción de cavernas y túneles subterráneos, luego el Índice Q fue aplicado en macizos rocosos para estimar su calidad.

Rodríguez (2018) menciona que, para lograr la estabilidad del macizo rocoso de las diferentes excavaciones, ya sean tajeos, galerías, cruceros, una rampa, etc., se debe tener en cuenta las condiciones estructurales en las que se encuentra la roca detrás de los bordes de las aberturas y los esfuerzos. Ello, debido a que las inestabilidades locales son controladas por la cantidad de daño causado a la masa rocosa por la voladura, la presencia de rasgos estructurales y por los cambios locales en los esfuerzos. Tener el sostenimiento adecuado es primordial puesto que, permite reducir la posibilidad de fallas en los bordes de las excavaciones, así mismo resuelve los problemas ocasionados por los esfuerzos.

Se sabe que en toda excavación subterránea se crean espacios vacíos que generan inestabilidad a consecuencia de la rotura de la roca. Por consiguiente, para brindar seguridad a las operaciones debemos tener en cuenta contar con un sistema de sostenimiento adecuado cuando se inicia el proceso de explotación. Por ello, será fundamental apoyarlos sobre un refuerzo o también llamado sostenimiento que sea adecuado de acuerdo con el tipo de la roca. Según Suasnabar (2019), se define al conjunto de técnicas que se realiza con la finalidad del mantener la estabilidad de las cavidades que se forman como productos de la explotación de los recursos mineros, lo que permitirá mantener seguras las operaciones durante el tiempo necesario. Así mismo, son todos los elementos que se utilizan para la instalación de las labores puesto que contribuyen a brindar estabilidad y ambientes seguros que protejan la vida de los trabajadores, maquinarias y las actividades que se realizan y aumentan la productividad de las labores. Esta puede ser con cuadro de madera, pernos de anclaje, shotcrete, malla electrosoldada y entre otros.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El **tipo de investigación** según la naturaleza y finalidad de la investigación y los objetivos que se formularon fue aplicada con enfoque cuantitativo. Esto debido a que se tomaron en referencia teorías de investigaciones previas de otros autores con la finalidad de obtener nuevos conocimientos que nos ayudaron a brindar solución a la problemática. Puesto que, se brindaron alternativas para elegir el tipo de sostenimiento más adecuado en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuro. Según Álvarez (2020) el tipo de investigación aplicada está orientada a obtener nuevos conocimientos con la finalidad de brindar soluciones a problemas prácticos.

En cuanto al **diseño de la investigación** de este informe fue no experimental, debido a que las variables planteadas no fueron manipuladas. Puesto que, se identificó el tipo de roca mediante una evaluación geomecánica, la cual nos permitió elegir el tipo de sostenimiento más adecuado en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuro. Así mismo, Arellano, Arispe, Guerrero, Lozada, Yangali y Acuña (2020), mencionan que en el diseño no experimental los fenómenos del estudio se observan de manera natural en campo, para luego realizar el análisis. Esto significa, que para realizar la investigación el autor tomó las muestras tal cual se visualizaron en campo y sin ningún tipo de manipulación.

3.2. Variables y operacionalización

Para la elaboración de nuestro informe de investigación se tomó en cuenta dos variables de estudio. Para ello, tenemos la variable independiente que estuvo determinada por la Evaluación Geomecánica y la variable dependiente que comprendió el tipo de sostenimiento.

3.2.1. Definición conceptual

- **Variable Independiente:**

Evaluación geomecánica: Para Salazar (2020), consiste en estudiar las características de la mecánica de rocas y suelos, así mismo ayuda a precisar su comportamiento, en relación a los cambios de presión, esfuerzos, temperatura y todos los parámetros necesarios. Los cuales fueron realizados a través de las tablas geomecánicas.

- **Variable Dependiente:**

Tipo de sostenimiento: Según Ríos (2019), consiste en colocar algún elemento estructural con la finalidad lograr la estabilidad y preservar la capacidad de la roca circundante a la excavación, conservando la resistencia de las rocas para auto soportarse y puede ser temporal o permanente.

3.2.2. Definición operacional

Para la **operacionalización de variables** primero se identificaron las variables de estudio. En este caso, para la variable independiente que corresponde a la Evaluación Geomecánica se hizo referencia al conjunto de parámetros y tablas geomecánicas que se utilizaron y como dimensiones se tomaron en cuenta la topografía del terreno, geología del yacimiento y la clasificación geomecánica. Mientras que para la variable dependiente “tipo de sostenimiento” se hizo referencia al conjunto de elementos que se utiliza para brindar resistencia al terreno excavado. Así mismo brinda el suficiente confinamiento para lograr conseguir la estabilización de la excavación con una deformación aceptable y se tomaron como dimensiones; sostenimiento según Bieniawski, sostenimiento según Barton, sostenimiento propuesto para la labor.

3.2.3. Indicadores

Para la variable independiente los indicadores que usamos fueron: levantamiento topográfico, geología estructural, geología local, geología regional, RMR, Q de Barton y GSI. Así mismo, para la variable dependiente se utilizaron los parámetros de seguridad, parámetros técnicos, vida útil y costo promedio.

3.2.4. Escala de medición

Las escalas de medición que se utilizaron en este informe fueron de razón y nominal.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Para realizar este informe de investigación se tuvo como población a todo el macizo rocoso de la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero. Arias (2020), lo define como el conjunto de lo que el autor pretende estudiar, el cual puede estar constituido por objetos, eventos, personas o animales.

- **Criterios de inclusión:** Las características que tuvimos en cuenta para incluirlas en la población fueron roca fracturada, presencia de discontinuidades, agua, fallas, agentes climatológicos; las cuales se tomaron en cuenta porque esas son las características del macizo rocoso que dan origen a que se generen condiciones de inestabilidad en las labores.
- **Criterios de exclusión:** Los criterios de la población que fueron excluidos en la investigación son roca levemente fracturada y sin rasgos de inestabilidad, puesto que si la roca es competente no necesitará sostenimiento y por ende la investigación no tendría relevancia.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por el macizo rocoso con alto grado de alteración que se evidencia por la presencia de fallas y discontinuidades en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero. Toledo (2020) señala que es una parte de la población y se puede definir como un subgrupo representativo y limitado que se extrae de la población.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que empleamos para ejecutar el informe de investigación fueron:

- **Observación de campo**, se empleó esta técnica ya que se realizaron visitas a la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero con la finalidad de recolectar datos; de la cual se obtuvo información que nos permitió identificar las diferentes características geomecánicas de las rocas. Según Arias, Behar, Rivero y Tamayo como se citó en Gallardo (2021) la observación es una técnica de investigación que consiste en realizar un registro sistemático, confiable y verídico del comportamiento de los hechos o fenómenos que se producen en la naturaleza a través de la vista sin alterar la información.
- **Guía de observación de campo**, este nos sirvió para poder analizar y caracterizar al macizo rocoso de la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero. La cual se realizó a través de la recolección de datos; donde obtuvimos el tipo, orientación, espaciado, abertura de las discontinuidades. Según el Alvarado (2020), este es un instrumento que consiste en evaluar los desempeños a través de registros, en esta se disponen categorías que van a permitir visualizar las actividades de forma integral.
- **Tablas geomecánicas**, para plasmar los resultados de la investigación el uso de las tablas geomecánicas fue primordial, ya que con la ayuda de este

instrumento se asignaron los valores a las muestras de acuerdo a la clasificación estipulada en las tablas. Ello permitió determinar las características, propiedades y calidad de las rocas que conforman la labor y así se identificaron las zonas críticas donde se genera la inestabilidad y de esta forma se eligió el sostenimiento más adecuado. Según Román (2019), las tablas geomecánicas son aquellas que nos permiten determinar la calidad del macizo rocoso con los datos obtenidos en campo.

- **Análisis documental**, es una técnica que permitió recolectar información y datos a través de trabajos previos, reportes, registros y publicaciones que permitieron llevar a cabo el análisis respectivo y sustento de los resultados. Gallardo (2017), sugiere que el análisis documental consiste en un dificultoso proceso de revisión de reporte, registros, literatura, ensayo de laboratorio, etc. con el propósito de adquirir nuevos conocimientos de las bases teóricas.
- **Guía de análisis documental**, este instrumento permitió registrar la información más importante obtenida en las tesis previas, artículos de revisión, artículos de investigación y revistas referente a los tipos de sostenimiento y especificaciones técnicas para plasmarlas en la presente investigación. Según Liniers (2020) la guía de análisis documental consiste en realizar el trabajo a través de un proceso intelectual. En el cual extraen las nociones de los documentos para representarlos y de esta manera poder facilitar el acceso a la información original.

3.5. Procedimientos

- **Etapa 01: Planificación y recojo de información**

En la primera etapa, se realizó la planificación de la visita a la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuro. En la cual, se logró visualizar la realidad problemática y

por ende se identificó el problema de investigación. Por consiguiente, se planteó la hipótesis con la finalidad de brindar una solución a nuestros objetivos propuestos. Además, se recopiló la información a través de antecedentes, teorías y trabajos previos que coincidieron con nuestra variable de estudio.

- **Etapa 02: Aplicación de instrumentos y recopilación de datos de campo**

En esta etapa se eligieron las técnicas de recolección de datos que fueron la observación de campo y el análisis documental; y los instrumentos que utilizamos fueron la guía de observación de campo, tablas geomecánicas y guía de análisis documental para recolectar los datos y presentarlos en el informe de investigación de la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero. Así mismo, se volvió a viajar a la zona de estudio para así poder recopilar los datos de campo por medio de nuestros instrumentos y también sacamos muestras y las llevamos a analizar en el laboratorio de Mecánica de rocas de la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad César Vallejo para realizar una validación y plasmar los resultados correspondientes en nuestra investigación.

- **Etapa 03: Desarrollo y procesamiento de datos**

Se procesaron los datos mediante el método de procesos donde se obtuvieron los resultados partiendo de los objetivos trazados por medio de las técnicas e instrumentos y el método analítico-sintético que sirvió para caracterizar el macizo rocoso y de esta forma elegir el tipo de sostenimiento más adecuado teniendo en cuenta los parámetros técnicos y económicos a través de una síntesis de conceptos y datos para analizar los resultados. Así mismo, se desarrolló la discusión de resultados y conclusiones con la finalidad de reconocer las limitaciones y aportes del estudio para brindar recomendaciones y explicar el resultado comparando el conocimiento previo.

3.6. Método de análisis de datos

Es primordial considerar los métodos de análisis de datos que se emplearon. En este caso, utilizamos el método de procesos y el método analítico-sintético.

- **Método de procesos**

En el presente informe de investigación se aplicó el método de procesos porque su finalidad es obtener los resultados partiendo de los objetivos trazados a través de las técnicas que fueron la observación de campo y el análisis documental. Así mismo, los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron fueron la guía de observación de campo, tablas geomecánicas y guía de análisis documental que nos permitieron realizar una Evaluación Geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero. Según Suarez (2020), este método examina y soluciona los problemas de la investigación, teniendo en cuenta el conjunto de procedimientos y se apoya en los instrumentos y las técnicas necesarias para su ejecución.

- **Método analítico-sintético**

También se utilizó el método analítico-sintético porque se analizaron los diferentes parámetros de la evaluación geomecánica utilizando el RMR, Q de Barton y GSI en la que se tomaron como indicadores el tipo de roca, características de las discontinuidades, presencia de agua, entre otros; para obtener las causas y consecuencias que generan la inestabilidad de las labores. Además, es sintético puesto que se realizó una síntesis de diferentes conceptos, teorías y datos que luego se unificaron y resumieron para conseguir los resultados de la Evaluación Geomecánica. Según Jiménez (2017), para la ejecución se hace referencia a dos procesos intelectuales inversos que operan en concordancia: el análisis y la síntesis.

3.7. Aspectos éticos

En toda investigación la aplicación de principios de ética forma parte primordial. Es por ello, que la Universidad César Vallejo Filial Chiclayo los siguientes principios:

- **Beneficencia**, este principio ético fue de vital importancia debido a que nos permitió elegir el sostenimiento más adecuado para la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero, mediante este resultado se obtuvo un ambiente de trabajo más seguro. Así mismo, los trabajadores realizarán sus actividades sin interrupciones y no se generarán pérdidas materiales ni humanas.
- **No maleficencia**, el cual se empleó porque se tomaron datos verídicos para plasmar los resultados que fueron obtenidos en el campo. Los cuales no fueron alterados y cuya finalidad fue minimizar los eventuales riesgos cuando los obreros realicen sus labores. Este aspecto se concreta al entregarse a la empresa la información de los resultados para su innovación.
- **Autonomía**, esta se relaciona con la autonomía y confidencialidad porque la investigación no se vio influenciado por terceros. Ya que los objetivos planteados fueron deliberados por los autores. Así mismo, los resultados obtenidos fueron verídicos y confiables ya que sirvieron para la mejora de las operaciones en la Cortada 33 NE de la Mina La Fortuna de Icuero.
- **Justicia**, este aspecto ético fue empleado en este informe de investigación puesto que la información estuvo orientada a la realización de una buena Evaluación Geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento más óptimo en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero sin que se alteren los resultados.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la geología regional, local y estructural de la Mina

Para plasmar los resultados de la investigación se partió del primer objetivo específico en el cual se describe la geología regional, local y estructural. La cual se realizó con la ayuda de fuentes del INGEMMET y el mapeo geológico in situ realizado en la Mina.

4.1.1. Geología regional

Cuadro 01: Leyenda de la geología de Tayabamba

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCÁNICAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito aluvial	Qh-al		
			Depósito coluvial	Q-cl		
		PLEISTOCENO	Depósito glaciario, fluvial	Q-flgl		
			Depósito glaciario	Qh-gl		
	PALEÓGENO	EOCENO				KsP-gd Granodiorita
		PALEOCENO				
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Formación Chota	KsP-cho	Cm-mp-gr, tn Granito, Cm-dl, gd Diorita, Granodiorita Ol-ggh Granito Gneisificado	
			Formación Jumasha, Celendín	Ksj, ce		
		INFERIOR	Formación Crisnejas	Kis-c		
			Formación Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo	Ki-ph, chu, pt		
	JURÁSICO	INFERIOR	Grupo Goyllarisquiza	Kis-g		
			Grupo Pucará	Tsll-p		
			Grupo Mitu	PET-m		
TRIÁSICO	SUPERIOR					
PALEOZOICO	PÉRMICO	LOPINGIANO	Grupo Ambo	Cm-a		
	CARBONÍFERO	MISSISSIPPIANO	Formación Lavasén	Cm-l		
	ORDÓVICO	SUPERIOR	Formación Contaya	Om-c		
INFERIOR		Complejo Marañón	NP-cm-esq, gn			
NEO-PROTEROZOICO						

Fuente: INGEMMET

En el cuadro 01 se detalla la geología desde la perspectiva regional. Tayabamba se encuentra ubicado al lado izquierdo del Rio Cajas, afluente del Rio Marañon, dentro de la región de La Libertad, con un área de extensión aproximada de 339.1 *km*². La columna estratigráfica abarca una secuencia de rocas intrusivas y subvolcánicas que van desde el neoproterozoico al cuaternario.

Las rocas más antiguas pertenecen a la Era Neoproterozoica, en la cual se encontró al Complejo Marañon (NP-cm-esq, gn), el cual surge en la Cordillera Oriental y está compuesto por esquistos y gneis. Suprayaciendo al Complejo Marañon se encuentra la Formación Contaya (Om-c), perteneciente al Paleozoico Ordóvico y se encuentra formado por pizarras grises correctamente laminadas y que no han sufrido ningún tipo de alteración.

Luego la base cambia por la presencia de una discordancia para pasar a la Formación Lavasen (Cm-l), en la era Paleozoica periodo Carbonífero que presenta una formación volcánica indiferenciada, con un grosor 1500 metros aproximadamente. Así mismo, en este periodo tenemos al Grupo Ambo (Cm-a) que está conformado por areniscas cuarzosas en estratos gruesos que presenta una estratificación sesgada, intercaladas con limonitas y lutitas que poseen regular contenido de materia orgánica.

Se presenta otra discordancia erosiva donde se ha depositado el Grupo Mitu (PET-m) el cual está compuesto por lavas andesíticas porfiríticas. También, se visualiza el Grupo Pucará (TsJi-p), perteneciente al Mesozoico en el cual se encontraron calizas gris azulinas en bancos medios a gruesos con módulos de chert. Luego, tenemos al Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) formado por limolitas, lutitas gris verdosas, areniscas cuarzosas blanquecinas, lentes de carbón, areniscas gris claras que se encuentran alternando con lutitas grises a limolitas rojizas.

Otra de las formaciones de la era Mesozoica es la Formación Parihuanca, Chúlec, Pariatambo que las conforman calizas masivas de tono azul, calizas y margas cremas, aspecto masivo. Con intercalación de calizas y margas olor a fétido. Posterior a ello, se encuentra la formación Crisnejas (Kis-c), en la que se visualizaron lutitas, margas y calizas y en la parte inferior sobresalen lutitas fosilíferas, intercaladas con margas grises y calizas. Del mismo modo, se presenta la Formación Jumasha, Celendín (Ks-j,ce), cuyas calizas grises se encuentran en estratos de 1 a 2 metros de grosor resistentes que forman farallones, calizas, margas nodulares estratificadas pobremente y abundancia de fósiles. La Formación Chota (KsP-cho), es la última desarrollada en esta era y se encuentra compuesta por conglomerados, arcillas abigarradas y areniscas de grano anguloso de origen continental.

En la era del Cenozoico se visualiza una discordancia que separa las formaciones descritas anteriormente para pasar a los depósitos. En los cuales, se encuentran el depósito glacial (Q-gl) en el que se hallaron depósitos morrénicos y bloques angulosos en matriz de arcillas, arenas y limos. El depósito glacial, fluvial (Q-glfl) están conformados por depósitos glaciofluviales, arenas en matriz limoarenosas, gravas, arenas y diversos materiales residuales no consolidados. Después de ello, está el depósito coluvial (Q-cl) constituido por bloques rocosos heterométricos y homogéneos angulosos a subangulosos. Por último, el depósito aluvial (Qh-al) con presencia de gravas y arenas mal seleccionadas en matriz limoarenosa.

Se evidencia la presencia de rocas intrusivas y subvolcánicas, donde se encontró granodiorita (KsP-gd), granito y tonalita (Cm-mp-gr-tn), dorita y granodiorita (Cm-di,gd) y granito gneisificado (Oi-ggh).

4.1.2. Geología local

La mineralización de la Mina La Fortuna de Icuero está constituido por oro y sulfuros disseminados, en venillas lenticulares y vetas de cuarzo. Las rocas que hospedan dicha mineralización son metamórficas (pizarras, esquistos y filitas) y metavolcánicas

(riolitas y dacitas) del Complejo Marañón. Todas las rocas se encuentran alteradas por silisificación, cloritización y seritización. El depósito mineral está cortado por fallas regionales NW-SE y fallas más locales SW-NE. La cual se realizó por medio de un mapeo geológico.

4.1.2.1. Litología

• Pizarras y filitas

Los principales componentes de las pizarras son la muscovita, clorita, epidota y minerales de hierro. Estas rocas presentan un crucero pizarroso paralelas a venillas de cuarzo cristalino y lechoso. Estas rocas se presentan en la labor minera desde la primera vetilla mineralizada hasta los 67 m en la cual está en contacto con la segunda vetilla. Las filitas surgen por el aumento de metamorfismo de las pizarras, las cuales son semejantes mineralógicamente a las pizarras con las diferencias que las hojuelas de mica son más grandes. Así mismo, presentan alineamiento del cuarzo y feldespato formados durante el metamorfismo, con la estructura más deformada, dichas rocas se presentan a partir de la segunda vetilla mineraliza en la labor desde los 67 m hasta el actual tope.

4.1.2.2. Alteraciones metamórficas e hidrotermales

En dicho yacimiento se han identificados dos grupos de alteraciones: las alteraciones metamórficas regionales y las hidrotermales que cubre a las primeras, luego de la fase terminal de una actividad volcánica. También, las alteraciones metamórficas se distinguen porque están cortadas por la esquistosidad de las rocas. En grado y ancho de alteración guarda cierta relación con las potencias de las vetas y decrece distalmente.

- **Silicificación**

Las mejores zonas anómalas de oro en superficie (Afloramientos de vetas y cuerpos) y en profundidad (Labor Icuero) están relacionadas con una moderada a fuerte silicificación, presenta un ensamble de cuarzo – pirita, esta alteración ha removilizado, transportado y depositado oro y sulfuros en las rocas del Complejo Marañón, en los volcánicos y en las estructuras.

Existe un remplazamiento casi por completo en las rocas volcánicas en la parte superior de dicha Labor Minera por parte de la solución silícea hidrotermal en forma masiva y como venillas de cuarzo con transporte de sulfuros y oro. En la labor la silisificación más intensa se encuentra englobando a las vetas y vetillas más importantes, las cuales van degradando hacia los halos de las mismas, sobre rocas metamórficas. (Ver anexo 29)

- **Cloritización**

Se encuentran circundando la zona de alteración sílica de los cuerpos mineralizados de moderada a débil. Su ensamble es de cuarzo – clorita – pirita.

- **Sericitización**

Los planos de esquistosidad cruzan la sericitización metamórfica donde las venillas de cuarzo con sericita transportan pirita y hematita. Se presenta de débil a moderada y su ensamble es sericita – cuarzo – pirita – hematita.

4.1.2.3. Mineralización

Las estructuras mineralizadas vetiformes de la labor tienen un comportamiento tipo rosario en extensión y posiblemente también en profundidad, con potencias comprendidas entre 0.20 a 0.60 m, longitudes de decenas de metros y buzamientos

desde subverticales a sub-horizontales. Algunas de estas vetas se encuentran rellenando zonas de cizalla y formando lazos sigmoides, otras forman splits y vetillas que se han introducido entre la meta estratificación de las rocas.

Mineralógicamente las vetas del yacimiento están conformadas por cuarzo, disseminación de pirita amarillenta que puede confundirse con el oro, piritas transformadas en hematitas y limonitas, calcopirita, pirrotita, arsenopirita y oro inmerso en una pasta de cuarzo lechoso/hialino y sílice coloidal.

4.1.2.4. Yacimiento

El yacimiento dónde se desarrolla la Mina Icuro según la clasificación de yacimientos minerales, corresponde a la serie metamorfógena, grupo metamorfizado, clase de metamorfismo regional afectado por una posterior actividad hidrotermal de origen volcánico del tipo epitermal de baja sulfuración.

4.1.3. Geología estructural

En la Mina La Fortuna de Icuro, se realizó estudio de análisis tectónico, la cual se pudo determinar las orientaciones y direcciones de buzamiento de las fallas, vetas y vetillas. De la misma manera se pudo obtener el sistema estructural en las fracturas.

