



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE PERNOS AIRBOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA EN LA RAMPA SAN VICENTE DE LA UNIDAD MINERA ESPERANZA DE CARAVELÍ - AREQUIPA

TESIS

PRESENTADA POR:

MARCO ANTONIO RAMIREZ CHURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE PERNOS AIRBOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA EN LA RAMP A SAN VICENTE DE LA UNIDAD MINERA ESPERANZA DE CARAVELÍ - AREQUIPA

AUTOR

Marco Antonio Ramirez Chura

RECuento DE PALABRAS

12147 Words

RECuento DE CARACTERES

69605 Characters

RECuento DE PÁGINAS

72 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.6MB

FECHA DE ENTREGA

May 29, 2024 12:02 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 29, 2024 12:03 PM GMT-5

● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 13 palabras)


Dr. Anibal Sucari León
DOCENTE
E.P. DE INGENIERÍA DE MINAS
UNA - PIUÑO



Resumen



DEDICATORIA

Para mis más grandes seres queridos padres Julio Ramirez Atencio y Elsa Chura Lema por su constante apoyo económico y moral durante mi vida estudiantil hasta lograr mi anhelada profesión como Ingeniero de Minas.

A mi padre Julio Ramirez Atencio, Quien en vida siempre me impulso a ser mejor persona con el estudio y desarrollo integral. Guardare sus ideales y visiones, dedico está presente tesis a su memoria.

A mi hermana Aliss por su apoyo moral en los momentos más críticos de mi vida estudiantil lo que permitió la culminación de mis estudios universitarios.

Marco Antonio Ramírez Chura



AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud a Dios, por la plenitud de la vida, para realizar mis estudios universitarios.

A la Prestigiosa Universidad Nacional del Altiplano Puno, por facilitar las aulas del saber para absorber los conocimientos científicos y conocimientos en minería.

A mi padre Julio Ramírez Atencio Quien con su apoyo y aliento moral supo impulsarme para concluir mis estudios profesionales hasta el final.

A mi madre Elsa Chura Lema Por su paciencia y consejos en mi desarrollo personal y profesional.

Marco Antonio Ramírez Chura



INDICE GENERAL

| | Pág. |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTOS | |
| INDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE ACRÓNIMOS | |
| RESUMEN | 13 |
| ABSTRACT..... | 14 |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUCCIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 15 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 16 |
| 1.2.1. Pregunta general | 16 |
| 1.2.2. Preguntas específicas..... | 16 |
| 1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS | 16 |
| 1.3.1. Hipótesis general | 16 |
| 1.3.2. Hipótesis específicas | 16 |
| 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 17 |
| 1.4.1 Objetivo general | 17 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 17 |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 17 |

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



| | |
|--|-----------|
| 2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN | 18 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO | 21 |
| 2.2.1. Sostenimiento con cuadros de madera | 21 |
| 2.2.2. Propósito del sostenimiento con cuadro de madera | 21 |
| 2.2.3. Sistema de cuadros utilizados en labores subterráneos | 22 |
| 2.2.4. Labores mineras subterráneas | 23 |
| 2.2.5. Labores subterráneas verticales | 24 |
| 2.2.6. Labores mineras horizontales | 26 |
| 2.2.7. Reforzamiento de labores mineras subterráneas | 27 |
| 2.2.8. Métodos de Sostenimiento | 27 |
| 2.2.9. Sostenimiento mediante madera..... | 28 |
| 2.2.10. Tipos de estructuras de madera para el sostenimiento | 29 |
| 2.2.11. Pernos de anclaje | 31 |
| 2.2.12. Pernos Swellex..... | 33 |
| 2.2.13 Pernos Hydrabolt..... | 34 |
| 2.2.14. Pernos de anclaje Airbolt | 35 |
| 2.2.15. Características de la roca..... | 37 |
| 2.2.16. Circunstancia de la masa rocosa..... | 38 |
| 2.2.17. Clasificación Geomecánica RMR de Bieniawski - 1989 | 39 |
| 2.2.18. Mecánica de rocas | 41 |
| 2.2.19. Beneficios de la geomecánica. | 42 |
| 2.2.20. Malla electrosoldada..... | 42 |
| 2.2.21. Costos en minería | 43 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS



| | |
|---|-----------|
| 3.1. UBICACIÓN | 45 |
| 3.2. ACCESIBILIDAD | 45 |
| 3.3. DISEÑO METODOLÓGICO | 46 |
| 3.3.1. Tipo de investigación | 46 |
| 3.3.2. Enfoque de la investigación | 46 |
| 3.3.3. Alcance o nivel de la investigación | 46 |
| 3.4. POBLACIÓN | 47 |
| 3.5. MUESTRA | 47 |
| 3.5.1. Tipo de muestra | 47 |
| 3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... | 48 |
| 3.6.1. Variable independiente..... | 48 |
| 3.6.2. Variable dependiente..... | 48 |
| 3.7. TÉCNICAS DE RECAUDACIÓN DE DATOS | 49 |
| 3.7.1. Instrumentos de recaudación de datos..... | 49 |
| CAPÍTULO IV | |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | |
| 4.1. ANALISIS DE RESULTADOS..... | 50 |
| 4.1.1. Consumo de puntales de madera..... | 50 |
| 4.2.2. Costo de madera..... | 50 |
| 4.2.3. Costos de instalación de cuadros de madera | 50 |
| 4.2.4. Procedimiento para cálculo de costos de pernos Airbolt y malla electrosoldada. | 54 |
| 4.2.5. Costo de instalación con pernos Airbolt y malla electrosoldada..... | 55 |
| 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES | 58 |
| V. CONCLUSIONES..... | 59 |



| | |
|---|-----------|
| VI. RECOMENDACIONES..... | 60 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 61 |
| ANEXOS..... | 64 |

ÁREA: Ingeniería de Minas.

TEMA: Análisis de costos mineros y comercialización de minerales.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de mayo 2024



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1 RQD – Calidad en la roca – Minería subterránea | 38 |
| Tabla 2 Valores de clasificación del RMR (Bieniawski, 1989)..... | 41 |
| Tabla 3 Concesión Minera de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí | 45 |
| Tabla 4 Vía de accesibilidad a la Unidad Minera Esperanza de Caravelí | 45 |
| Tabla 5 Característica de departamento Geomecánica de la minera esperanza 2021 | 46 |
| Tabla 6 Operacionalización de variables | 48 |
| Tabla 7 Costo de la mano de obra..... | 51 |
| Tabla 8 Costos de herramientas y otros materiales requeridos para el sostenimiento | 51 |
| Tabla 9 Costos de puntales de madera sin incluir transporte | 52 |
| Tabla 10 Costos de los puntales de madera incluido el transporte | 52 |
| Tabla 11 Costo de puntales requeridos para cuadros de madera, encribado y enrejado | 52 |
| Tabla 12 Costo de equipos de protección personal (EPP) | 53 |
| Tabla 13 Costos de sostenimiento con cuadros de madera..... | 53 |
| Tabla 14 Costo de mano de obra con pernos Airbolt..... | 55 |
| Tabla 15 Costo de implementos de seguridad con pernos Airbolt | 55 |
| Tabla 16 Costo de herramientas y otros para sostenimiento con pernos Airbolt..... | 56 |
| Tabla 17 Costo del equipo de sostenimiento con pernos Airbolt y mallas electrosoldadas..... | 56 |
| Tabla 18 Costo de pernos Airbolt y malla | 56 |
| Tabla 19 Costo de materiales de sostenimiento con pernos Airbolt..... | 57 |



Tabla 20 Costos de sostenimiento con Pernos Airbolt y malla electrosoldada 57



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1 Cuadro de madera completo y