- Tectónica

En la tabla 01 se consignan las direcciones y buzamientos de las fallas presentes en la labor; donde se pueden observar dos familias de fallas una (SW-NE) predominante sobre la otra familia (SE-NW), lo cual se puede visualizar en los gráficos. (Anexo N° 26)

Tabla 01: Rumbo y buzamiento de discontinuidades

TRAMO	AZIMUT	DIP	DIP DIRECTION	FAMILIA
0+000 al 0+035	38°	76°	128°	F1
0+036 al 0+070	-	-	-	-
0+071 al 0+105	28°	79°	118°	F1
	290°	72°	20°	F2
	41°	81°	131°	F1
0+106 al 0+140	62°	82°	152°	F1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 02 se consignan las direcciones y buzamientos de las vetas/vetillas. Así mismo, también existe una predominancia sobre la otra: F1/F2 (SW-NE/NW-SW). (Ver anexo 27)

Tabla 02: Rumbo y buzamiento de vetas y vetillas

Tramo	AZIMUT	DIP	DIP DIRECTION	FAMILIA
0+000 al 0+035	45°	57°	135°	F1
0+036 al 0+070	39°	25°	129°	F1
	32°	85°	122°	F1
0+071 al 0+105	-	-	-	-
0+106 al 0+140	112°	80°	202°	F2

Fuente: Elaboración propia

Se mapearon las fallas regionales importantes que cortan la Mina Icuro localmente (F2) SE-NW, de movimiento normal-sinextral. Ocurridas después de la orogenia Brasilia, probablemente en la primera fase del ciclo Hercínico y reactivas por las

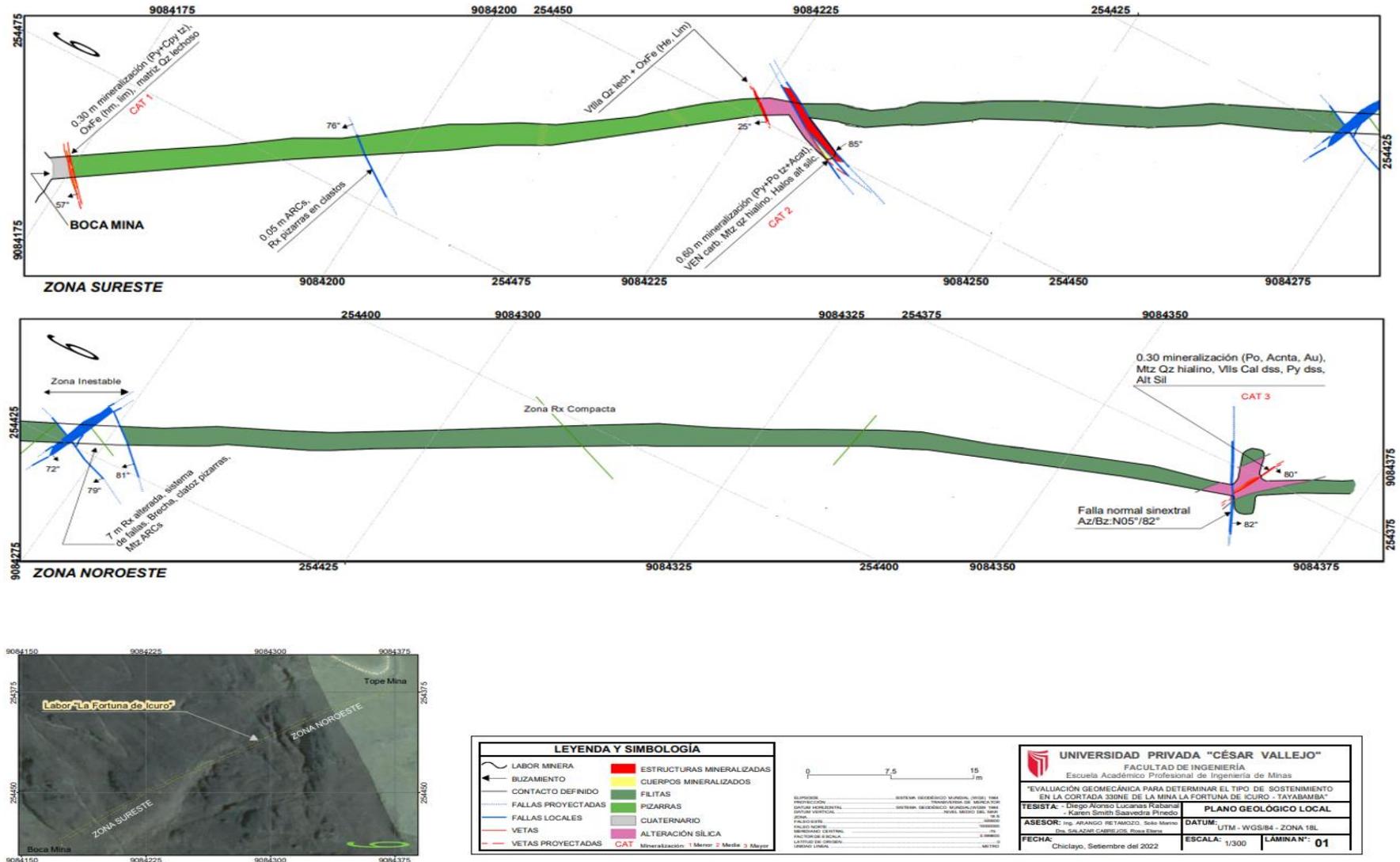
diferentes fases de la orogenia Andina. Estas fallas regionales son estructuras subverticales que conforman zonas de movimientos complejos (verticales y horizontales) zonas de subsidencia, de cizalla (shear zone) y vetas de cuarzo como se presenta en el tope de la labor. En la última, se observa acumulaciones de pirita-pirrotita sobre matriz de cuarzo con oro, por lo que se concluyó que han constituido también canales de mineralización de edad carbonífera.

Por otro lado, las fallas locales (F1) de dirección SW-NE son metamórficas, presentan buzamientos variados inter-estratificadas con la meta estratificación de las pizarras y esquistos. Estas estructuras están relacionadas con la fase 2 del confinamiento como respuesta a la presión del metamorfismo regional durante el Neoproterozoico y reactivado por las posteriores orogenias. Estas estructuras secundarias se observan durante todo el trayecto de la labor.

- **Micro tectónica**

Las fracturas poseen direcciones predominantes SW-NE (Zona de fracturamiento). La cual se plasmó en el mapeo geológico que se presentará a continuación.

Figura 01: Mapeo geológico de la Mina La Fortuna de Icuero



Fuente: Elaboración propia

4.2. Caracterización del macizo rocoso a través de los parámetros del RMR, Q de Barton y GSI para determinar la calidad de la masa rocosa

En el segundo objetivo se utilizaron los parámetros del RMR de Bieniawski, el Q de Barton y GSI, donde la valoración permitió conocer la calidad de la masa roca y las condiciones de estabilidad de la labor. Para ello, se tomaron 04 muestras de roca.

4.2.1. Caracterización de la roca a través del RMR

El RMR es una clasificación propuesta por Bieniawski en el año 1973, este nos permitió clasificar la calidad del macizo rocoso por medio de las muestras obtenidas de la labor y teniendo en cuenta 05 parámetros que se detallaran a continuación:

4.2.1.1. Resistencia a la compresión uniaxial

Tabla 03: Resistencia a la compresión uniaxial

Tramo	Descripción de los rangos	Resistencia a la compresión uniaxial (Mpa)	Calificación según la resistencia	Puntuación
0+000 al 0+035	50-100	81.280 Mpa	Resistente	7
0+036 al 0+070	25-50	49.265 Mpa	Moderadamente resistente	4
0+071 al 0+105	<25	24.360 Mpa	Débil	2
0+106 al 0+140	50-100	91.523 Mpa	Resistente	7

Fuente: Elaboración propia

De las 4 muestras extraídas de la labor y llevadas al laboratorio con ayuda del equipo de compresión uniaxial, para calcular el parámetro de resistencia a la compresión uniaxial se tuvo como resultado, que varía entre 50-100, 25-50 y <25 Mpa, lo que se interpretó como una resistencia a la compresión uniaxial entre buena en zonas donde no existen discontinuidades. Sin embargo, en zonas donde se visualizaron fallas la resistencia es mala.

4.2.1.2. RQD

Para el cálculo del RQD o grado de fracturación se utilizó la siguiente fórmula:

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

En donde:

$$J_v = \text{número de discontinuidades en } 1\text{m}^2$$

Tabla 04: Grado de fracturación RQD

Tramo	Descripción de los rangos	Valor	Calificación según la calidad	Puntuación
0+000 al 0+035	90%-100%	95.2	Muy buena	20
0+036 al 0+070	25%-50%	49.0	Mala	6
0+071 al 0+105	< 25	24.6	Muy mala	3
0+106 al 0+140	90%-100%	91.9	Muy buena	20

Fuente: Elaboración propia

El RQD nos permite medir el grado de fracturación que presenta la roca; en la tabla 04 se especifica que las muestras extraídas arrojaron que según este parámetro la calidad de la roca oscila entre muy buena, mala y muy mala.

4.2.1.3. Separación entre diaclasas

Tabla 05: Separación entre diaclasas

Tramo	Descripción de los rangos	Valor	Puntuación
0+000 al 0+035	0.2-0.06 m	0.1 m	15
0+036 al 0+070	0.06-0.2 m	0.19 m	8
0+071 al 0+105	0.6-0.2 m	0.5 m	10
0+106 al 0+140	0.2-0.06 m	0.15 m	15

Fuente: Elaboración propia

Para las 04 muestras se tuvo como resultado, que el parámetro de espaciamiento, varía de 0.60 – 0.20 en el tercer tramo, 0.2– 0.06 m en el primer y último tramo y 0.06-0.2 m en el segundo, lo que se interpretó que se encontró de junto a moderado.

4.2.1.4. Longitud de las discontinuidades

Tabla 06: Longitud o persistencia de las discontinuidades

Tramo	Descripción de los rangos	Valor	Calificación según la longitud	Puntuación
0+000 al 0+035	3-10 m	3.5 m	Media	6
0+036 al 0+070	< 1m	3.8 m	Muy pequeña	2
0+071 al 0+105	< 1m	2 m	Muy pequeña	2
0+106 al 0+140	3-10 m	2.6 m	Media	6

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 06 se determinó la longitud de las discontinuidades, el cual se estimó al medir las superficies y muestras que fueron estudiadas. Así mismo, los resultados obtenidos indicaron que en la labor esta va desde media a muy pequeña.

4.2.1.5. Abertura de las discontinuidades

Tabla 07: Abertura de las discontinuidades

Tramo	Descripción de los rangos	Valor	Calificación según el tamaño de abertura	Puntuación
0+000 al 0+035	<0.1 mm	0.32 mm	Muy Cerrada	5
0+036 al 0+070	0.1-1.0 mm	0.56 mm	Cerrada	3
0+071 al 0+105	1-5 mm	2 mm	Moderadamente abierta	1
0+106 al 0+140	1-5 mm	3 mm	Moderadamente abierta	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 07 se abordó el parámetro de la abertura de las discontinuidades, que es la separación que existe entre las discontinuidades. En este caso, en la labor se obtuvo que en el primer tramo 0+000 al 0+035 se encuentra muy cerrada, mientras que en los tramos 0+071 al 0+105 y 0+106 al 0+140 se encuentra moderadamente abierta; teniendo en cuenta que mientras más separación exista aumenta la inestabilidad.

4.2.1.6. Rugosidad de las discontinuidades

Tabla 08: Rugosidad de las discontinuidades

Tramo	Descripción de los rangos	Puntuación
0+000 al 0+035	Ligeramente rugosa	3
0+036 al 0+070	Rugosa	5
0+071 al 0+105	Suave	0
0+106 al 0+140	Suave	0

Fuente: Elaboración propia

El parámetro de la rugosidad hace referencia a la irregularidad de las superficies que presentan las discontinuidades y mientras más rugosa sea mayor será la resistencia; lo que se interpretó en las tablas geomecánicas y se encontró que este varía de ligeramente rugosa a suave en la labor minera estudiada.

4.2.1.7. Relleno de las discontinuidades

Tabla 09: Relleno de las discontinuidades

Tramo	Descripción de los rangos	Puntuación
0+000 al 0+035	Ninguno	6
0+036 al 0+070	Relleno duro > 5 mm	2
0+071 al 0+105	Relleno duro > 5mm	2
0+106 al 0+140	Ninguno	6

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 09 se obtuvo la valoración del relleno de las discontinuidades, cuya valoración fue que no se encontraron relleno en el primer y último tramo con puntuación de 6; mientras que en las muestras del segundo y tercer tramo se visualizó relleno duro >5 con puntuación 2.

4.2.1.8. Alteración o meteorización

Tabla 10: Alteración o meteorización de las discontinuidades

Tramo	Descripción de los rangos	Puntuación
0+000 al 0+035	Ligeramente alterada	5
0+036 al 0+070	Ligeramente alterada	5
0+071 al 0+105	Moderadamente alterada	3
0+106 al 0+140	Ligeramente alterada	5

Fuente: Elaboración propia

Para el parámetro de la meteorización, de acuerdo a los resultados obtenidos. Se encontró que las alteraciones presentes en las muestras van desde ligeramente alterada hasta moderadamente alterada con puntuaciones de 03 y 05 respectivamente.

4.2.1.9. Condiciones de agua freática

Tabla 11: Agua subterránea

Tramo	Descripción de los rangos	Puntuación
0+000 al 0+035	Seco	15
0+036 al 0+070	Seco	15
0+071 al 0+105	Seco	15
0+106 al 0+140	Seco	15

Fuente: Elaboración propia

Lo que se interpretó de la tabla es que se encontró completamente seco con una puntuación de 15. Lo cual nos indica que no existe circulación de agua en las rocas.

4.2.1.10. Cálculo del RMR

Tabla 12: Cálculo y valoración del RMR

Tramo	Resistencia a la compresión	RQD	Separación entre diaclasas	Estado de las discontinuidades					Agua subterránea	RMR	Calidad	Tipo
				Longitud	Abertura	Rugosidad	Relleno	Alteración				
0+000 al 0+035	7	20	15	6	5	3	6	5	15	(81-100) 82	Muy Buena	I
0+036 al 0+070	4	6	8	2	3	5	2	5	15	(41-60) 50	Regular	III
0+071 al 0+105	2	3	10	2	1	0	2	3	15	(21-40) 38	Mala	IV
0+106 al 0+140	7	20	15	6	1	0	6	5	15	(61-80) 75	Buena	II

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la valoración del RMR, en la cual se valora de 0-20 a la roca muy mala, de 21-40 a la roca mala, de 41-60 roca Regular, 61-80 roca buena y de 81-100 roca muy buena; se tuvo como resultado que la roca es de buena calidad tipo I en el primer tramo, cuya calidad es muy buena. Sin embargo, en la segunda y tercera muestra se encontró una roca que varía de regular a mala, con presencia de fracturación y alteración, lo cual se da por la presencia de fallas y discontinuidades por lo que se interpretó que estas zonas son inestables, en el cual se deben proponer medidas de control inmediatas. Finalmente, en el último tramo la roca es tipo II de calidad buena.

4.2.2. Caracterización de la roca a través del Q de Barton

Para caracterizar al macizo rocoso también se utilizó el sistema de clasificación propuesta por Barton del año 1974. Este sistema clasifica al macizo rocoso en 9 categorías cuyos valores oscilan desde 0 a 1000 teniendo en cuenta 6 parámetros.

4.2.2.1. Índice de diaclasado (Jn)

Tabla 13: Número de discontinuidades (Jn)

Tramo	Descripción de los parámetros	Índice (Jn)
0+000 al 0+035	Masiva o muy poca discontinuidad	0.5
0+036 al 0+070	Un sistema de discontinuidad	2
0+071 al 0+105	Dos sistemas principales y uno secundario	6
0+106 al 0+140	Masiva o muy poca discontinuidad	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se plasmó la valoración obtenida para el Índice de diaclasado, el cual nos indicó el grado o nivel de fracturación que presentaron las muestras extraídas las cuales presentaron valoraciones comprendidas entre 0.5 para rocas masivas hasta 6 para rocas con presencia de discontinuidades.

4.2.2.2. Índice de rugosidad

Tabla 14: Parámetros de la rugosidad de las discontinuidades

Tramo	Descripción de los parámetros	Índice (Jr)
0+000 al 0+035	Diaclasas discontinuas	4
0+036 al 0+070	Lisas, planares	1
0+071 al 0+105	Lisas, onduladas	2
0+106 al 0+140	Rugosas e irregulares, onduladas	3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se representó el índice de rugosidad de las discontinuidades, en el cual se identificó que la rugosidad que se visualizó en las muestras va desde diaclasas discontinuas en el tramo 0+000 al 0+035 hasta lisas, planares en el tramo 0+036 al 0+070.

4.2.2.3. Índice de alteración de las discontinuidades

Tabla 15: Factor de alteración de las discontinuidades

Tramo	Descripción de los parámetros	Índice (Ja)
0+000 al 0+035	Superficies inalteradas	1
0+036 al 0+070	Superficies ligeramente alteradas	2
0+071 al 0+105	Superficies ligeramente alteradas	2
0+106 al 0+140	Superficies inalteradas	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se detalló el índice de alteración de las discontinuidades, este nos permitió medir las alteraciones de las discontinuidades y se identificó que en el primer y último tramo las superficies se encontraron inalteradas. Sin embargo, en el segundo y tercer tramo las superficies presentaron superficies ligeramente alteradas.

4.2.2.4. Factor de reducción por la presencia de agua (Jw)

Tabla 16: Factor de reducción por contenido de agua en fracturas

Tramo	Descripción de los parámetros	Índice (Jw)
0+000 al 0+035	Secas	1
0+036 al 0+070	Secas	1
0+071 al 0+105	Secas	1
0+106 al 0+140	Secas	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se expresó el valor del factor de reducción por la presencia de agua, el cual es el coeficiente que reduce el índice Q de acuerdo a el ingreso de agua hacia la

excavación. En este caso, en todas las muestras la valoración fue de 1 debido a que no se visualizó la presencia de agua y la labor se encuentra seca.

4.2.2.5. Factor de estado tensional (SRF)

Tabla 17: Factor de reducción por tensiones

Tramo	Rocas competentes, problemas tensionales en las rocas	SRF
0+000 al 0+035	Tensiones moderadas, condiciones tensionales favorables	1
0+036 al 0+070	Tensiones moderadas, condiciones tensionales favorables	1
0+071 al 0+105	Tensiones moderadas, condiciones tensionales favorables	1
0+106 al 0+140	Tensiones moderadas, condiciones tensionales favorables	1

Fuente: Elaboración propia

El SRF se encarga de evaluar el estado de tensión de los macizos rocosos y en las muestras analizadas se obtuvo valoración de 1 para todas, debido a que las tensiones son moderadas.

4.2.2.6. Cálculo del Q de Barton

Tabla 18: Resultado de la de valorización de parámetros del Q de Barton

Tramo	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Índice Q	Calidad
0+000 al 0+035	95.2	0.5	4	1	1	1	(400 – 1000) 761.6	Excepcionalmente buena
0+036 al 0+070	49	2	1	2	1	1	(10 – 40) 12.25	Regular
0+071 al 0+105	24	6	2	2	1	1	(4 – 10) 4.1	Pobre
0+106 al 0+140	91.9	1	3	1	1	1	(100 – 400) 275.7	Extremadamente buena

Fuente: Elaboración propia

El parámetro del Q de Barton se calculó con la siguiente fórmula: $Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$

Teniendo en cuenta ello, según este sistema en el tramo 0+000 al 0+035 la calidad de la roca es excepcionalmente buena, en el tramo 0+036 al 0+070 la roca es regular. Mientras que en el tramo 0+071 al 0+105 la roca es de calidad pobre. Finalmente, en el último tramo la calidad fue extremadamente buena.

4.2.3. Caracterización de la roca a través del GSI

Para realizar el cálculo del GSI se utilizó la siguiente fórmula:

$$GSI = RMR - 5$$

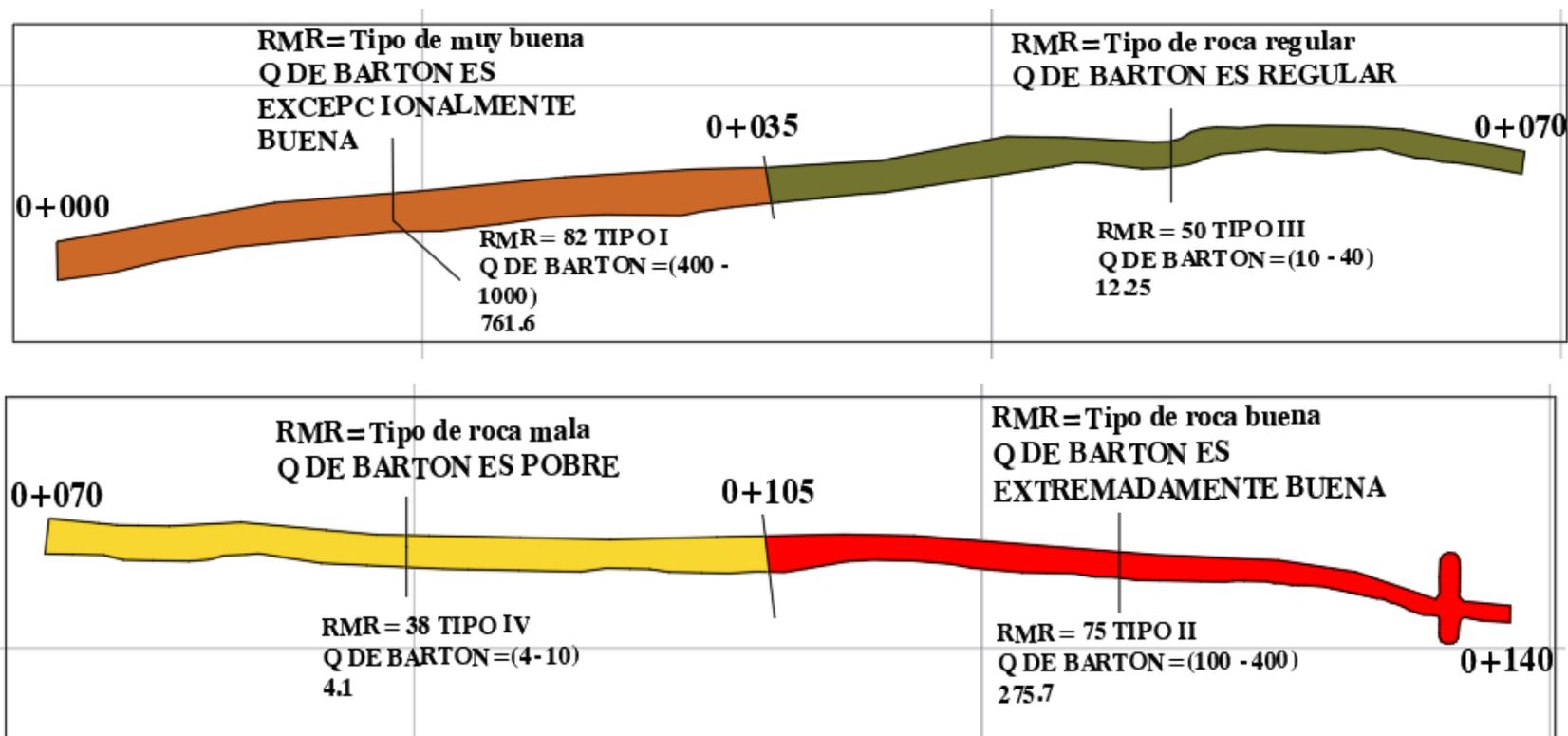
Tabla 19: Cálculo de valorización del índice de esfuerzo geológico

Tramo	RMR	Valor GSI	Tipo de roca
0+000 al 0+035	82	(60<GSI<80) 77	II Buena
0+036 al 0+070	50	(40<GSI<60) 45	III Regular
0+071 al 0+105	38	(30<GSI<40) 33	IV Mala
0+106 al 0+140	75	(60<GSI<80) 70	II Buena

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se plasmó el valor de la calidad de roca según el índice de esfuerzo geológico teniendo en cuenta la fórmula que plantearon Hooke y Brown en la que se debe restar 5 al valor de RMR obtenido. Así mismo, se pudo obtener que en el tramo 0+000 al 0+035 y 0+106 al 0+140 el GSI nos dio valor de 77 que indica que la roca es buena de tipo II, en el tramo 0+036 al 0+070 el valor fue de 45 donde la roca es de tipo III regular y en el tramo 0+071 al 0+105 la roca es de mala calidad tipo IV con un valor de 33.

Figura 02: Plano geomecánico de la cortada La Fortuna de Icuero



LEYENDA	
	RMR=Tipo de muy buena Q DE BARTON ES EXCEPC IONALMENTE BUENA
	RMR=Tipo de roca regular Q DE BARTON ES REGULAR
	RMR=Tipo de roca mala Q DE BARTON ES POBRE
	RMR=Tipo de roca buena Q DE BARTON ES EXTREMADAMENTE BUENA

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
ASESORES :		Evaluación geomecánica para determinar el sostenimiento en la Cortada	
Ing. SOLIO MARINO, ARANGO RETAMOZO Dra. ROSA ELLANA, SALAZAR CABREJO		330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero- Tayabamba	
TESISTAS :		PLANO GEOMECANICO	
Dr. LUCANAS RABANAL, ALONSO Dr. SAAVEDRA PINEDO, KAREN		INTERIOR MINA	
DIBUJO POR :		ESCALA : 1:40	FECHA:
Dr. LUCANAS RABANAL, ALONSO Dr. SAAVEDRA PINEDO, KAREN		UNIDAD MEDIDA: m.	12/11/2022

Fuente: Elaboración propia

4.3. Elección del tipo de sostenimiento adecuado de acuerdo a la Evaluación Geomecánica en la Cortada 330 NE de la Mina

Para elegir el tipo de sostenimiento se tomó en cuenta las clasificaciones propuestas por Bieniawski y Q de Barton respectivamente. Adicional a ello, se tomó en cuenta la clasificación de Terzaghi y de Bieniawski para determinar la carga y presión que ejerce el macizo rocoso que se encuentra alrededor de la excavación sobre los elementos del sostenimiento. Así mismo, se eligió el sostenimiento adecuado para la labor teniendo en cuenta la calidad de la roca y características de la mina.

4.3.1. Clasificación de Terzaghi

Para evaluar la distribución de cargas de las rocas sobre el sostenimiento se debe tener en cuenta la clasificación de Terzaghi.

Dónde:

γ = Densidad de la roca

Hr = Deducido de la tabla. (Ver Anexo 32)

- Presión uniforme vertical sobre la bóveda (P_m):

Se define por la siguiente fórmula:

$$P_m = \gamma \cdot Hr$$

Tabla 20: Cálculo de la presión uniforme vertical sobre la bóveda

Tramo	Densidad de la roca (γ)	Hr	Valor P_m
0+000 al 0+035	2700 kg/m ³	0	0 kg/m
0+036 al 0+070	3300kg/m ³	0.25 B = 0.375 m	1237.5 kg/m ²
0+071 al 0+105	3300 kg/m ³	0.35 (B + H) = 1.19 m	3927 kg/m ²
0+106 al 0+140	3300 kg/m ³	0.5 B = 0.75 m	2475 kg/m ²

Fuente: Elaboración propia

Para el tramo 0+000 al 0+035 se tomó en cuenta que la roca encontrada fue pizarra con densidad de 2700 kg/m³ en los siguientes tramos la roca fue filita con densidad de 3300 kg/m³.

- **Presión uniforme sobre los hastiales (Ph)**

Se define por la siguiente fórmula:

$$P_h > 0.3 P_m$$

Tabla 21: Cálculo de la presión uniforme sobre los hastiales

Tramo	Valor P_h
0+000 al 0+035	> 0 kg/m ²
0+036 al 0+070	>371.25 kg/m ²
0+071 al 0+105	>1178.1 kg/m ²
0+106 al 0+140	>742.5 kg/m ²

Fuente: Elaboración propia

- **Presión uniforme sobre la solera**

Se define por la siguiente fórmula:

$$P_s > 0.5 P_m$$

Tabla 22: Cálculo de la presión uniforme sobre la solera

Tramo	Valor P_s
0+000 al 0+035	>0 kg/m ²
0+036 al 0+070	>618.75 kg/m ²
0+071 al 0+105	>1963.5 kg/m ²
0+106 al 0+140	>1237.5 kg/m ²

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Cálculo de cargas alrededor de la labor según Bieniawski

Para calcular las dimensiones de los cuadros de madera que serán necesarias para aplicar el sostenimiento se empleó el método de Bieniawski (extraído del manual de anclajes de ingeniería civil de Ucar Navarro en el 2018), el cual sugirió una metodología para determinar la altura de carga (**H_c**) y de las zonas alrededor de la excavación. (Ver anexo 34)

4.3.2.1. Cargas verticales

Dónde:

B: Ancho del túnel

δ: Peso específico de la roca

α : Espaciamiento entre cuadros

- Valor de altura de la carga (**H_c**)

$$H_c = \left(\frac{100 - \text{RMR}}{100} \right) \times B$$

Tabla 23: Valoración de altura de carga

Tramo	RMR	B	Valor H _c
0+000 al 0+035	82	1.5 m	0.27 m
0+036 al 0+070	50	1.5 m	0.75 m
0+071 al 0+105	38	1.5 m	0.93 m
0+106 al 0+140	75	1.5 m	0.38 m

Fuente: Elaboración propia

- Esfuerzo vertical (**σ_v**)

$$\sigma_v = \left(\frac{100 - \text{RMR}}{100} \right) \times \delta \times B$$

Tabla 24: Esfuerzo vertical

Tramo	RMR	δ	B	Valor σ_v
0+000 al 0+035	82	2.6 ton/m^3	1.5 m	0.70 ton/m^2
0+036 al 0+070	50	3.3 ton/m^3	1.5 m	2.48 ton/m^2
0+071 al 0+105	38	3.3 ton/m^3	1.5 m	3.07 ton/m^2
0+106 al 0+140	75	3.3 ton/m^3	1.5 m	1.25 ton/m^2

Fuente: Elaboración propia

- **Carga lineal vertical (q_t)**

$$q_t = \sigma_v \times a$$

Tabla 25: Carga lineal vertical

Tramo	σ_v	a	Valor q_t
0+000 al 0+035	0.70 ton/m^2	1.00 m	0.70 ton/m
0+036 al 0+070	2.48 ton/m^2	1.00 m	2.48 ton/m
0+071 al 0+105	3.07 ton/m^2	1.00 m	3.07 ton/m
0+106 al 0+140	1.25 ton/m^2	1.00 m	1.25 ton/m

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2. Relación de esfuerzo horizontal y vertical

Para ello utilizamos la ecuación de Shorey (1994), quien desarrolló un modelo que permitió calcular el valor de ratio (k), el cual sirvió para hallar el esfuerzo horizontal con respecto al esfuerzo vertical.

Donde:

Z : Profundidad bajo la superficie en metros (Ver anexo 33)

E : Módulo de elasticidad promedio en Gpa. (Ver anexo 35)

$$k = 0.25 + 7 E \left(0.001 + \frac{1}{Z} \right)$$

Tabla 26: Valor del ratio (k)

Tramo	RMR	E	Z	k
0+000 al 0+035	82	64 Gpa	100 m	5.18
0+036 al 0+070	50	10 Gpa	100 m	1.02
0+071 al 0+105	38	5.01 Gpa	100 m	0.46
0+106 al 0+140	75	50 Gpa	100 m	4.10

Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo del esfuerzo horizontal (σ_h)**

$$\sigma_h = k \times \sigma_v$$

Tabla 27: Valor del esfuerzo horizontal

Tramo	k	σ_v	Valor σ_h
0+000 al 0+035	5.18	0.70 <i>ton/m²</i>	3.63 <i>ton/m²</i>
0+036 al 0+070	1.02	2.48 <i>ton/m²</i>	2.53 <i>ton/m²</i>
0+071 al 0+105	0.46	3.07 <i>ton/m²</i>	1.41 <i>ton/m²</i>
0+106 al 0+140	4.10	1.25 <i>ton/m²</i>	5.13 <i>ton/m²</i>

Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de la carga lineal horizontal (q_y)**

$$q_y = \sigma_h \times a$$

Tabla 28: Valor de la carga lineal horizontal

Tramo	σ_h	a	Valor q_y
0+000 al 0+035	3.63 <i>ton/m²</i>	1.00 m	3.63 <i>ton/m</i>
0+036 al 0+070	2.53 <i>ton/m²</i>	1.00 m	2.53 <i>ton/m</i>
0+071 al 0+105	1.41 <i>ton/m²</i>	1.00 m	1.41 <i>ton/m</i>
0+106 al 0+140	5.13 <i>ton/m²</i>	1.00 m	5.13 <i>ton/m</i>

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Sostenimiento propuesto por Bieniawski

Cuadro 02: Sostenimiento a partir del índice de Bieniawski

Tramo	Clase RMR	Excavación	Sostenimiento		
			Bulones	Gunita	Cerchas
0+000 al 0+035	I 81-100	Sección completa. Avances de 3m.	Innecesario, salvo algún bulón ocasional.	No	No
0+036 al 0+070	III 41-60	Avance y destroza. Avances de 1,5 a 3 m. Completar sostenimiento a 20 m del frente.	Bulonado sistemático de 3 – 4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en clave y hastiales.	5 a 10 cm en clave y 3 cm en hastiales.	No
0+071 al 0+105	IV 21-40	Avance y destroza. Avances de 1 a 1,5 m. Sostenimiento inmediato del frente. Completar sostenimiento a menos de 10 m del frente.	Bulonado sistemático de 4 – 5 m con separaciones de 1 – 1,5 m en clave y hastiales con mallazo.	10 a 15 cm en clave y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación.	Cerchas ligeras espaciadas 1,5 m cuando se requieran.
0+106 al 0+140	II 61-80	Sección completa. Avances de 1 – 1,5 m.	Bulonado local en clave, con longitudes de 2- 3 m y separación de 2 – 2,5 m, eventualmente con mallazo.	5 cm en clave para impermeabilización.	No

Fuente: Adaptado de Bieniawski, 1989

En el cuadro 02 se detalló el tipo de sostenimiento para cada tipo de roca de acuerdo a la valoración del RMR. En este caso, en el tramo 0+000 al 0+035 la roca tuvo una valoración de 82 lo que indicó que la roca fue de tipo I de muy buena calidad y según el índice de Bieniawski no se requiere ningún tipo de sostenimiento y los avances pueden ser hasta de 3 metros. Sin embargo, en el tramo 0+071 al 0+105 la roca tuvo una valoración de 50 y fue de tipo IV de calidad mala y para este caso la excavación debe tener avances de 1 a 1.5 m con sostenimiento inmediato en el frente.

4.3.4. Sostenimiento propuesto por Barton

Para el sostenimiento se debe tener en cuenta el ESR, que permite seleccionar el grado de importancia de la excavación, cuyas valoraciones se pueden observar en el Anexo 24 y 30.

Cuadro 03: Sostenimiento a partir del índice Q de Barton

Tramo	Valoración	Calidad según Barton	Sostenimiento según el ábaco de Barton
0+000 al 0+035	761.6	Excepcionalmente buena	Sin sostenimiento
0+036 al 0+070	12.25	Regular	Bulonado sistemático
0+071 al 0+105	4.1	Pobre	Bulonado sistemático con hormigón proyectado, 40-100 mm
0+106 al 0+140	275.7	Extremadamente buena	Sin sostenimiento

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 03 se plasmó el tipo de sostenimiento teniendo en cuenta el ábaco de Barton, que determinó que en los tramos 0+000 al 0+035 y 0+106 al 0+140 no se requiere sostenimiento. Sin embargo, en los tramos donde la roca es de calidad regular y pobre se requiere sostenimiento bulonado sistemático y bulonado sistemático con hormigón proyectado, 40-100 mm respectivamente.

4.3.5. Sostenimiento propuesto para la labor La Fortuna de Icuro

En este caso, se realizó la propuesta del sostenimiento en base al conocimiento empírico obtenido y recopilado en campo de trabajadores que tienen experiencia en el área y con ayuda del estudio geomecánico nos permitió identificar que la roca

encajonante es incompetente en el tercer tramo (0+071 al 0+105) donde se visualizó la presencia de 03 fallas locales las cuales generan inestabilidad en dicha zona. Adicional a ello, se aplicará sostenimiento en las zonas donde se visualiza la presencia de fallas para asegurar el frente de avance y por seguridad de las operaciones. Para el sostenimiento aplicaremos cuadros completos rectos puesto que estos son los más convenientes para nuestra labor.

4.3.5.1. Cálculo de las dimensiones de los materiales de los cuadros

Teniendo en cuenta todos los parámetros de cargas y datos de la madera que se utilizará se realizarán los cálculos para seleccionar los diámetros requeridos de cada elemento.

Tabla 29: Datos de la madera de eucalipto

Propiedades mecánicas de la madera de eucalipto		
Cizallamiento	103.48 kg/cm²	1034.8 ton/m²
Flexión estática	645.28 kg/cm²	6452.8 ton/m²
Módulo de elasticidad	168 253 kg/cm²	1 682 530 ton/m²
Compresión paralela a la fibra	303.83 kg/cm²	3038.3 ton/m²
Compresión perpendicular a la fibra	170.53 kg/cm²	1705.3 ton/m²

Fuente: Investigación de Mansilla (2020)

Para elegir las dimensiones de los diámetros de los elementos de los cuadros se deben realizar análisis de los diferentes esfuerzos tales como cargas máximas, puntos medio y por ello se calculará cada uno a continuación:

4.3.5.2. Cálculo de dimensiones del sombrero para cada tramo

Dónde:

σ_{max} : Esfuerzo permisible

q_t : Carga lineal en ton/m

L_b : Longitud del sombrero en m.

S: Sección de redondos en m^3

D: Diámetro del redondo en m.

Para realizar el cálculo de los redondos y la carga uniforme sobre el sombrero primero hallamos el momento máximo

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times q_t \times L_b^2$$

Tabla 30: Cálculo del Momento máximo

Tramo	q_t	L_b	Valor M_{max}
0+000 al 0+035	0.70 ton/m	1.30 m	0.15 ton.m
0+036 al 0+070	2.48 ton/m	1.30 m	0.52 ton.m
0+071 al 0+105	3.07 ton/m	1.30 m	0.65 ton.m
0+106 al 0+140	1.25 ton/m	1.30 m	0.26 ton.m

Fuente: Elaboración propia

Utilizaremos redondo de 10" de diámetro en el sombrero, por ello la sección de redondos se mostrará a continuación:

$$S = \frac{\pi \times d^3}{32}$$

$$S = \frac{3.1416 \times 0.254^3}{32}$$

$$S = 0.0016088m^3$$

Luego se procedió a realizar el cálculo del esfuerzo máximo para el redondo de 10” (0.254 m) de diámetro.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S}$$

Tabla 31: Esfuerzo permisible al que se somete los sombreros

Tramo	M_{max}	S	Valor σ_{max}
0+000 al 0+035	0.15 ton.m	0.0016088m ³	93.24 ton/m ²
0+036 al 0+070	0.52 ton.m	0.0016088m ³	323.22 ton/m ²
0+071 al 0+105	0.65 ton.m	0.0016088m ³	404.03 ton/m ²
0+106 al 0+140	0.26 ton.m	0.0016088m ³	161.61 ton/m ²

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31, se mostró el cálculo del esfuerzo permisible a los que se someterá los sombreros de madera según cada tramo. De ahí, se deduce que el mayor esfuerzo se dará en el tercer tramo con un valor de 404.03 ton/m². Mientras, que en el primer tramo se ejerce menor esfuerzo con un resultado de 93.24 ton/m².

4.3.5.3. Cálculo de dimensiones del poste

Para diseñar los postes se han evaluado los esfuerzos normales y de flexión.

Dónde:

P: La carga sobre el poste.

W: Carga total en ton.

A: Área de la sección del poste en m².

L: Longitud del poste en m.

d: Diámetro del poste en m

ω : Factor de flambéo.

M_{max} : Momento máximo del sombrero.

S: Sección circular en m^3

H: Altura del poste.

- **Carga sobre el poste**

$$P = \frac{W}{2}$$

$$W = \sigma_v \times a \times H_c$$

Tabla 32: Cálculo de cargas que se ejercen sobre e poste

Tramo	σ_v	a	H_c	W	Valor P
0+000 al 0+035	0.70 ton/m^2	1.00 m	0.27 m	0.19 ton	0.095 ton
0+036 al 0+070	2.48 ton/m^2	1.00 m	0.75 m	1.86 ton	0.93 ton
0+071 al 0+105	3.07 ton/m^2	1.00 m	0.93 m	2.86 ton	1.43 ton
0+106 al 0+140	1.25 ton/m^2	1.00 m	0.38 m	0.48 ton	0.24 ton

Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de módulo de esbeltez para el diámetro de 10"**

$$\lambda = \frac{4 \times L}{d}$$

$$\lambda = \frac{4 \times 2 \text{ m}}{0.254 \text{ m}}$$

$$\lambda = 31.50 \approx 32.00$$

- **Flamdeo (Ver anexo 36)**

$$\omega = f(\lambda)$$

$$\omega = 1.27$$

- **Momento máximo**

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times q_y \times h^2$$

Tabla 33: Valor del momento máximo

Tramo	q_y	h	Valor M_{max}
0+000 al 0+035	3.63 ton/m	1.85 m	0.84 ton.m
0+036 al 0+070	2.53 ton/m	1.85 m	0.59 ton.m
0+071 al 0+105	1.41 ton/m	1.85 m	0.33 ton.m
0+106 al 0+140	5.13 ton/m	1.85 m	1.19 ton.m

Fuente: Elaboración propia

- **Módulo de sección para redondo de 10"**

$$S = \frac{\pi \times d^3}{32}$$

$$S = \frac{3.1416 \times 0.254^3}{32}$$

$$S = 0.0016088m^3$$

- **Cálculo de esfuerzo máximo para redondo de 10"**

$$\sigma_{max} = -\omega \frac{P}{A} + \frac{M_{max}}{S}$$

Tabla 34: Esfuerzo al que se somete la madera de los postes

Tramo	ω	P	A	M_{max}	S	Valor σ_{max}
0+000 al 0+035	1.27	0.095 ton	0.051m ²	0.84 ton.m	0.0016088m ³	519.76 ton/m ²
0+036 al 0+070	1.27	0.93 ton	0.051m ²	0.59 ton.m	0.0016088m ³	343.57 ton/m ²
0+071 al 0+105	1.27	1.43 ton	0.051m ²	0.33 ton.m	0.0016088m ³	169.51 ton/m ²
0+106 al 0+140	1.27	0.24 ton	0.051m ²	1.19 ton.m	0.0016088m ³	739.68 ton/m ²

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34, se detalló el esfuerzo máximo al que se someterán los postes de la madera para cada tramo. Del cual se dedujo que en el tramo 0+106 al 0+140 se ejerce mayor esfuerzo sobre los postes y el menor esfuerzo se da en el tercer tramo con un valor de 169.51 ton/m².

4.3.5.4. Armado de cuadros

Para el armado de los cuadros de madera se necesitará un maestro y un ayudante. Adicional a ello, debemos tener en cuenta tanto el tipo de madera, materiales, tiempos de trabajos, entre otros. Los cuales se detallan a continuación:

Cuadro 04: Herramientas para el armado de los cuadros

Herramientas	Cantidad	Unidades
Pico	02	Pieza
Lampa minera	02	Pieza
Cucharilla	01	Pieza
Comba de 6 lb	01	Pieza
Barretillas	02	Juego
Corvina	01	Pieza
Azuela	01	Pieza
Plomada	01	Unidad
Nivel y escuadra	01	Unidad
Pintura	01	Galones
Mochila	01	Pieza
Flexómetro 5 m	01	Pieza

Fuente: Elaboración propia

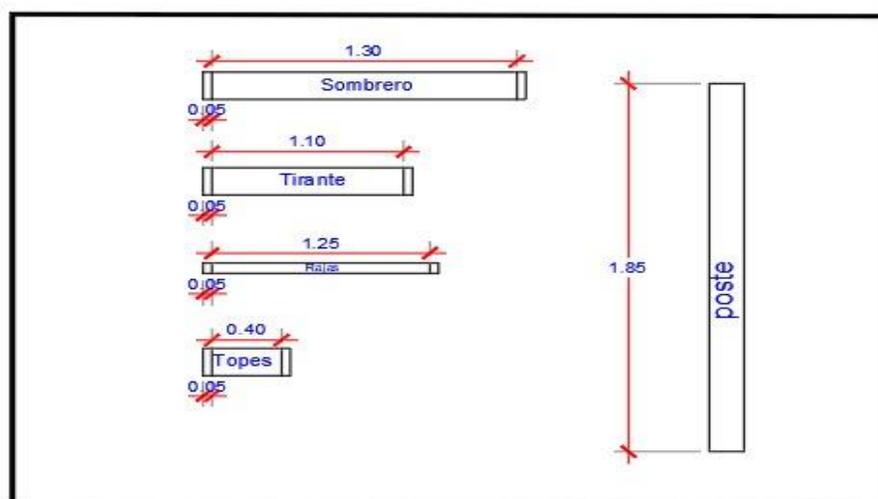
En el cuadro anterior, se detalló las herramientas que se necesitan para armar cuadros de madera y también se especificó la cantidad de cada uno.

Cuadro 05: Materiales para el armado de los cuadros de madera

Material	Cantidad	Medidas
Poste	02	- 1.85 m longitud - 10" de diámetro - Destaje en los extremos en 12.5 x 12.5 x 5 cm
Sombrero	01	- 1.30 m de longitud - 10" de diámetro - Destajes en los extremos de 10 x 10x 15 cm
Tirantes	02	- Longitud 1.10 m - 8" de diámetro
Rajas	18	- 1.25 m longitud
Topes	02	- 40 cm de longitud - 10" de diámetro

Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Medidas para el armado del cuadro



Fuente: Elaboración propia

En esta figura 03 podemos visualizar como serán las medidas de uno de los materiales para poder hacer armado del sostenimiento del cuadro de madera que vamos a realizar en la cortada La Fortuna de Icuro.

Una vez que ya se tienen el personal, herramientas y materiales se procede a realizar el armado de los cuadros en los cuales se realizará el siguiente procedimiento:

- 1) En primer lugar, se debe colocar el guarda cabeza con 8 listones de 3" x 4 x 3" m hasta el tope del frente, sobre estas 5 rajadas cruzadas procurando no dejar espacios en la corona.
- 2) En segundo lugar, se deben preparar los postes y sombreros teniendo en cuenta cada destaje.
- 3) En tercer lugar, crear un espacio necesario para levantar el cuadro a 1m del anterior y excavar en el piso dos huecos de 20 cm aproximadamente de profundidad en donde debe quedar los postes. Teniendo en cuenta que el poste más largo estará al lado de la cuneta; mientras el más corto estará ubicado al otro extremo.
- 4) En cuarto lugar, se deberán ubicar los postes a la altura de 1.85 m.
- 5) En quinto lugar, se procederá a rellenar los huecos.
- 6) En sexto lugar, se procederá a colocar el sombrero sobre los postes encajonando los destajes y manteniendo la distancia entre postes y cuadros.
- 7) En séptimo lugar, se colocará los tirantes sobre el destaje de los 4 postes, uniéndolos adicionar los topes presionando a los postes, el cuadro debe quedar compacto y sin ningún componente suelto.
- 8) En octavo lugar, se empaquetarán con 9 rajadas por lado cubriendo el espacio vacío que existe de cuadro a cuadro, se pone las rajadas de 3" del anterior dejando asegurado el penúltimo y último cuadro rellenado el lado posterior con carga del frente y los restos de madera.
- 9) Para terminar con el armado se encierra el espacio debajo de la corona y sobre los sombreros. Se procederá a colocar 2 bolillos de 1.4m de longitud sobre los sombreros de forma longitudinal y sobre estas 2 rajadas de 1.6 m de longitud luego rajadas de 1m de longitud y así cerrar el espacio hasta llegar a la corona, se forma un castillo.
- 10) Por último, se realizará la limpieza del área de trabajo.

4.3.5.5. Diseño del sostenimiento de cuadros de madera

Según las medidas realizadas en los puntos anteriores pudimos lograr el diseño del sostenimiento de cuadro de madera y para ello se tomó en cuenta cada tramo para poder elaborar el diseño de cada sostenimiento.

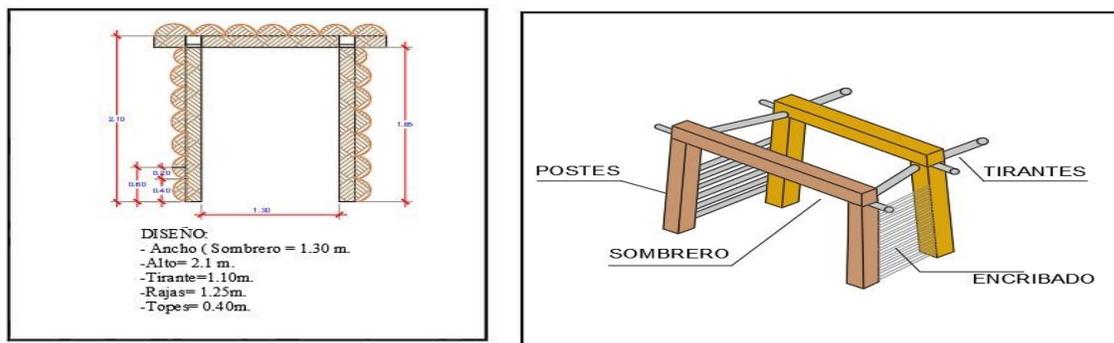
Tabla 35: Cantidad de cuadros por tramo

Tramo	Nº de discontinuidades	Metros de inestabilidad	Cantidad de cuadros
0+000 al 0+035	01	0.50 m	02
0+036 al 0+070	01	0.80 m	02
0+071 al 0+105	03	7.00 m	08
0+106 al 0+140	01	0.90 m	02

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 35 se plasmó la cantidad de cuadros que se aplicarían por cada tramo donde se tuvo en cuenta la presencia de fallas, vetillas y calidad de la roca. Por lo cual, se dedujo que en tramo 0+071 al 0+105 la roca fue de calidad mala y se identificó fallas que generan inestabilidad de 07 metros y en esta se aplicaría 08 cuadros de madera espaciados de 01 metro.

Figura 04: Diseño del sostenimiento de cuadros de madera en Autocad

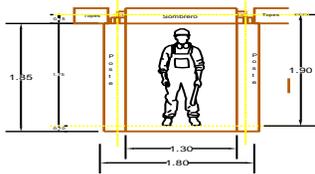


Fuente: Elaboración propia

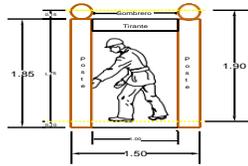
Figura 05: Diseño del sostenimiento propuesto para la Mina La Fortuna de Icuero

DISEÑO DE SOSTENIMIENTO

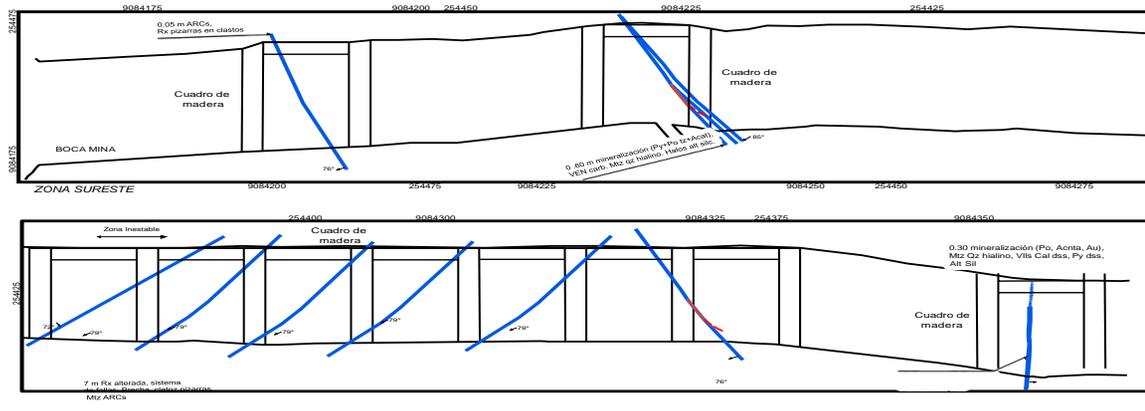
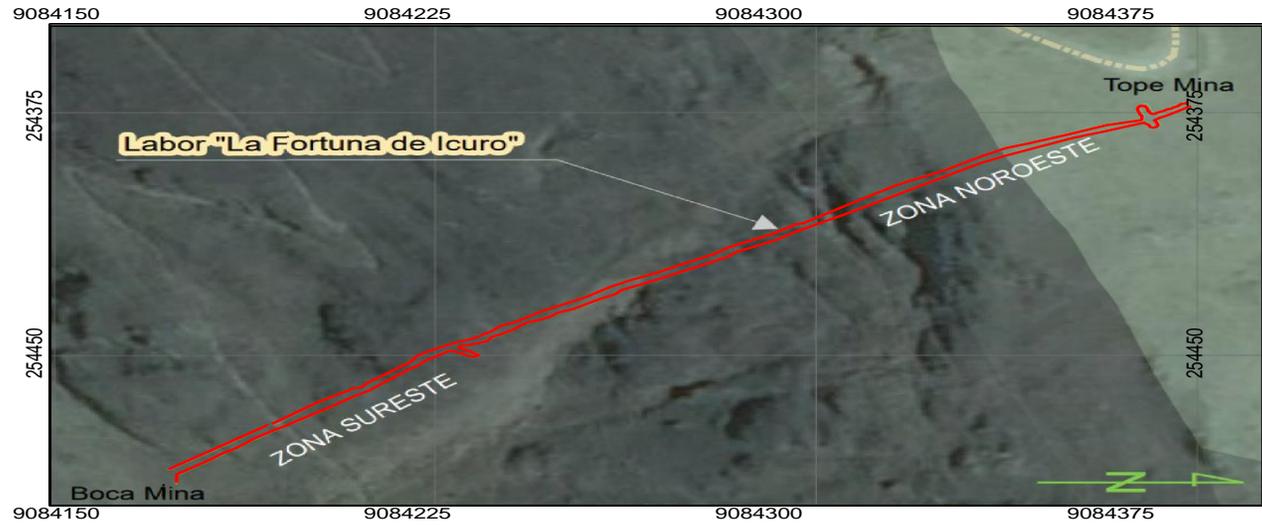
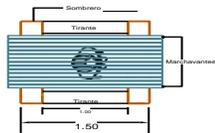
VISTA FRONTAL



VISTA DE PERFIL



VISTA EN PLANTA



Fuente: Elaboración propia

4.3.5.6. Costos de instalación de sostenimiento con cuadros de madera

Tabla 36: Costo de las herramientas

HERRAMIENTA	UNIDAD	CANT.	COST/UNIT.	COST/PARC.
Pico	Pieza	2.00	S/162.71	S/325.42
Lampa minera	Pieza	2.00	S/42.36	S/84.72
Cucharilla	Pieza	1.00	S/25.00	S/25.00
Comba de 6 Lb.	Pieza	1.00	S/53.22	S/53.22
Barretillas	Jgo.	2.00	S/305.00	S/610.00
Corvina	Pieza	1.00	S/350.00	S/350.00
Azuela	Pieza	1.00	S/100.00	S/100.00
Plomada	Und	1.00	S/50.00	S/50.00
Nivel y escuadra	Und	1.00	S/35.00	S/35.00
Pintura	Galones	1.00	S/7.76	S/7.76
Mochila	Pieza	1.00	S/120	S/120.00
Flexómetro 5 m	Pieza	1.00	S/18.00	S/18.00
Total				S/1,779.12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 36 se obtuvo todos los costos de cada herramienta que se utiliza para el armado de los cuadros de madera. Se detalló cada uno y se obtuvo un costo total de S/1,779.12.

Tabla 37: Costo de cada cuadro de madera

Tramo	Metros de roca inestable	Cantidad de cuadros	Cantidad de encribado	Costo por cuadro (S/300 soles)	Costo por encribado (S/50 soles)	Total (soles)
0+000 al 0+035	0.50 m	02	02	S/600	S/100	S/700
0+036 al 0+070	0.80 m	02	02	S/600	S/100	S/700
0+071 al 0+105	7.00 m	08	08	S/2400	S/350	S/2750
0+106 al 0+140	0.90 m	02	02	S/600	S/100	S/700
COSTO TOTAL (S/)						S/4850.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 37 se identificó 9.2 metros de inestabilidad a lo largo de la Cortada y es por ello que se necesitarían 14 cuadros de madera de eucalipto que tiene un costo aproximado de S/300 cada uno con un total de S/4850.

Tabla 38: Costo de la mano de obra

PAGO DE LA MANO DE OBRA					
Personal	Pago por jornada (soles)	Guardias por día	Días trabajados	Pago por día laborado	Total (Soles)
Maestro	S/120	02	07	S/240	S/1680
Ayudante	S/100	02	07	S/200	S/1400
					S/3080

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 38 se expresó el costo de la mano de obra del personal para el armado de los cuadros de madera los cuales fueron 01 maestro y 01 ayudante. En este caso, al Maestro se le paga S/120 por jornada y al día en la labor se realizan 02 guardias y como se requieren 22 cuadros de madera se trabajará un total de 07 días, con lo cual se pagará S/1680. Por otro lado, también se requiere un ayudante al cual se le realiza el pago de s/1400 por el armado de los cuadros completos. Donde se obtuvo así un total de S/ 3080 solo en la mano de obra para la colocación de esto cuadros de madera.

Tabla 39: Tiempo y costo de transporte de material

Tipo de sostenimiento	Punto de expedición de material	Punto de llegada	Tiempo de transporte	Número de viajes	Costo por viaje	Costo total
Cuadros de madera	Pueblo de Tayabamba	Unidad minera	1.5 h	02	S/300	S/600

Fuente: Elaboración propia

Debido a que la labor se encuentra ubicada en el Cerro Icuro aproximadamente 1.5 horas de la ciudad de Tayabamba se requiere transportar los cuadros y para ello se necesitará realizar 02 viajes con un costo total de S/600.

Tabla 40: Costo total del armado de los cuadros

Actividad	Costo por actividad
Mano de obra	S/3,080.00
Herramientas	S/1,779.12
Costo total de los cuadros de madera	S/4,850.00
Transporte de material	S/600
TOTAL	S/10,309.12

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el costo de la mano de obra, herramientas, materiales y transporte para el armado de cuadros de madera se obtuvo que se requerirá un total de S/10,309.12 para el armado de los cuadros en los 14 metros de inestabilidad de la labor minera.

V. DISCUSIÓN

Los resultados que se tuvieron confirmaron la hipótesis que se planteó mediante la elaboración de una evaluación geomecánica, con la finalidad de determinar cuál de los sostenimientos que se indicaron sería el más factible para reforzar la labor. Además, se tomó en cuenta la comparación de especificaciones técnicas, calidad del macizo y un análisis económico.

Para el primer objetivo específico, el cual fue describir la geología local, regional y estructural de la mina La fortuna de Icuero con la finalidad de dar a conocer las características geológicas, estructurales, presencia de depósitos, tipo de material rocoso, fallas, entre otros. Se tomó en cuenta las diferentes coordenadas y datos geológicos obtenidos de fuentes del INGEMMET y otras de la visita de campo realizada a la labor; también se revisaron una serie de antecedentes como de evaluación actuales del yacimiento. Para plasmar el primer resultado se realizaron levantamientos geológicos y geomecánicos lo cual permitió identificar los tipos de roca presentes en la labor, la presencia de discontinuidades y vetas. Cabe mencionar, que se obtuvo como resultados que dicha zona se encuentra estructurada por roca metamórfica perteneciente al Neoproterozoico. También se encontró que los principales componentes de su litología son pizarras y filitas con presencia de alteraciones metamórficas e hidrotermales. En cuanto a la geología estructural se visualizaron 05 discontinuidades y 04 vetillas a lo largo de la labor.

Dichos datos, fueron contrastados con los resultados de Moraga (2018) quien tuvo como objetivo realizar una evaluación geológica y geotécnica que presenta la labor después de que ha sido sometida a daño por voladura, con el **propósito** de poder evaluar las condiciones geológicas del yacimiento después de que ha sido alterado por una voladura. Además, dicha investigación señala que la roca está compuesta por materiales rocoso como granodiorita y andesita, así como nuestra investigación tiene presencia cuarzo, pizarras y hematitas. Así mismo es importante indicar que, así como dicha investigación utiliza la evaluación geológica para evaluar las fracturas

después de la voladura, nosotros utilizamos la geología para evaluar la calidad del macizo rocoso y GSI optar por un óptimo sostenimiento. Es decir, este trabajo **guarda relación** con nuestro resultado.

También, de acuerdo a la mineralización que presenta la mina La Fortuna de Icuero, se puede decir que está formado por sulfuros y oro diseminado, los cuales se encuentran a lo largo de todas las venillas lenticulares y vetas con formación de cuarzo. Cabe mencionar que dicha roca está alterada por cloritización, silisificación y seritización. Así mismo las predominantes fallas que se pueden observar tiene un rumbo y azimut que va desde los 38° hasta los 66°. Lo cual quiere decir que dichas fallas locales son bastantes variadas y estratificadas.

Dichos datos son contrastados con la investigación de Cotrado (2021) el mismo que tuvo que realizar una caracterización del macizo rocoso y evaluar su calidad para que pueda obtener los resultados de las características del macizo rocoso teniendo en cuenta los antecedentes de su geología local y regional. También se conoce las formaciones que presenta la mina Chaparra y la dirección de buzamiento que tiene la beta en la zona 18. En tal sentido es muy relevante que se lleve a cabo una evaluación geomecánica acompañando con la característica geología para identificar las formaciones, calidad y comportamiento del material rocoso.

En lo que respecta a la caracterización del macizo rocoso con respecto a los parámetros del RMR, Q de Barton y GSI con la finalidad de determinar la calidad de la masa rocosa que se encuentra ubicada en la cortada 330 NE de la mina La Fortuna de Icuero se realizaron ensayo de caracterización del macizo rocoso, donde se tomaron 4 muestra de la roca extraída de la zona que cuenta con presencia de fallas y discontinuidades. Las cuales de acuerdo con la valoración del índice de resistencia y mecánica de roca nos dice que las dos primeras muestras son de muy buena calidad con un RMR de 82 y regular calidad con una puntuación de 50, la tercera de calidad mala con un RMR de 38 y finalmente la cuarta muestra con calidad de roca buena con un RMR de 75.

Dichos datos guardan relación con Gómez (2022) quien tuvo como objetivo realizar la caracterización geomecánica teniendo en cuenta la clasificación de Bieniawski. Sintetizando que de acuerdo con el análisis realizado se identificó dos tipos de roca la primera de mala calidad con un RMR que va de 31 a 40 y el segundo de calidad regular con un RMR de 41 a 60, lo que demuestra que existe una gran inestabilidad en dicho nivel en la mina el Roble. Esta investigación sirvió para relacionar los resultados del ensayo obtenido. Es decir, este trabajo guarda relación con nuestros resultados obtenido.

Por otro lado, de acuerdo con las características geomecánicas que presentan la cortada 330 NE, se realizó un ensayo específico de la resistencia del macizo rocoso o también llamado RQD. Lo cual va influir para determinar un sostenimiento óptimo. Para ello fue necesario la extracción de porciones de roca in situ con la finalidad de someterla a los análisis de laboratorio, en lo que se halló como resultado 4 RQD diferentes entre (95.2, 49.0, 24.6, 91.9). Esto quiere decir que la primera y la última muestra tienen una excelente calidad, la segunda es de calidad pobre y la cuarta es muy mala.

Así mismo, concuerda con las investigaciones de Mucuta, Cartaya y Cuni (2019) los mismos que realizaron con una evaluación de la calidad geomecánica de la roca de los 3 frente de explotación. Además, se logró identificar gracias a los análisis de laboratorio de que las tres muestras pertenecientes al tipo de roca pizarra, arenisca y roca brechosa tiene un RQD que va media a mala calidad de la roca. En tal sentido se dio a conocer la importancia de la realización de una evaluación geomecánica, ya que nos permite identificar el índice de calidad de la roca.

En lo que respecta a nuestro tercer objetivo específico que fue elegir el tipo de sostenimiento adecuado de acuerdo a la Evaluación Geomecánica de la Mina La Fortuna de Icuero nuestros resultados exponen que los cuadros de madera presentan son el sostenimiento adecuado para la labor debido a que la mina tiene una sección

pequeña y se realizan operaciones de manera artesanal. Es decir que es la más adecuada ya que de acuerdo al tipo de sostenimiento a partir de RMR y Q de Barton nos arrojó sostenimientos con bulonados sistemáticos y mallazos lo cual sería un gasto excesivo para las necesidades que presenta la Mina. De tal forma, el sostenimiento que se propuso es cuadros de maderas espaciados de 01 metro con diámetros de 10" cuyas medidas de los postes será de 1.85 m y los sombreros de 1.30 teniendo en cuenta que los cuadros serán cónicos que son los adecuados para este tipo de labores, los cuales se colocarán en zonas donde se encuentran discontinuidades y vetillas.

Dicho esto, nuestro resultado **guarda relación** con los de Lucas (2019), quien tuvo como objetivo determinar el tipo de sostenimiento para lograr estabilidad en el minado subterráneo por medio de la caracterización geomecánica. Adicional a ello, en roca de calidad regular aplicó pernos Split set con malla espaciados de 1.20m y en roca de calidad mala pernos con espaciamientos de 1.00 m. En síntesis, este trabajo es de suma importancia, ya que, para la aplicación de un nuevo tipo de sostenimiento es necesario realizar una evaluación geomecánica que nos ayude a determinar el mejor sostenimiento acorde a la necesidad de la labor.

VI. CONCLUSIONES

En conclusión, la empresa minera La Fortuna de Icuero está ubicada en la ciudad de Tayabamba, cuya geología regional, local y estructural nos permitió conocer que la mineralización de la mina está constituida por oro y sulfuros diseminados, en venillas lenticulares y vetas de cuarzo. Las rocas que hospedan dicha mineralización son metamórficas (pizarras, esquistos y filitas) y metavolcánicas (riolitas y dacitas) del Complejo Marañón. Todas las rocas se encuentran alteradas por silisificación, cloritización y seritización. El depósito mineral está cortado por fallas regionales NW-SE y fallas más locales SW-Ne. La cual se realizó por medio de un mapeo geológico.

Por otro lado, para caracterizar el macizo roco se realizó la evaluación geomecánica donde se usaron las tablas de la clasificación geomecánica del RMR, Q de Barton y GSI; de esta forma se identificó la calidad del macizo rocoso. De acuerdo con los resultados que se obtuvieron en el ensayo de compresión uniaxial y datos obtenidos in situ en la mina a través del mapeo geológico y geomecánico in situ; se tuvo como resultado en el tramo 0+000 al 0+035 un RMR de 81-100 de tipo I, cuya calidad es muy buena, Q de 400 a 1000 que indica que la roca es excepcionalmente buena y GSI de 77 tipo II de buena calidad, en el tramo 0+036 al 0+070 un RMR de 41-60 de tipo III con calidad regular, Q de 10 a 40 cuya roca es de calidad regular y GSI 46 tipo III de calidad regular, en el tramo 0+071 al 0+105 valoración RMR de 21-40 donde la roca es tipo IV de mala calidad, Q de 4 a 10 donde la roca es pobre y GSI 33 tipo IV de mala calidad y en el tramo 0+106 al 0+140 un RMR de 61-80 tipo II de calidad buena, Q de 100 a 400 de calidad extremadamente buena y GSI de buena calidad tipo II con valor de 70.

Así mismo, para la elección del tipo de sostenimiento adecuado de acuerdo a la Evaluación Geomecánica en la Cortada 330 NE de la Mina se realizó el análisis de los sostenimientos de acuerdo a las clasificaciones de Bieniawski y Barton de las cuales se concluyó que según Bieniawski en el tramo 0+000 al 0+035 no se requiere ningún tipo de sostenimiento y los avances pueden ser hasta de 3 metros. Sin

embargo, en el tramo 0+036 se requiere bulonado sistemático de 3 – 4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en clave y hastiales. Del tramo 0+070 0+071 al 0+105 la excavación debe tener avances de 1 a 1.5 m con sostenimiento inmediato en el frente y completar el sostenimiento a menos de 10 m del frente y se debe aplicar bulonado sistemático de 4 – 5 m, con separaciones de 1 a 1.5 m en clave y hastiales con mallazo. Por último, en el tramo 0+106 al 0+140 se debe aplicar bulonado local en clave, con longitudes de 2- 3 m y separación de 2 – 2,5 m, eventualmente con mallazo.

Según la clasificación de Barton determinó que en los tramos 0+000 al 0+035 y 0+106 al 0+140 no se requiere sostenimiento. Sin embargo, en los tramos donde la roca es de calidad regular y pobre se requiere sostenimiento bulonado sistemático y bulonado sistemático con hormigón proyectado, 40-100 mm respectivamente. Por lo tanto, teniendo en cuenta diferentes parámetros como la sección de la labor y las características de la roca y experiencia de campo se identificó que el sostenimiento adecuado para esta labor es cuadros de madera cuyas dimensiones de los sombreros será de 1.30 m y postes de 1.85 metros con diámetro de 10”.

Por último, al realizar la evaluación geomecánica se determinó que el sostenimiento adecuado teniendo en cuenta las características, tipo de mina y calidad de roca se concluyó que el sostenimiento que se aplicará es con cuadros de madera en las zonas donde se presenció fallas y zonas donde la calidad de la roca es mala. En total se requieren 14 cuadros de madera que se ubicarán en las zonas donde se identificó la inestabilidad con espaciados de 01 metro entre cada cuadro y el costo total para aplicar este sostenimiento fue de S/10,309.12.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa minera La Fortuna de Icuero, tener en cuenta el estudio geológico y geomecánico que se realizó en esta investigación para así conocer el comportamiento del macizo rocoso que se encuentra en la labor y de acuerdo a ello poder identificar los posibles riesgos que en un futuro pudieran afectar la vida y salud de sus trabajadores.

Se recomienda también realizar el sostenimiento con cuadros de madera, puesto que se obtuvo que sería más beneficioso aplicar este sostenimiento en las zonas donde se visualizó inestabilidad y así mismo se brinde seguridad en cada una de las operaciones.

REFERENCIAS

1. ACOSTA MEDINA, Irwin Edinson; BARÓN CÓNDOR, Hans Evanof. Análisis geomecánico para la estabilidad en las labores de desarrollo y producción de la mina Santa Clotilde 7-Chongoyape-Lambayeque. 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38854>
2. ALCÁNTARA URRUTIA, Leyden Humberto; PACHECO CCAPA, Roxana Vanesa; SALAZAR CACHO, Iris Nohely. Caracterización geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en labores subterráneas, Perú-2018. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/15032/Alc%C3%A1ntara%20Urrutia%20Leyden%20Humberto%20-%20Pacheco%20Ccapa%20Roxana%20Vanesa%20-%20Salazar%20Cacho%20Iris%20Nohely.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. ÁLVAREZ-RISCO, Aldo. Clasificación de las investigaciones. 2020. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%200Acad%C3%A9mica%20%20%2818.04.2021%29%20-%20Clasificaci%C3%B3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
4. ALVARADO NÚÑEZ, Arnol. Certificación de competencias del trabajador que realiza actividades de cuadrilla de descarga de recursos hidrobiológicos de la pesca artesanal marítima-región Piura 2022. 2022. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3399>
5. ARANA ALVITES, Guillermo Diego. Análisis geomecánico para seleccionar el tipo de sostenimiento en la Mina Apmnac Pulpera Caylloma-Arequipa. 2019. Disponible en: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4539>

6. ARIAS GONZÁLES, José Luis; COVINOS GALLARDO, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación. 2021. Disponible en:
<http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>
7. Arispe A., C. M.; Yangali V., J. S; Guerrero B., M.E.; Lozada R., B. O; Acuña G., L.A. & Arellano S., C. (2020). La investigación científica. Una aproximación a los estudios de postgrado. Edit. UIDE, Guayaquil. Disponible en:
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4310>
8. ARIAS-GÓMEZ, Jesús; VILLASÍS-KEEVER, Miguel Ángel; NOVALES, María Guadalupe Miranda. El protocolo de investigación III: la población de estudio. Revista Alergia México, 2016, vol. 63, no 2, p. 201-206. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
9. AKRAM, Mian Sohail, et al. Geotechnical evaluation of rock cut slopes using basic rock mass rating (RMR basic), slope mass rating (SMR) and kinematic analysis along Islamabad Muzaffarabad dual carriageway (IMDC), Pakistan. Pakistan. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 2018, vol. 13, no 1, p. 297-306. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/329117381_Geotechnical_evaluation_of_rock_cut_slopes_using_basic_Rock_Mass_Rating_RMRbasic_Slope_Mass_Rating_SMR_and_Kinematic_Analysis_along_Islamabad_Muzaffarabad_Dual_Carriageway_IMDC_Pakistan
10. BARÓN, Hans. Análisis Geomecánico para la Estabilidad En Las Labores De Desarrollo Y Producción De La Mina Santa Clotilde 7-Chongoyape-Lambayeque. Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38854>

11. BASTIDAS, Gilmar, SORIA, Oliver, MULAS Maurizio, LOAIZA, Silvia y BORDEHORE, Luis. Stability Analysis of Lava Tunnels on Santa Cruz Island (Galapagos Islands, Ecuador) Using Rock Mass Classifications: Empirical Approach and Numerical Modeling. Ecuador, 2022. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3263/12/10/380/htm>
12. BEDNAREK, Łukasz y MAJCHERCZYKA, Tadeusz. An analysis of rock mass characteristics which influence the choice of support. Vol. 21, No. 4 (2020) 371-377. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Lukasz-Bednarek/publication/341019275_An_analysis_of_rock_mass_characteristics_which_influence_the_choice_of_support/links/5ea9783745851592d6a8a884/A_n-analysis-of-rock-mass-characteristics-which-influence-the-choice-of-support.pdf
13. BORDEHORE, Luis, CANO, Miguel, Riquelme, Adrián y JOVER, Roberto. Stability Assessment Of Rock Slopes Using Empirical Approaches: Comparison Between Slope Mass Rating And Q-Slope. España: Instituto Geológico y Minero de España, 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/N_Bar/publication/326836426_Stability_a_sessment_of_rock_slopes_using_empirical_approaches_comparison_between_Slope_Mass_Rating_and_Q-Slope/links/5b68b3c3a6fdcc87df6d5f6e/Stability-assessment-of-rock-slopes-using-empirical-approaches-comparison-between-Slope-Mass-Rating-and-Q-Slope.pdf
14. BURGOS ROSADO, Raquel Maribel. Caracterización y clasificación geomecánica del cuerpo intrusivo ubicado en la vía Perimetral de los cantones Nobol y Daule de la provincia del Guayas. 2018. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29636/1/tfinal_11_enero_2018-R.B..pdf

15. CABELLOS, Jhon. Y SAMAMÉ, Alondra. Estudio Geotécnico Para La Estabilidad De Taludes En La Mina De Hierro Olmos 8 HPM. Tesis (Ingeniero de Minas). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en: file:///C:/Users/usuario/Downloads/Cabellos_RJE-Samam%C3%A9_VAA-SD.pdf
16. CÁCERES MALAVER, Duber Salomón. Evaluación geotécnica en inestabilidad de taludes en zonas críticas en la carretera Kuntur Wasi en el tramo km. 45+ 000-km. 52+ 000. 2019. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3306>
17. Carrión, Aguilar, Morante, Fernando Domínguez, Sánchez, Zambrano, Briones, Blanco, Córdova y Berrezueta. Surface and Underground Geomechanical Characterization of an Area Affected by Instability Phenomena in Zaruma Mining Zone (Ecuador). Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3272>
18. CAMPODÓNICO, H., et al. OSINERGMIN (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería), 2017. La Industria de los Hidrocarburos Líquidos en el Perú, vol. 20. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/Resoluciones/pdf/2017/R_OSINERGMIN_No.210-2017-OS-CD.pdf
19. CARLOS CARMONA, Jorge Luis. Evaluación geomecánica del macizo rocoso para proponer, el tipo de sostenimiento en el Tunel Sulluscocha del nivel 001. 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/22084>
20. CERRÓN, Juan. Propuesta de elección de tipo de sostenimiento por utilizarse en la Unidad de Producción Yauricocha, Lima-2020. Disponible en:

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9756/4/IV_FIN_10_TI_Cerron_Rosales_2020.pdf

21. COTRADO LAURA, Milagros; AMADO ROMERO, Diego Arturo. Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño de un sostenimiento adecuado en mina Chaparra, Caravelí, Arequipa-2021. 2022. Disponible en:

<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5732>

22. CUERVAS-MON, J., et al. Evaluación de la estabilidad de excavaciones mineras de pequeño diámetro mediante clasificaciones geomecánicas y análisis empíricos: el caso de la mina de San Juan, Ecuador. Trabajos de Geología, 2015, vol. 35, p. 19-28. Disponible en:

<https://reunido.uniovi.es/index.php/TDG/article/view/11881>

23. CUNYAS SANCHEZ, Kevin Maykol; MANRIQUE EULOGIO, Berkely Rosulo. Evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en el XC 876, NV 21-zona vetas, Unidad Minera Americana. 2022.

Disponible en:

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11540>

24. DUQUE ESCOBAR, Gonzalo; ESCOBAR POTES, Carlos Enrique. Geomecánica. Ingeniería Civil, 2016. Disponible en:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57121/geomecanica.pdf>

25. FERNANDEZ, Betty y MEDINA, Domitila. Análisis geomecánico para seleccionar el tipo de sostenimiento en la mina subterránea El Chanche-Cajamarca 2020. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29487/Fernandez%20Chilcon%2c%20Betty%20-%20Medina%20Chavez%2c%20Domitila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

26. FRANCIONI, Giovannini y SALVINI, Stead . An integrated remote sensing-GIS approach for the analysis of an open pit in the Carrara marble district, Italy: Slope stability assessment through kinematic and numerical methods. Volume 67, June 2018, Pages 46-63. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0266352X15000397>
27. GALLARDO ECHENIQUE, Eliana Esther, et al. Metodología de Investigación: manuales autoformativos interactivo. 2017. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf
28. GÓMEZ, Mateo. Caracterización, zonificación geomecánica y recomendación del sostenimiento necesario para la estabilidad de labores temporales y permanentes del macizo rocoso en el nivel 1712 del cuerpo Zeus de la mina El Roble. 2022. Disponible en: https://repositorio.ucaldas.edu.co/bitstream/handle/ucaldas/17402/Mateo_GomezRodriguez_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
29. GUERRA, Sala Nilsen; NAVARRO, Elizabeth y POLO, Katerin. Evaluación geomecánica para implementar el sistema de sostenimiento con fines de seguridad, Galería Mercedes Mina Artesanal Suirupata–Acopalca. 2021. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10084/1/IV_FIN_110_TE_Guerra_Navarro_Polo_2021.pdf
30. HAGHSHENAS, Sami, HAGHSHENAS, Sina, MIKAEIL, Reza, MOGHADAM, Pedram y HAGHSHENAS, Ashkan. A New Model for Evaluating the Geological Risk Based on Geomechanical Properties-Case Study: The Second Part of Emamzade Hashem Tunnel. Vol 22 (2017). Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Sina-Shaffiee->

[Haghshenas/publication/312938028 A New Model for Evaluating the Geological Risk Based on Geomechanical Properties - Case Study The Second Part of Emamzade Hashem Tunnel/links/588b1003aca2727ec11a9d77/A-New-Model-for-Evaluating-the-Geological-Risk-Based-on-Geomechanical-Properties-Case-Study-The-Second-Part-of-Emamzade-Hashem-Tunnel.pdf](https://www.researchgate.net/publication/312938028_A_New_Model_for_Evaluating_the_Geological_Risk_Based_on_Geomechanical_Properties_-_Case_Study_The_Second_Part_of_Emamzade_Hashem_Tunnel/links/588b1003aca2727ec11a9d77/A-New-Model-for-Evaluating-the-Geological-Risk-Based-on-Geomechanical-Properties-Case-Study-The-Second-Part-of-Emamzade-Hashem-Tunnel.pdf)

31. 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://hdl.handle.net/20.500.14074/4150>

32. INFANTE, Orlando y ORILLO, Oscar. Estudio Geomecánico para el diseño de la estabilidad de los taludes en la explotación de calizas para la calera La Encalada Chim Chim. Tesis (Ingeniero Geologo). Peru: Universidad Privada del Norte. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23849/Infante%20Chil%C3%B3n%20Orlando%20-%20Orillo%20Carranza%20Oscar%20Lino.pdf?sequence=3>

33. LAURENTE VENEGAS, Delio. Cambio del tipo de sostenimiento en la explotación para reducir los costos en la unidad minera Americana-CIA. Minera Casapalca SA. 2019.

Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2170>

34. LAVALLE SUÁREZ, Danny Orlando; LEU SALDAÑA, Jesús Manuel. Implementación de un Modelo de Optimización para Mejorar la Productividad y Eficiencia en las operaciones productivas de la Oficina Nacional de Procesos Electorales-ONPE. 2020. Disponible en:

<http://repositorio.upci.edu.pe/handle/upci/216>

35. LUCAS, Marco. Caracterización geomecánica para evaluar el sostenimiento subterráneo de la mina Huantajalla UP Uchucchacua Compañía Minera Buenaventura SAA. 2019. Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1771/1/T026_76428319_T.pdf
36. MAŁKOWSKI, Piotr; NIEDBALSKI, Zbigniew. A comprehensive geomechanical method for the assessment of rockburst hazards in underground mining. International Journal of Mining Science and Technology, 2020, vol. 30, no 3, p. 345-355. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2095268619303696?token=D1D82356977B0602827A60A25AB5912257828F093F228FCE1E53EE55CDA08A8690169AF08C1D443951A90BD9C5520F77&originRegion=us-east-1&originCreation=20220510031726>
37. MIAN, Akram, SALMAN, Farooq, MIRZA, Abdul, SYED, Muzammil, MIFZALA, Khan, MUHAMMAD Usman y LUQMAN, Ahmed. Geotechnical evaluation of rock cut slopes using basic Rock Mass Rating (RMRbasic), Slope Mass Rating (SMR) and Kinematic Analysis along Islamabad Muzaffarabad Dual. ISSN: 2220-6663. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Salman-Farooq-2/publication/329117381_Geotechnical_evaluation_of_rock_cut_slopes_using_basic_Rock_Mass_Rating_RMRbasic_Slope_Mass_Rating_SMR_and_Kinematic_Analysis_along_Islamabad_Muzaffarabad_Dual_Carriageway_IMDC_Pakistan/links/5edc8eb6299bf1c67d4ad862/Geotechnical-evaluation-of-rock-cut-slopes-using-basic-Rock-Mass-Rating-RMRbasic-Slope-Mass-Rating-SMR-and-Kinematic-Analysis-along-Islamabad-Muzaffarabad-Dual-Carriageway-IMDC-Pakistan.pdf
38. MOHAMMADI, M. Development of an optimal experimental model for predicting rock mass rating based on tunneling quality index. Volume 140, April

2021, 104602. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1365160920309680>

39. MORAGA HIDALGO, Gustavo Nicolás, et al. Características geológicas y geotécnicas generales que intervienen en la tronadura y el efecto de daño en el campo lejano en minería de Rajo Abierto. 2018. Disponible en:
<http://repositorio.udec.cl/handle/11594/3128>

40. MUCUTA-LITO, Helder Vemba; CARTAYA-PIRES, Maday; CUNI-CALZADA, Julio. Geomechanical evaluation of the rock mass in exploitation fronts of the Castellanos polymetallic deposit. Mining and Geology, 2019, vol. 35, no 4, p. 430-440. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122019000400430&lang=es

41. NARANJO, Karla. Estudio Geotécnico para diseño de la fortificación del Pozo 3, de la mina Epifanía, sector la Independencia Alto, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay. 2019. Tesis de Licenciatura. Quito: UCE. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20264>

42. OCHOA-QUESADA, Alexander; CARTAYA-PIRES, Maday; BLANCO-BLÁZQUEZ, Jorge Luis. Optimum geomechanical classification to evaluate the rock mass at the starting front of Section IV of the Levisa-Mayarí tunnel. Mining and Geology, 2020, vol. 36, no 1, p. 50-64. Disponible en:
<http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v36n1/1993-8012-mg-36-01-50.pdf>

43. PRASAD, Sarada y SIDDIQUE, Tariq. Stability assessment of landslide-prone road cut rock slopes in Himalayan terrain: A finite element method based approach. India, 2020. Disponible en:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1674775518305328?token=64B3D514DBEE6B1181E79C6C33E7606A638525E71475A320564FF257AED8ECC9>

[59826AB40756D8596FE250B5B0E2036B&originRegion=us-east-1&originCreation=20211206235713](https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1093/TP%20-%20UNH%20MINAS%200025.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

44. QUINTO ESPINOZA, Jim Kerri; HUAMANYALLI RAMOS, Robeli. Análisis geomecánico para la selección óptima del método de explotación de la veta almiranta–zona profundización de la mina Quiruvilca–sociedad minera Quiruvilca Inversiones SA–La Libertad. 2017. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1093/TP%20-%20UNH%20MINAS%200025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
45. QUIROS, Gladis. “Patricia. Uso de tecnologías de la información y comunicación y su relación con el uso de lenguaje en los estudiantes de la Institución Educativa Ana de Castrillón”, sede Divino Salvador, Medellín, Colombia. Tesis (Informatica Educacion). Colombia. Universidad privada Norbert Wiener, 2017. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1358/MAESTRO%20-%20Quiros%20Torres%2C%20%20Gladis%20Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
46. QUISPE MATOS, Kenlly Anthony. Evaluación geomecánica para la elección del tipo de sostenimiento en el túnel Yauricocha del NV. 720, Sociedad Minera Corona SA. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4685>
47. RAHIMI, Behrooz, SHARIFZADEH, Mostafa, FENG, Xia-Ting. A comprehensive underground excavation design (CUED) methodology for geotechnical engineering design of deep underground mining and tunneling. Volume 143, July 2021, 104684. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1365160921000708>

48. RAMANI, Evangelin. Rock Slope Stability Assessment Using Geomechanical Classification and its Application for Specific Slopes along Kodaikkanal-Palani Hill Road, Western Ghats, India. Journal Geological Society Of India. Vol.91, April 2018, pp.489-495. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Thirukumaran-Venugopal/publication/324279782_Rock_Slope_Stability_Assessment_Using_Geomechanical_Classification_and_its_Application_for_Specific_Slopes_along_Kodaikkanal-Palani_Hill_Road_Western_Ghats_India/links/5ce948fe458515712ec2ce28/Rock-Slope-Stability-Assessment-Using-Geomechanical-Classification-and-its-Application-for-Specific-Slopes-along-Kodaikkanal-Palani-Hill-Road-Western-Ghats-India.pdf
49. REHMAN, Hafeezur, MUNTAQIM, Abdul, KIM, Jung-joo y YOO, Hankyu. Extension of tunneling quality index and rock mass rating systems for tunnel support design through back calculations in highly stressed jointed rock mass: An empirical approach based on tunneling data from Himalaya. Volume 85, March 2019, Pages 29-42. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0886779817311896>
50. RIOS BARTOLO, Ricardo. Evaluación geomecánica para la determinación del tipo de sostenimiento del macizo rocoso en los túneles carreteros “Los Ángeles”. 2019. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_581652b5e59acfe3e900aa8989dc6754
51. RINCÓN ARDILA, Rocío; GÓMEZ RIAÑO, Yudy Alexandra. Influencia de los factores geológicos y geomorfológicos asociados a la explotación minera en la amenaza por remoción en masa del municipio de Lenguazaque Cundinamarca mediante análisis espacial a escala básica. Disponible en:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/42746/2022rociorincon.pdf?sequence=1>

52. RODRIGUEZ, Daniel. Geomecánica aplicada para mejorar la estabilidad de labores mineras subterráneas en la unidad minera Arequipa M de la compañía minera AC Agregados SA-año 2018. 2018. Disponible en: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2750/T033_46817582_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
53. RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, Andrés; PÉREZ JACINTO, Alipio Omar. Métodos científicos de indagação e de construção do conhecimento. *Revista Ean*, 2017, no 82, p. 179-200. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602017000100179&script=sci_abstract&lng=pt
54. ROMAN, Alvaro. Caracterización geo mecánica del macizo rocoso y su aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la unidad económica administrativa. Tesis (Ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2019 Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10475/Ca%C3%B1a%20Cora_Alvaro_Martin.pdf?sequence=3&isAllowed=y
55. SALAZAR, Edgar. Evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente Unidad Minera Yauricocha-Sociedad Minera Corona SA. 2020. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8428/3/IV_FIN_10_TE_Salazar_Isla_2020.pdf
56. SANCHEZ, Patrik. Evaluación Geomecánica para el dimensionamiento de tajos en el sistema de explotación por taladros largos en la unidad minera Untuca Cori Puno S.A. Tesis (Ingeniero de Minas). Perú: Universidad

Nacional Del Altiplano, 2018. Disponible en:
<https://es.scribd.com/document/514344311/Sanchez-Ponce-Patrik-Christian>

57. SIPEKI, Levente, NEWMAN, Alexandra y YANO, Candace. Selecting support pillars in underground mines with ore veins. 2019. Pages 1173-1188. Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/24725854.2019.1699978>

58. SUASNABAR, Percy. Análisis técnico para la optimización del sostenimiento en los frentes de la Compañía Minera Casapalca S.A. Tesis (Ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019. Disponible en:

http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1564/1/T026_47344236_T.pdf

59. SZURGACZ, Dawid; BRODNY, Jarosław. Adapting the powered roof support to diverse mining and geological conditions. Energies, 2020, vol. 13, no 2, p. 405. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/2/405>

60. TACURI, Amilcar. Evaluación Geomecánica Del Macizo Rocosó Parala Aplicación Del Sostenimiento En La Mina Hércules –Cia Minera Lincuna S.A. Tesis (Ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, 2017. Disponible en: <https://1library.Co/Document/Ye92oxeq-Evaluacion-Geomecanica-Macizo-Aplicacion-Sostenimiento-Hercules-Minera-Lincuna.Html>

61. TARIQ, Anwar y SHARMA, Singh. Empirical Slope Stability Assessment Along the Road Corridor NH-7, in the Lesser Himalayan. China, 2019, Pages 5391–5407. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-017-7091-x>

62. TICONA MANRIQUE, Luis Branco. Recuperación de pilares con cuadros de madera como elemento de sostenimiento en labor minera Galería Chapi–nivel 2310-veta La Raja unidad minera El Solitario SAC. 2021.
Disponibile en: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/13711>
63. TOLEDO BERROCAL, Yamilet Mónica Viviana; ZEVALLOS SOTOMAYOR, Gabriela Alejandra. El control interno y su influencia en los procesos contables de la empresa de seguridad y protección Bouncer SAC del distrito de San Borja, en el año 2019. 2022. Disponible en:
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30485>
64. UCHAMACO ALANOCA, Wilson Baylon. Evaluación geomecánica para determinar el diseño de sostenimiento en minería subterránea: caso Ana María-Rinconada. 2019. Disponible en:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12615/Uchamaco_Alanca_Wilson_Baylon.pdf?sequence=1&isAllowed=y
65. VACA CASTILLO, Alejandro Patricio. Evaluación de la estabilidad de taludes en San Antonio de Pichincha, mediante la caracterización de macizos rocosos, para el análisis de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa. 2018. Tesis de Licenciatura. Quito, 2018. Disponible en:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19060>
66. VARELA MIRANDA, Juan Ignacio, et al. Análisis geológico-geomecánico de pilares de roca mediante perforaciones de auscultación, en los sectores productivos Mina Esmeralda y Mina Pilar Norte, Pertenecientes a la División El Teniente, CODELCO, Región del Libertador General Bernardo O’Higgins, Chile. 2019. Disponible en:
http://repositorio.udec.cl/xmlui/bitstream/handle/11594/3488/Tesis_Analisis_geologico_geomecanicoImage.Marked.pdf?sequence=4&isAllowed=y

67. VILLANUEVA AREVALO, Jhon Mijail. Reducción de costos para la extracción del mineral en tajos mediante el sostenimiento con puntal en línea de 8" de diámetro con jack pot en la minera aurífera Retamas-Marsa periodo 2019. 2022.

Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5025>

68. ZHANG, Qi, HUANG, Xianbin, ZHU, Hehua y LI, Jianchun. Quantitative assessments of the correlations between rock mass rating (RMR) and geological strength index (GSI). Volume 83, January 2019, Pages 73-81.

Disponible en:

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

Cuadro 06: Cuadro Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA LA ELABORACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:LUCANAS RABANAL, y SAAVEDRA PINEDO

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 una evaluación geomecánica podrá determinar el tipo de sostenimiento en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuuro-Tayabamba?	<p>Objetivo general: Realizar una evaluación geomecánica para determinar el tipo del sostenimiento en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuuro-Tayabamba.</p> <p>Objetivos específicos: Describir la geología local, regional y estructural de la Mina La Fortuna de Icuuro-Tayabamba. Caracterizar el macizo rocoso a través de los parámetros y tablas geomecánicas del RMR, Q de Barton y GSI para determinar la calidad de la masa rocosa que se encuentra en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuuro-Tayabamba. Elegir el tipo de sostenimiento adecuado de acuerdo a la evaluación geomecánica en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuuro-Tayabamba.</p>	Si se realiza una evaluación geomecánica entonces se podrá determinar el tipo de sostenimiento adecuado para la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuuro.	<p>Variable independiente: Evaluación geomecánica del macizo rocoso.</p> <p>Variable dependiente: Tipo de sostenimiento.</p>	Aplicada	Todo el macizo rocoso de la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuuro-Tayabamba.	Análisis documental Observación de campo	Método de procesos. Método analítico-sintético.
	DISEÑO			MUESTRA		INSTRUMENTOS	
	Diseño No experimental			El macizo rocoso con alto grado de alteración de la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuuro-Tayabamba.		Guía de observación de campo Tablas geomecánicas Guía de análisis documental	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 07: Cuadro de Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Tipo de sostenimiento	Para Ríos (2019) son un conjunto de elementos resistentes que proporcionan al terreno excavado el suficiente confinamiento para conseguir la estabilización de la excavación con una deformación aceptable.	La variable será evaluada mediante las siguientes dimensiones:	Cargas alrededor de la excavación	Cargas verticales	Razón
				Cargas horizontales	
			Sostenimiento propuesto por Barton	Tipo de roca	Razón
				Tipo de sostenimiento	
			Sostenimiento propuesto por Bieniawski	Tipo de roca	Razón
				Tipo de sostenimiento	
			Sostenimiento propuesto para la Mina la Fortuna de Icuero	Materiales	Razón
				Armado de cuadros	
				Costos	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 08: Cuadro de Operacionalización de variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Estudio geomecánico del macizo rocoso	Según Salazar (2020), consiste en estudiar las características de la mecánica de roca, así mismo ayuda a determinar su comportamiento, en relación a los cambios de esfuerzos, presión, temperatura y otros parámetros ambientales	La variable será evaluada mediante la siguiente dimensión: Propiedades mecánicas de la roca, Geología del yacimiento, Clasificación geomecánica, Geometría del yacimiento	Geología del yacimiento	Geología regional	Razón
				Geología local	
				Geología estructural	
			Clasificación geomecánica	RMR	Nominal
				Q de Barton	
				GSI	

Fuente: Elaboración propia

Figura 06: *Árbol de problemas de la investigación*



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 09: Guía de observación de campo para la geología

INSTRUMENTO: GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO			
	EVALUACIÓN GEOMECÁNICA PARA DETERMINAR EL TIPO DE SOSTENIMIENTO EN LA CORTADA 330 NE DE LA MINA LA FORTUNA DE ICURO		
OBJETIVO: Describir la geología local, regional y estructural de la Mina La Fortuna de Icuero			
ASPECTO GEOMECÁNICO	PARÁMETROS	VALOR	
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	Geología regional	Eratema	
		Sistema	
		Serie	
		Unidades litoestratigráficas	
	Geología local	Litología	
		Alteraciones metamórficas e hidrotermales	
		Mineralización	
		Yacimiento	
	Geología estructural	Pliegues	
		Fallas	

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro 10: Guía de observación de campo del RMR

INSTRUMENTO: GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO											
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			EVALUACIÓN GEOMECÁNICA PARA DETERMINAR EL TIPO DE SOSTENIMIENTO EN LA CORTADA 330 NE DE LA MINA LA FORTUNA DE ICURO-TAYABAMBA								
OBJETIVO: Caracterizar el macizo rocoso a través de los parámetros del RMR y Q de Barton para determinar la calidad de la masa rocosa que se encuentra en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero.											
R M R D E B I E N I A W S K I	1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	>10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión simple (Mpa)			
			Compresión Simple	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	<1	
		Puntuación		15	12	7	4	2	1	0	
	2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%			
		Puntuación		20	17	13	6	3			
	3	Separación entre diaclasas		>2m	0.6 - 0.2m	0.2 - 0.06m	0.06 - 0.2m	<0.06m			
		Puntuación		20	15	10	8	5			
	4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1 - 3m	3 - 10m	10 - 20m	>20m			
			Puntuación		6	4	2	1	0		
			Abertura	Nada	< 0.1mm	0.1 - 1.0mm	1 - 5mm	>5mm			
Puntuación				6	5	3	1	0			
Rugosidad			Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	suave				
Puntuación				6	5	3	1	0			
Relleno			Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm				
Puntuación				6	4	2	1	0			
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta						
Puntuación		6	5	3	1	0					
5	Agua freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo	<10 litros/min	10 - 25 litros/min	5 - 125 litros/mi	>125 litros/min				
		Relación: presión de agua/tensión principal mayor.	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5				
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo				
	Puntuación		15	10	7	4	0				

R M R	Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
	Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
		Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
		Taludes	0	-2	-25	-50	-60

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11: Guía de observación de campo del Q de Barton

INSTRUMENTO: GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO			
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		EVALUACIÓN GEOMECÁNICA PARA DETERMINAR EL TIPO DE SOSTENIMIENTO EN LA CORTADA 330 NE DE LA MINA LA FORTUNA DE ICURO-TAYABAMBA	
OBJETIVO: Clasificar el macizo rocoso a través de las tablas geomecánicas para determinar la calidad de la masa rocosa que se encuentra en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icu-ro-Tayabamba.			
Parámetro	Número de Familias	Valores	Observaciones
Calidad de la roca	Excepcionalmente buena	1000 – 400	
	Extremadamente buena	400 – 100	
	Muy buena	100 – 40	
	Buena	40 – 10	
	Regular	10 – 4	
	Pobre	4 – 1	
	Muy pobre	1 – 0,01	
	Extremadamente pobre	0,1 – 0,01	
	Excepcionalmente pobre	0,01 – 0,001	
Jn	Masivo, con poca discontinuidad	0.5 - 1	
	Un sistema de discontinuidad	2	
	Un sistema de principal y uno secundario	3	
	Dos sistemas de discontinuidad	4	
	Dos sistemas principales y uno secundario	6	
	Tres sistemas principales y uno secundario	9	
	Tres sistemas principales y uno secundario	12	
	Cuatro sistemas de discontinuidades o mas (roca muy fracturada)	15	
	Roca triturada (Terrosa)	20	
Jr	Diaclasas discontinuas	4	
	Rugosas e irregulares, onduladas	3	
	Lisas, Onduladas	2	
	Lustrosas Ondulantes	1,5	
	Rugosas o irregulares, planares	1,5	
	Lisas, Planares	1	
	Lustrosas, Planares	0,5	
	Zonas conteniendo arcillas en cantidades suficientes como para impedir el contacto entre las superficies que limitan la fractura	1	
	Zona de material arenoso en cantidad suficiente como para impedir el contacto entre las superficies que limitan la fractura	1	
Ja	Ajustadas, rellenas con material compacto	0,75	
	Superficies inalteradas, ligeras manchas de oxidación	1	
	Superficies ligeramente alteradas, cubiertas con material granular, producto de la desintegración de la roca	2	
	Capas superficiales de material limoso o arcilloso arenoso, con una pequeña fracción cohesiva	3	
	Capas superficiales de arcilla cantidades pequeñas de arcilla expansiva en capas 1 – 2 mm de espesor	4	

Jw	Secas o flujos bajos	4	
	Flujos a presiones medias que ocasionen erosión del material de relleno	3	
	Flujos o presiones altas en roca competente con diaclasas sin relleno	2	
	Flujos a presiones altas con erosión considerable del material de relleno	1 , 5	
	Flujos o presiones excepcionalmente altas luego de la voladura disminuyendo con el tiempo	1,5	
	Flujos o presiones excepcionalmente altas sin que ocurra una disminución en el tiempo	1	
SRF	Tensiones bajas, poca profundidad, diaclasas abiertas	2,5	
	Tensiones moderadas, condiciones tensionales favorables	1	
	Tensiones elevadas, estructura muy compacta	0,5 – 2	
	Lajamiento moderado de la roca después de 1 hora en rocas masivas	5 – 50	
	Lajamiento y estallido de la roca después de pocos minutos en rocas masivas	50 – 200	
	Estallidos violentos de rocas (deformación explosiva) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	200 – 400	

Fuente: Adaptado del Q de Barton (1974)

Cuadro 12: Guía de análisis documental del tipo de sostenimiento

INSTRUMENTO: GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL		
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		EVALUACIÓN GEOMECÁNICA PARA DETERMINAR EL TIPO DE SOSTENIMIENTO EN LA CORTADA 330 NE DE LA MINA LA FORTUNA DE ICURO-TAYABAMBA
OBJETIVO: Elegir el tipo de sostenimiento adecuado de acuerdo a la Evaluación Geomecánica en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero.		
Parámetros	Características	Observación
Sostenimiento adecuado a partir del RMR	Calidad de la roca	
	Tipo de sostenimiento	
Sostenimiento adecuado a partir del Q de Barton	Calidad de la roca	
	Tipo de sostenimiento	
Sostenimiento propuesto para la labor	Tipo de sostenimiento	
	Materiales	
	Diseño del armado de cuadros	
	Costos	

Fuente: Elaboración propia

Trujillo, de 10 septiembre de 2022

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FILIAL CHICLAYO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**

**CARTA DE AUTORIZACION: USO DE DATOS DE EMPRESA CON FINES
DE INVESTIGACION.**

Yo, OCTAVIO RAUL RABANAL BAUTISTA, identificado con N° DNI 16754510, representante Legal de la empresa **RASA INGENIERIA Y LOGISTICA SAC**, con RUC 20600959710, autorizo utilizar los datos de la empresa para ser desarrollado el informe de investigación titulado **"EVALUACION GEOMECANICA PARA DETERMINAR EL TIPO DE SOSTENIMIENTO EN LA CORTADA 330 NE DE LA MINA LA FORTUNA DE ICURO"**, a los investigadores del X ciclo Diego Alonso Lucanas Rabanal, identificado con N° DNI 73889542, código universitario 7001135213 y Karen Smith Saavedra Pinedo, identificado con N° DNI 73582523, código universitario 7000960388, para que hagan uso de la misma con fin de investigación hasta que lo dispongan.

Atentamente:



RABANAL BAUTISTA OCTAVIO RAUL
RUC 10167545101

Oficina Admis: Calle Los Girasoles 126 Int. 202. Urb. Santa Edelmira, Victor Larco, Trujillo
Sede Extractiva: Florcita de Urpay II, Tayabamba, Pataz, La Libertad
Oficina Lima: Av. Tomasal 855 Int. 103. Santiago de Surco, Lima, Lima

Fuente: Empresa Rasa Ingeniería y logística

Figura 08: Validación de Instrumento de Análisis documental I

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (ANÁLISIS DOCUMENTAL)

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 0-25	REGULAR 26-50	BUENA 51-75	MUY BUENA 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:

.....

MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP Nº 400000

Nombre y firma del Experto Validador

DNI Nº 45454682

Fecha: 03/06/2022

Figura 09: Validación de Instrumento de Análisis documental II

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Experto: Dr. (Mg) Liliana Zavaleta Castro

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Universidad Cesar Vallejo – Coordinadora de escuela Ing. Minas

Dirección:

e-mail: lcastroz@ucv.edu.pe Teléfono: 940148424

Tabla 13: Instrumento de validación

Nº	PREGUNTAS	DEFICIENTE 0-25	REGULAR 26-50	BUENA 51-75	MUY BUENA 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:

.....



Liliana Zavaleta Castro

Nombre y firma del Experto Validador

DNI Nº 43803365

Fecha: 04/06/22

Figura 10: Validación de Instrumento de Análisis documental III

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
(ANÁLISIS DOCUMENTAL)

Experto: Dr. (Mg) Jesús Gabriel Vilca Pérez
 Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
 Dirección:
 e-mail: Teléfono: 975459036

Nº	PREGUNTAS	DEFICIENTE 0-25	REGULAR 26-50	BUENA 51-75	MUY BUENA 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:

.....



Jesús Gabriel Vilca Pérez
 Mg. DE MINAS
 R/CIP: N° 185681

Nombre y firma del Experto Validador

DNI N°

Fecha: 11/09/22

Figura 11: Validación de Instrumento de Observación de campo I

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

.....

1.2 Investigador(a)(es):

2. ASPECTOS A VALIDAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 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 <u>la estrategia</u>				↙	
Consistencia	Basado en aspectos serios científicos					↙
Coherencia	Existe coherencia entre los ítems, dimensiones e indicadores					↙
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					↙
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					↙

PROMEDIO DE VALORACIÓN:90

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Mauro Salvador Palco
Grado académico: Magister

DNI: 45454682
Centro de Trabajo: SERGEOING SRL

Firma: Fecha: 03/06/2022

Figura 12: Validación de Instrumento de Observación de campo II

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

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

.....

1.2 Investigador (a) (es):

.....

1. ASPECTOS A VALIDAR:

Tabla 2.5: Instrumento de validación

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 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 <u>la estrategia</u>				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

2. OPINION DE APLICABILIDAD:

aplicable.....

3. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Zavaleta Castro Liliana

Grado académico: Magister

DNI 43803365

Centro de Trabajo: UCV

Firma:



Fecha: 04/06/22

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Validación de Instrumento de Observación de campo III

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

1. DATOS GENERALES:
 1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

1.2 Investigador (a) (es):

ASPECTOS A VALIDAR:

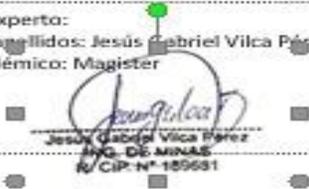
Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 81-100
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					↖
Objetividad	Está expresado en conductas observables					↖
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					↖
Organización	Existe una organización lógica					
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					↖
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de <u>la</u> <u>estrategias</u>				↖	
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 90

2. OPINION DE APLICABILIDAD:

3. Datos del Experto:
 Nombre y apellidos: Jesús Gabriel Vilca Pérez DNI

Grado académico: Magister Centro de Trabajo: Universidad Cesar Vallejo

Firma:  Fecha: 11/09/22

ING. DE MNAS
R/CIP-N° 189681

Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Validación de Instrumento de Juicio de experto I

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (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: maurosapai@hotmail.com
- Autor (es) del Instrumento: Lucanas Rabanal, Diego Alonso y Saavedra Pinedo, Karen Smith

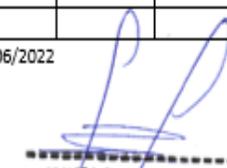
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

Tabla 16: Instrumento 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 <u>están</u> redactadas claramente					✓
10	Las preguntas siguen un orden lógico					✓
11	El <u>Nº</u> 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: 4.7


 MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 199593

Mr.

Figura 15: Validación de Instrumento de Juicio de experto II

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto Zavaleta Castro Liliana
- Grado Académico: Magister
- Institución donde labora: Universidad César Vallejo
- Dirección: Teléfono: 940148424
- Email: lcastroz@ucv.edu.pe
- Autor (es) del Instrumento: Lucanas Rabanal, Diego Alonso y Saavedra Pinedo, Karen Smith

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

Tabla 17: Instrumento 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 <u>ítems</u> <u>claros</u> redactadas claramente				X	
10	Las preguntas siguen un orden lógico				X	
11	El <u>Nº</u> 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




Figura 16: Validación de Instrumento de Juicio de exp

ANEXO 18

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS
JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

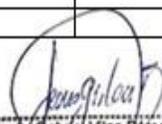
- Apellidos y Nombres del experto: Grado Académico: Jesús Gabriel Vilca Pérez
- Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- Dirección: Teléfono: 975459036 Email:
- Autor (es) del Instrumento: Lucanas Rabanal, Alonso y Saavedra Pinedo, Karen

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 <u>están</u> 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: 11/09/2022

IV. Promedio de Valoración: 4.7


 Jesús Gabriel Vilca Pérez
 ING. DE MINAS
 N.º CIP. N.º 185681
 DNI 

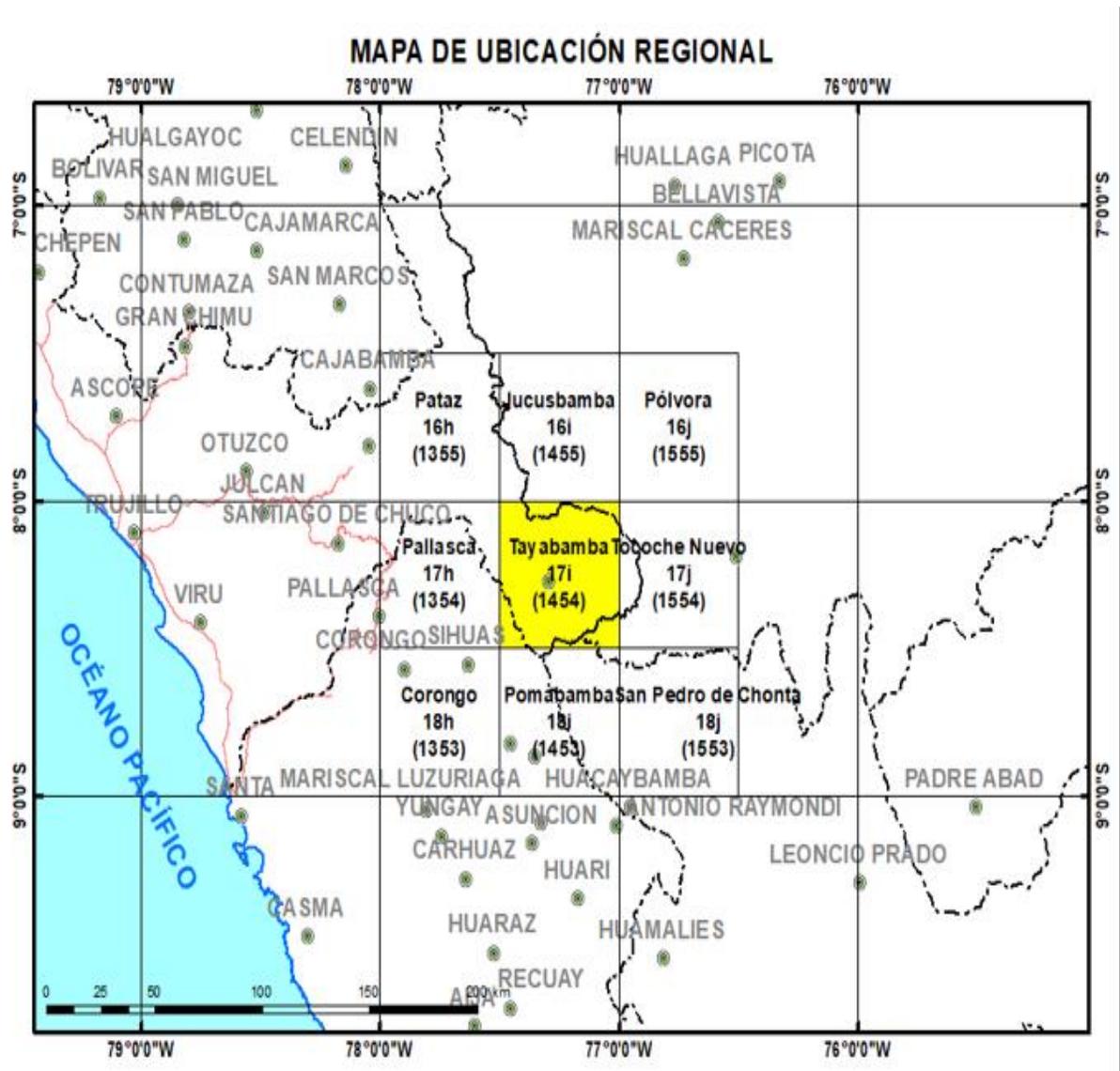
Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Entrada a la Mina La Fortuna de Icuero



Fuente: Elaboración propia

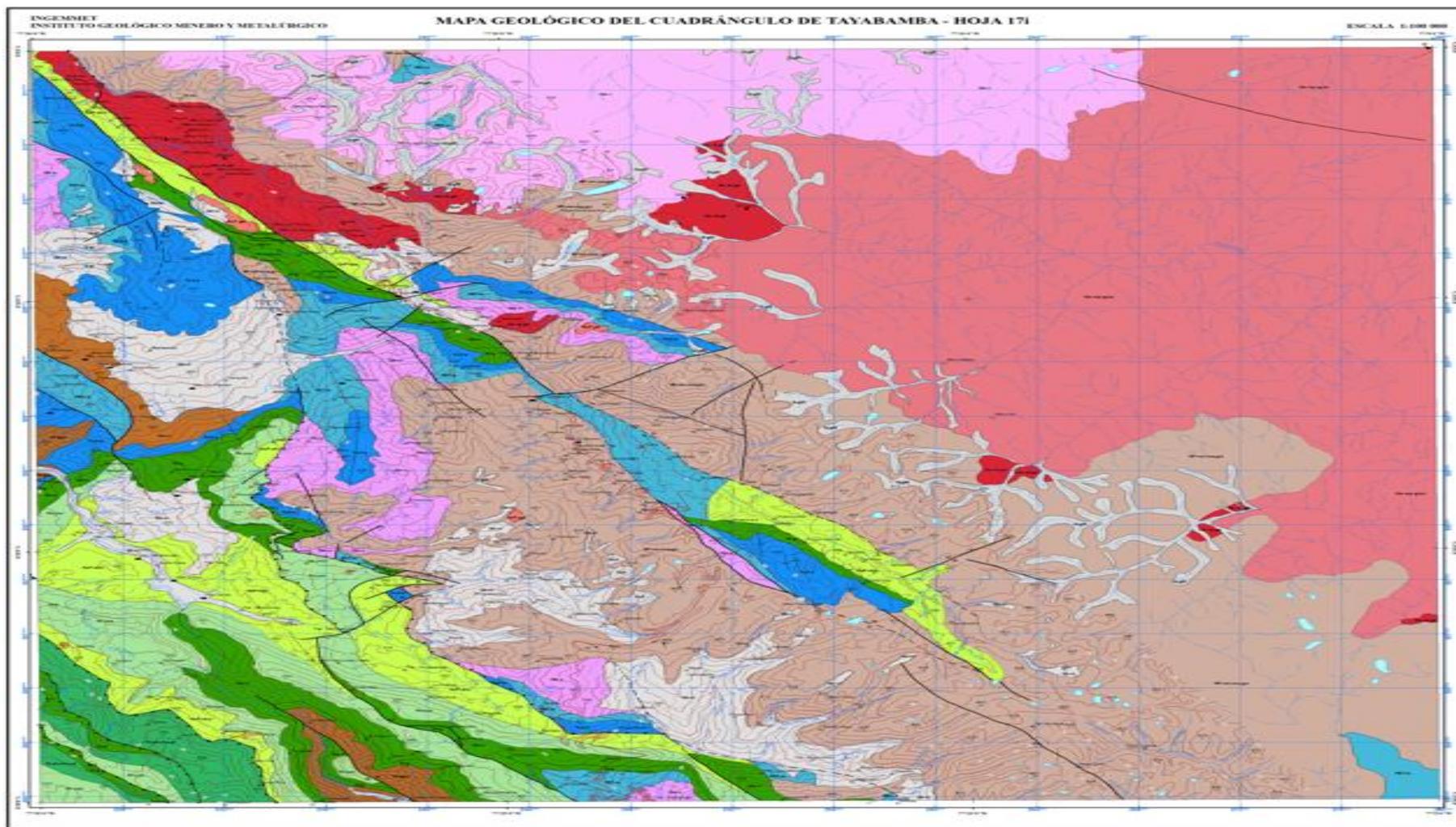
Figura 18: Mapa de ubicación regional de Tayabamba.



Fuente: Código Internacional IGN

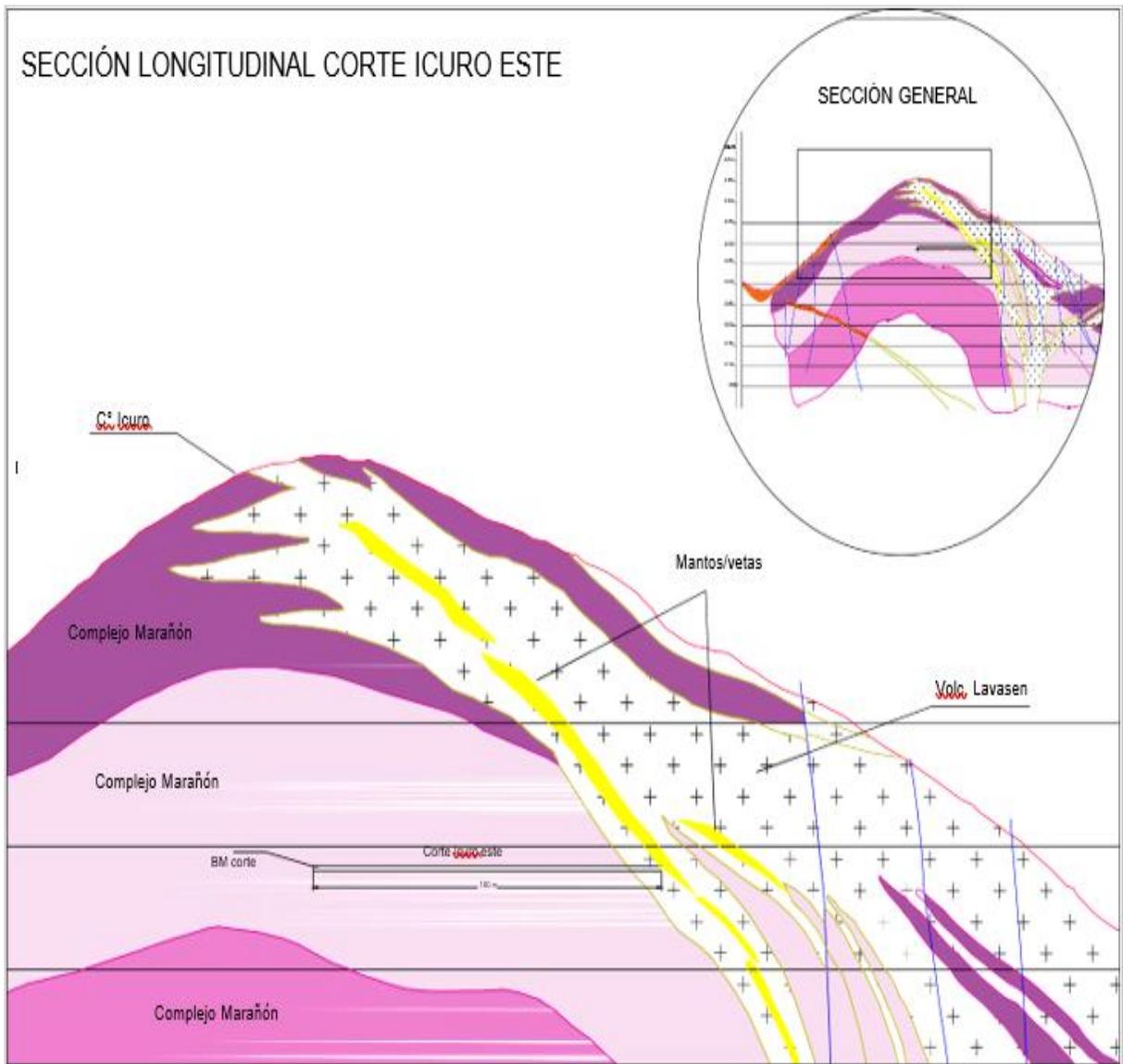
Escala: 1:3'500 00

Figura 19: Mapa geológico de Tayabamba



Fuente: INGEMMET

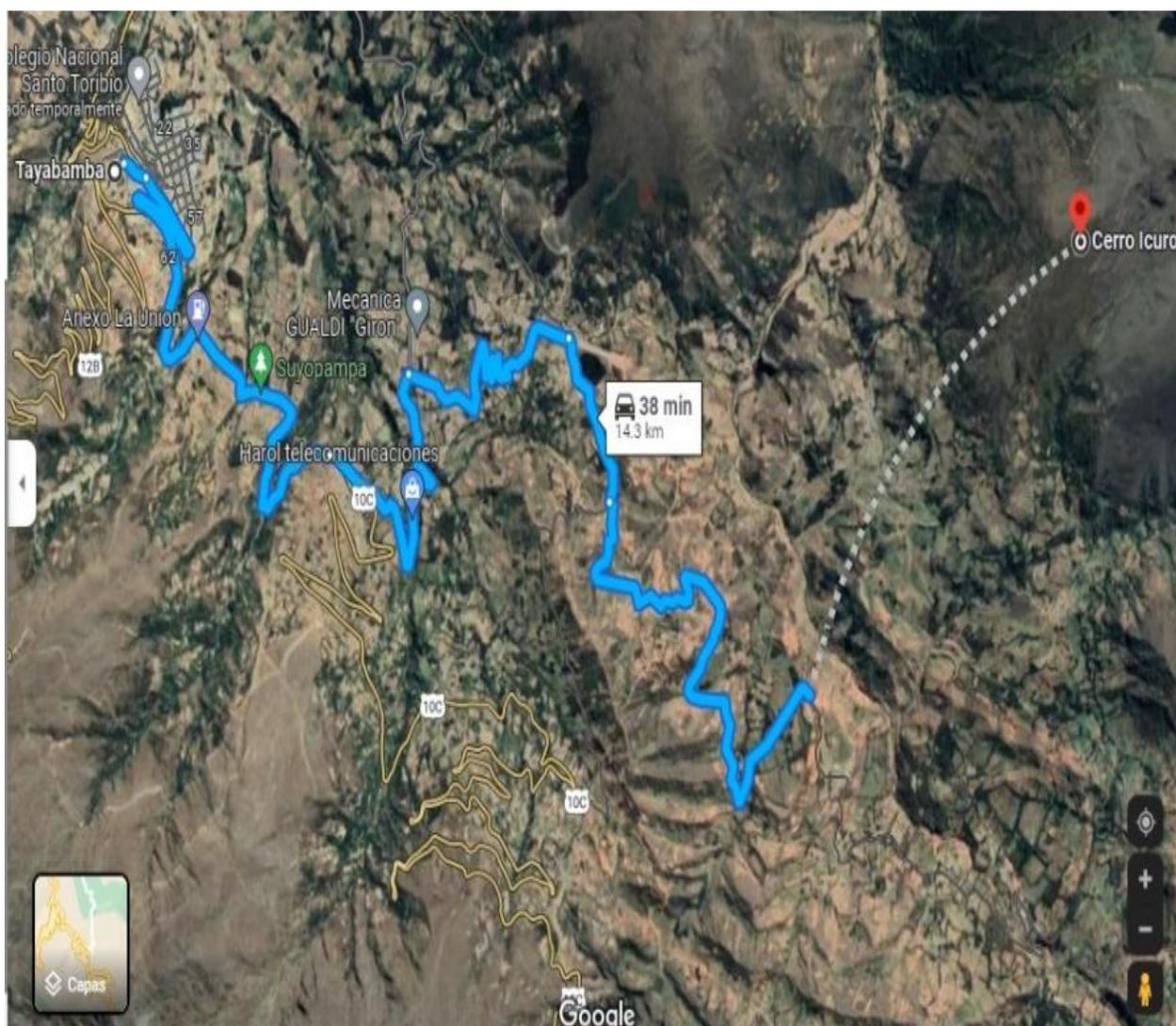
Figura 20: Sección Longitudinal de la Mina La Fortuna de Icuero



Fuente: Mina La Fortuna de Icuero- Tayabamba

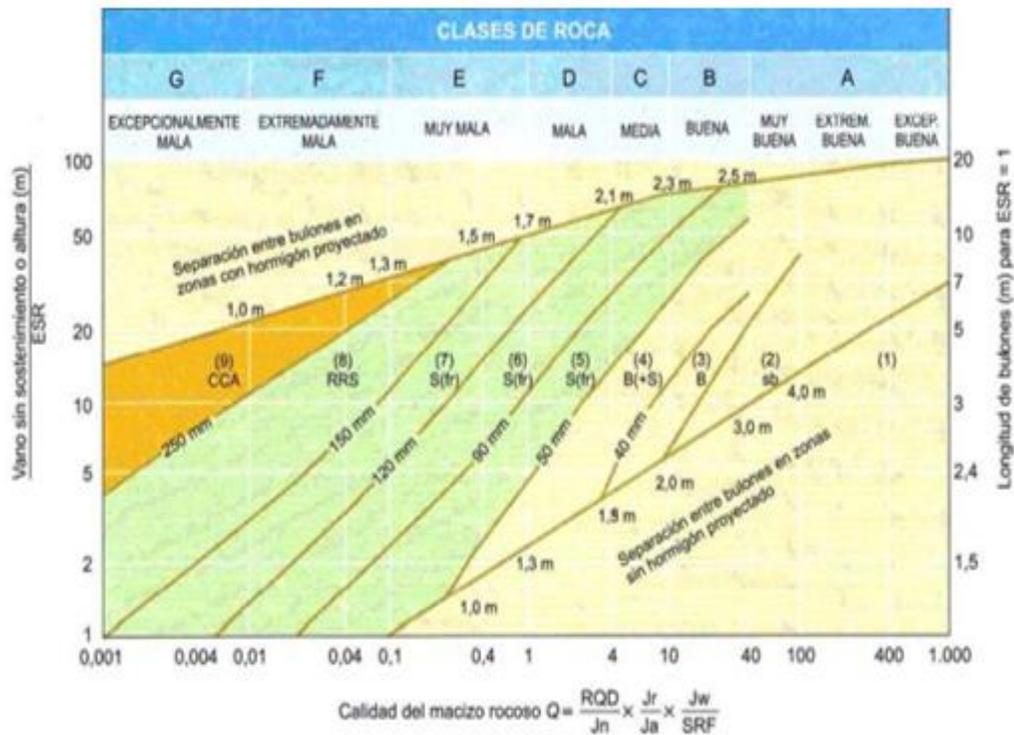
Anexo 23

Figura 21: Ubicación de la Mina desde la ciudad de Tayabamba



Fuente: Google Maps

Figura 22: Categorías de sostenimiento a partir del índice Q

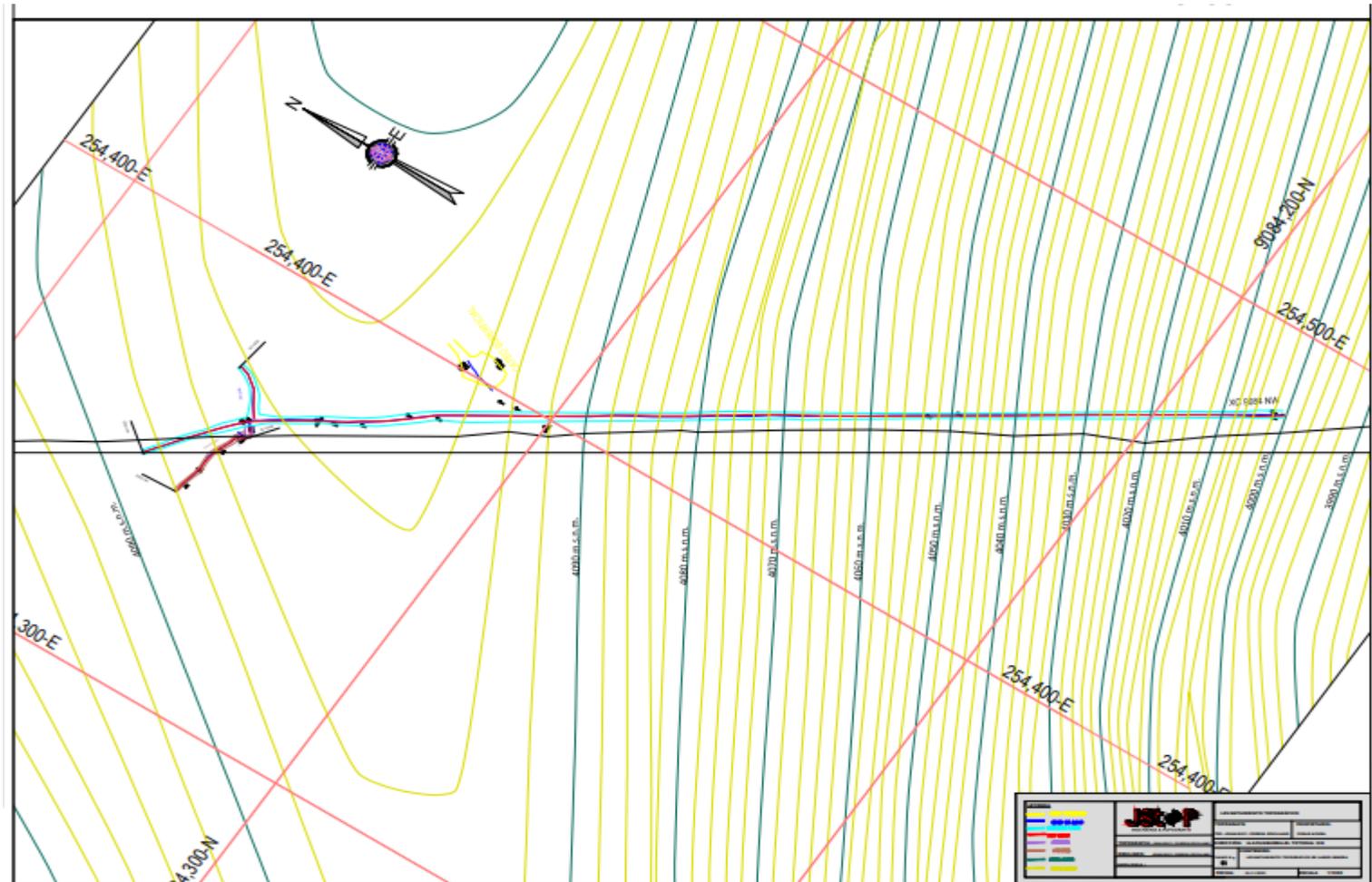


1. Sin sostenimiento
2. Bulonado puntual, sb
3. Bulonado sistemático, B
4. Bulonado sistemático con hormigón proyectado, 40-100 mm, B+S
5. Hormigón proyectado con fibras, 50-90 mm y bulonado S(fr) + B
6. Hormigón proyectado con fibras 90-120 mm y bulonado S(fr) + B
7. Hormigón proyectado con fibras, 120-150 mm y bulonado S(fr) + B
8. Hormigón proyectado con fibras, >150 mm con bulonado y arcos armados reforzados con hormigón proyectado S(fr) + RRS+ B
9. Revestimiento de hormigón CCA.

Fuente: Barton (2000)

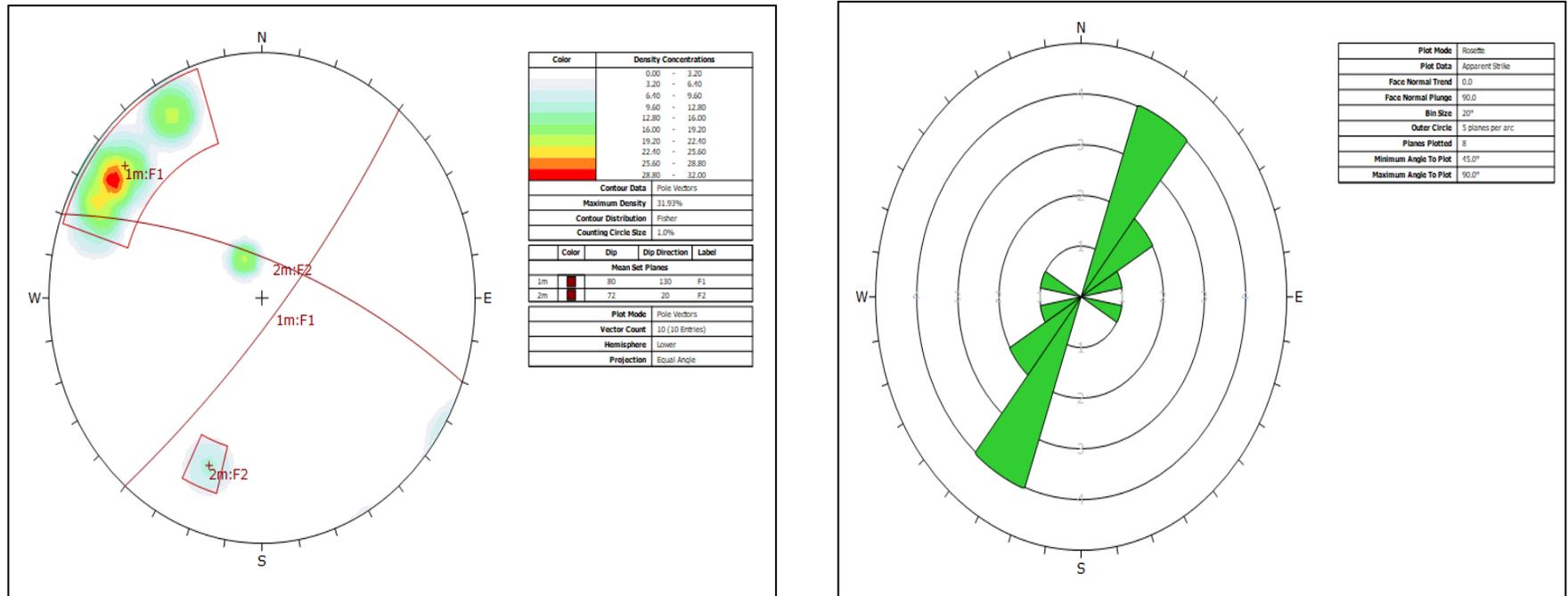
Anexo 25

Figura 23: Mapa topográfico de la Mina la Fortuna de Icuero



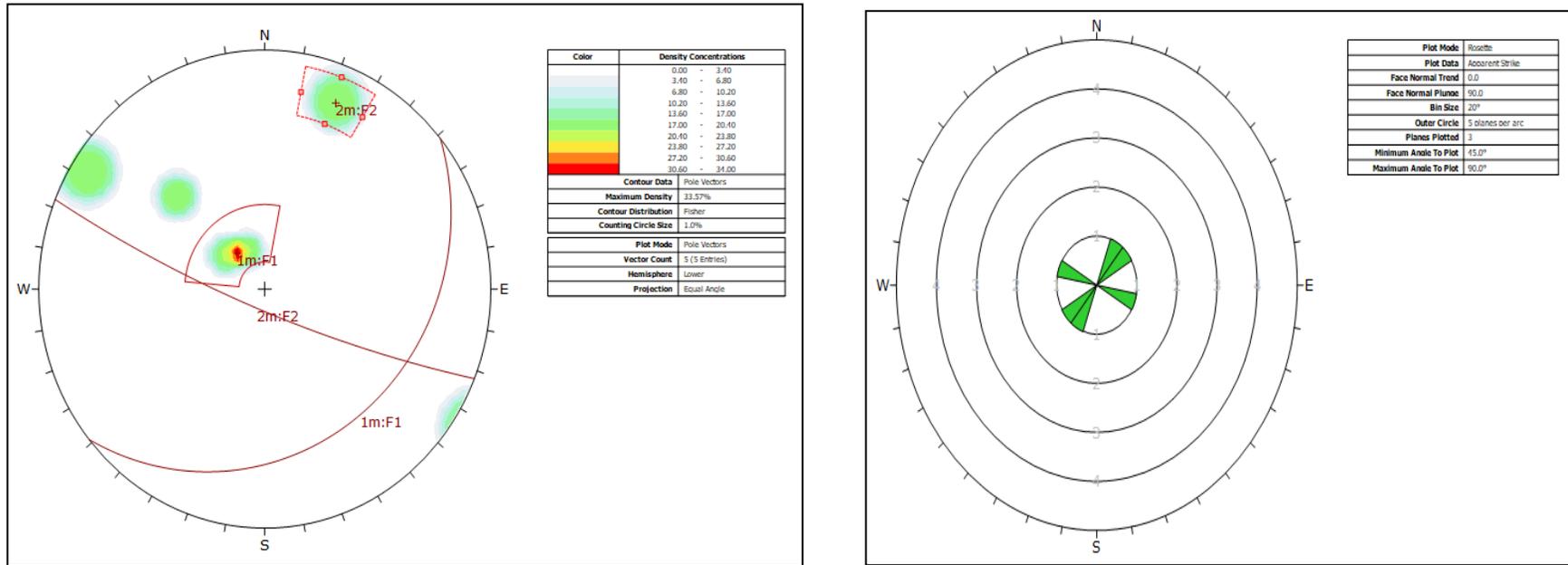
Fuente: Mina La Fortuna de Icuero

Figura 24: Rumbo y buzamiento de discontinuidades en el software Dips



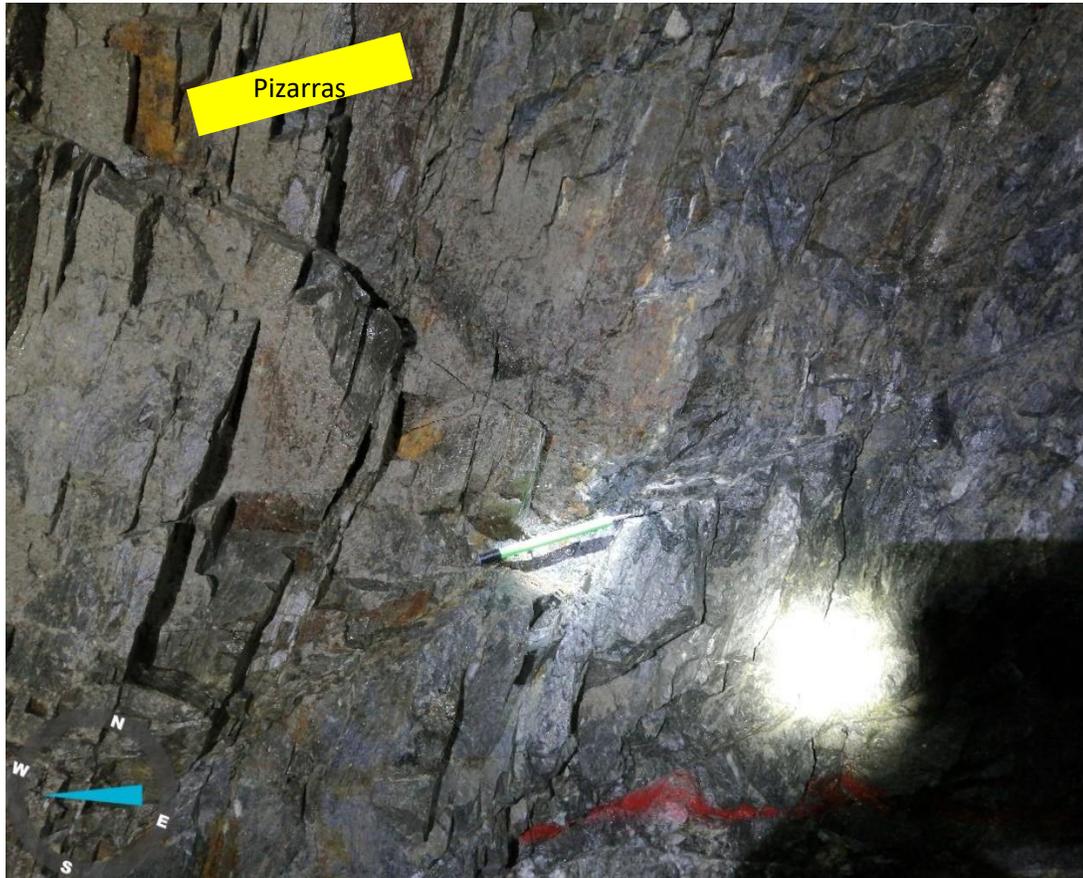
Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Rumbo y buzamiento de vetas y vetillas en el software Dips



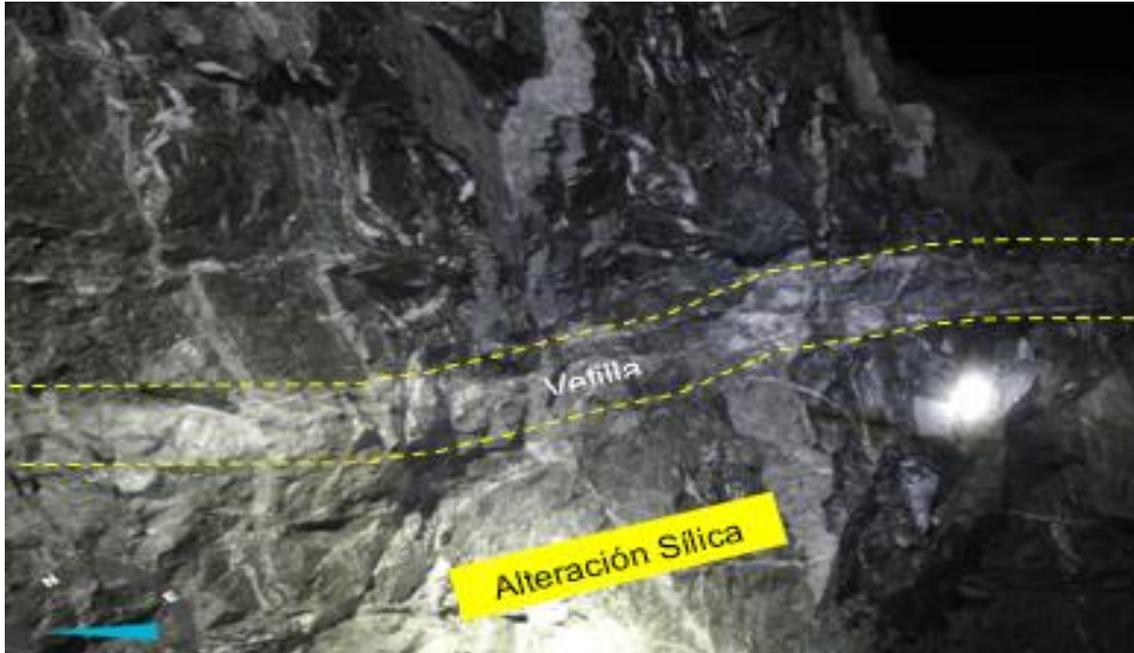
Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Se aprecia una fractura con relleno dentro de rocas metamórficas pizarras



Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Se aprecia la vetilla y el halo de alteración sílica sobre las rocas metamórficas filitas



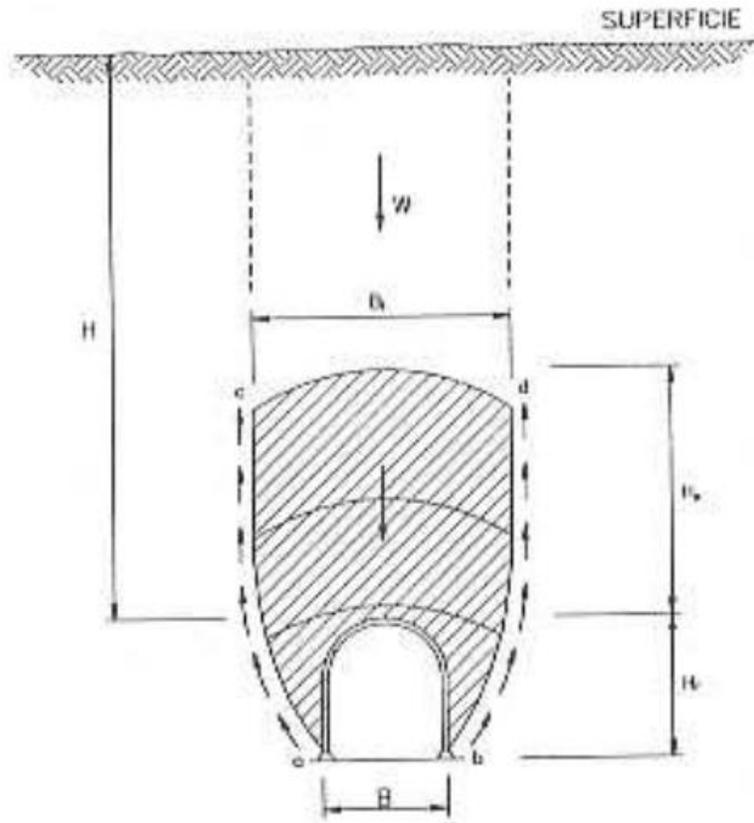
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13: Valores del índice ESR (Excavación Suport Radio) de la clasificación Q, Barton (2000)

	Tipo de excavación	ESR
A	Labores mineras de carácter temporal, etc.	2-5
B	Galerías mineras permanentes, túneles de centrales hidroeléctricas (excluyendo las galerías de alta presión), túneles piloto, galerías de avance en grandes excavaciones, cámaras de compensación hidroeléctrica.	1.6-2
C	Cavernas de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles de carreteras secundarias y ferrocarril, túneles de acceso.	1.2-1.3
D	Centrales eléctricas subterráneas, túneles de carreteras primarias y de ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, emboquilles e intersecciones de túneles.	0.9-1.1
E	Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, fábricas, túneles para tuberías principales de gas.	0.5-0.8

Fuente: Aspectos generales del Q de Barton (2000)

Figura 28: Diagrama simplificado de la carga de roca sobre un túnel.



Fuente: Terzaghi (1946)

Cuadro 14: Cargas para dimensionar el sostenimiento

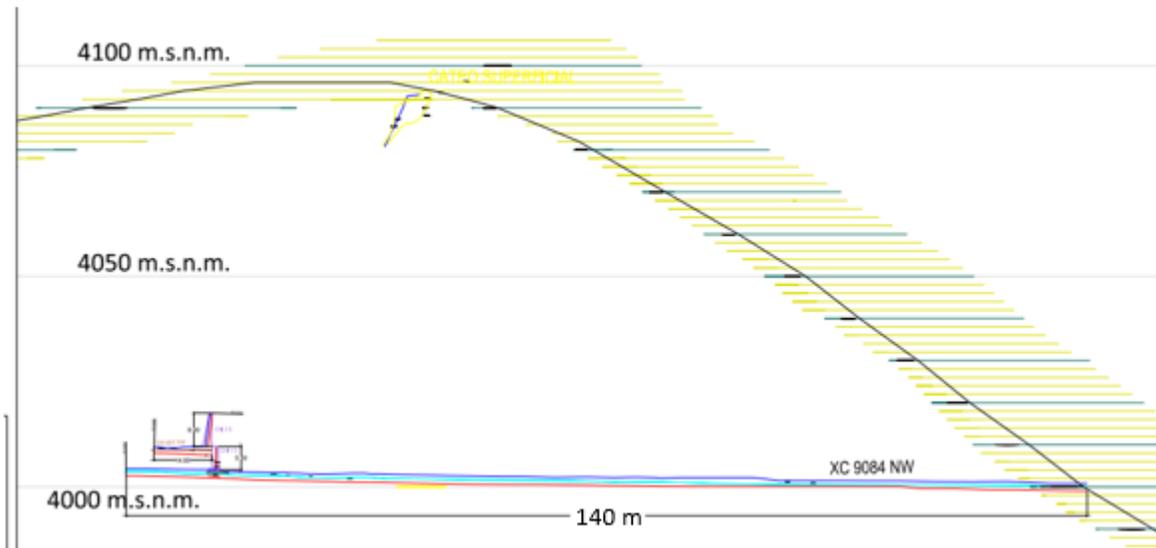
CLASE	TERRENO	TIPO DE TERRNO	CARGA DE ROCA Hr (m)		Observaciones
			Inicial	Final	
1	Roca	Dura y sana	—	—	Revestimiento solo si hay caída de bloques
2		Dura, estratificada o esquistosa	—	0 a 0.5 B	Depende de buzamiento.
3		Masiva, moderadamente diaclasada	—	0 a 0.25 B	Caída de bloques probable. Empuje lateral si hay estratos inclinados
4		Moderadamente fracturada Bloques y lascas	—	0.25 B a 0.35 (B+H)	Necesita entibación rápida. Empuje lateral pequeño
5		Muy fracturada	0 a 0.5 (B+Ht)	(0.35 a 1.10) (B+H)	Entibación inmediata. Empuje lateral pequeño
6		Completamente fracturada, pero sin meteorizar	—	1.10 (B+H)	Entibación continua. Empuje lateral considerable
6'	Grasa o arena	Densa	(0.54 a 1.2) (B+H)	(0.52 a 1.20) (B+H)	Los valores más altos corresponden a grandes deformaciones que aflojen el terreno
6''		Suelta	(0.94 a 1.2) (B+H)	(1.00 a 1.28) (B+H)	Empuje lateral $P_t=0.3$ y $(H, W 0,5)$
7	Suelo cohesión	Profundidad moderada	—	(1.1 a 2.1) (B+H)	Fuerte empuje lateral. Entibación con cierre en la base.
8		Profundidad grande	—	(2.1 a 4.5) (B+H)	
9	Suelo o roca	Expansivo		Hasta 80 m sea cual sea (B+H)	Entibación continua y circular (deformable en casos)

Fuente: Clasificación Terzaghi, 1946

OBSERVACIONES:

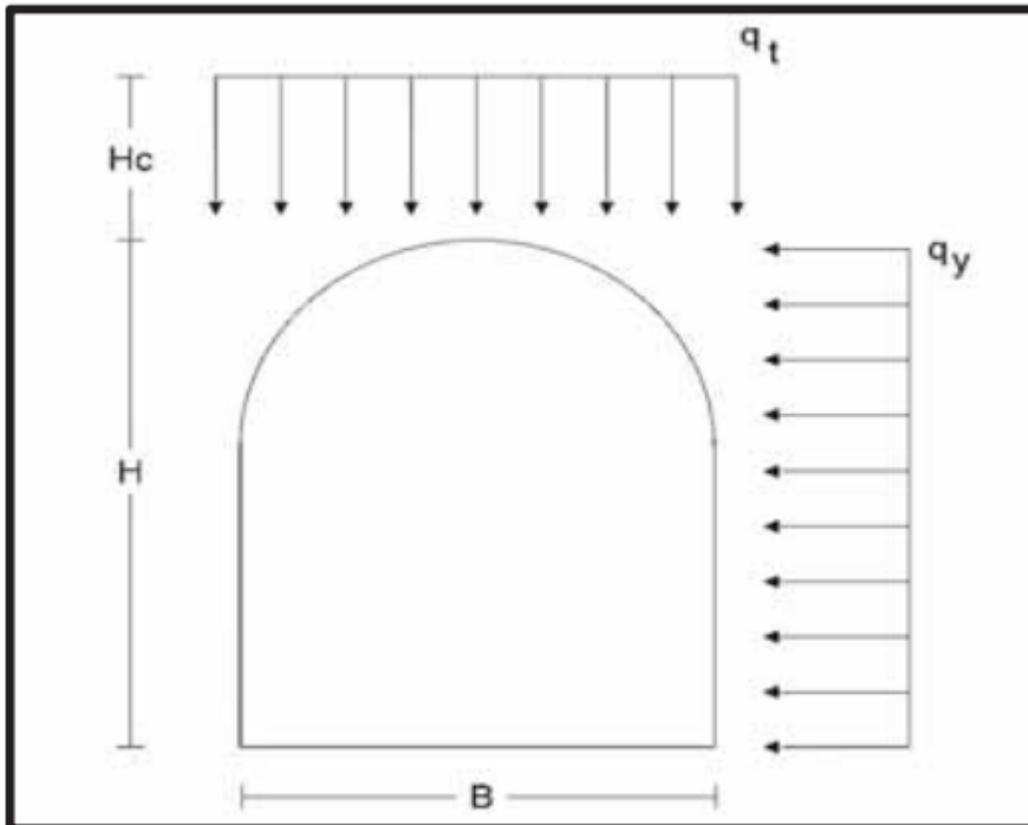
- 1) B y H, ancho y altura de túnel
- 2) Válida para profundidades mayores de 1,5 (B+H)
- 3) En las clases 4, 5, 6, 6' y 6'' moderada la carga a la mitad, encima de la mina.

Figura 29: Distancia de la labor hacia la superficie



Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Altura de carga según Bieniawski



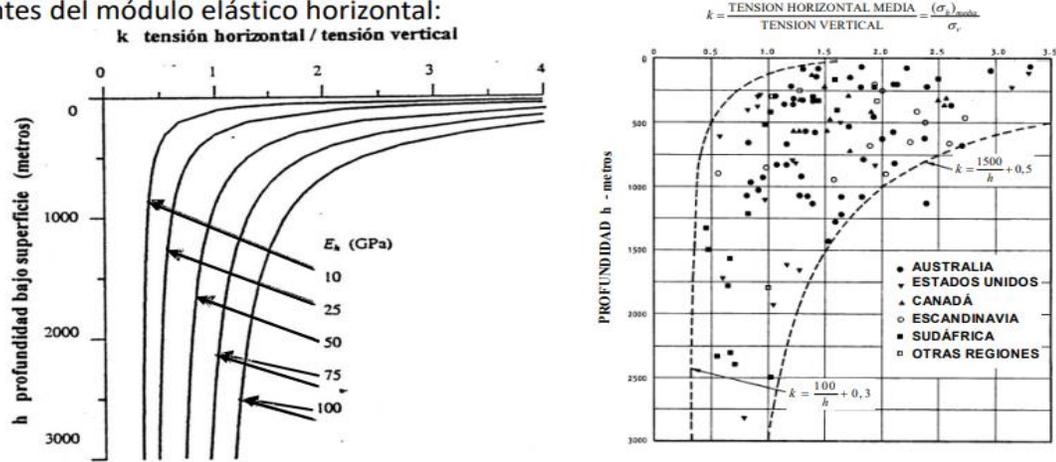
Fuente: Manual de anclajes en ingeniería civil (Ucar Navarro, Roberto 2018)

Figura 31: Módulo de elasticidad según la ecuación de Sheorey

Sheorey (1994) desarrolló un modelo de distribución de tensiones termo-elasto-estático a escala terrestre. Con él, obtuvo una ecuación sencilla, que permite estimar la relación de tensiones k:

$$k = 0.25 + 7 \cdot E_h (\text{GPa}) \cdot (0.001 + \frac{1}{h(m)})$$

Representación de los resultados que se obtendrían con esta fórmula para distintos valores coherentes del módulo elástico horizontal:



Criterio empírico para la estimación del modulo de deformación de macizos rocosos:

$$E = 2xRMR - 100$$

(Bieniawsky, 1978); valido para macizos rocosos de buena calidad, $RMR > 50-55$.

$$E = 10^{(RMR-10)/40}$$

(Serafin y Pereira, 1983); valido para macizos rocosos de $10 < RMR < 50$.

Fuente: Investigación de Arana Guillermo (2019)

Figura 32: Factores de flambéo

FACTORES DE FLAMBEO (ω)										
X	X+									
X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06
10	1.07	1.08	1.09	1.09	1.1	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15
20	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.2	1.21	1.23	1.23	1.24
30	1.25	1.26	1.27	1.29	1.29	1.3	1.32	1.33	1.34	1.35
40	1.36	1.38	1.39	1.4	1.42	1.43	1.44	1.46	1.47	1.49
50	1.5	1.52	1.53	1.55	1.56	1.58	1.6	1.61	1.63	1.65
60	1.67	1.69	1.7	1.72	1.74	1.76	1.79	1.81	1.83	1.85
70	1.87	1.9	1.92	1.95	1.97	2	2.03	2.05	2.08	2.11
80	2.14	2.17	2.21	2.24	2.27	2.31	2.34	2.38	2.42	2.46
90	2.5	2.54	2.58	2.63	2.68	2.73	2.78	2.83	2.88	2.94
100	3	3.07	3.14	3.21	3.28	3.35	3.43	3.5	3.57	3.65
110	3.73	3.81	3.89	3.97	4.05	4.13	4.21	4.29	4.38	4.46
120	4.55	4.64	4.73	4.82	4.91	5	5.09	5.19	5.28	5.38
130	5.48	5.57	5.67	5.77	5.88	5.98	6.08	6.19	6.29	6.4
140	6.51	6.62	6.73	6.84	6.95	7.07	7.18	7.3	7.41	7.53
150	7.65	7.77	7.9	8.02	8.17	8.27	8.39	8.52	8.65	8.78
160	8.91	9.04	9.18	9.31	9.45	9.58	9.72	9.86	10	10.15
170	10.29	10.43	10.58	10.73	10.88	11.03	11.18	11.33	11.48	11.64
180	11.8	11.95	12.11	12.27	12.44	12.6	12.76	12.93	13.09	13.26
190	13.43	13.61	13.78	13.95	14.12	14.3	14.48	14.66	14.84	15.03
200	15.2	15.38	15.57	15.76	15.95	16.14	16.33	16.52	16.71	16.91
210	17.11	17.31	17.51	17.71	17.92	18.12	18.33	18.53	18.74	18.95
220	19.17	19.38	19.6	19.81	20.03	20.25	20.47	20.69	20.92	21.14
230	21.37	21.6	21.83	22.06	22.3	22.53	22.77	23.01	23.25	23.49
240	23.73	23.98	24.22	24.47	24.72	24.97	25.22	25.48	25.73	25.99

Fuente: Diseño de Ademes en minería subterránea (2002)

Figura 33: Los investigadores en la Mina La Fortuna de Icuero



Fuente: Elaboración propia

Figura 34: Ensayos en el laboratorio de Mecánica de Rocas-Universidad César Vallejo



Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad de los Asesores

Nosotros, ARANGO RETAMOZO SOLIO MARINO, 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: "Evaluación geomecánica para determinar el sostenimiento en la Cortada 330 NE de la Mina La Fortuna de Icuero- Tayabamba", cuyos autores son SAAVEDRA PINEDO KAREN SMITH, LUCANAS RABANAL DIEGO ALONSO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, 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, 06 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ARANGO RETAMOZO SOLIO MARINO DNI: 26733726 ORCID: 0000-0003-3594-0329	Firmado electrónicamente por: SARANGOR el 17- 12-2022 10:21:42
SALAZAR CABREJOS ROSA ELIANA DNI: 41661370 ORCID: 0000-0002-1144-2037	Firmado electrónicamente por: SCABREJOSRE el 06-12-2022 11:26:02

Código documento Trilce: TRI - 0475643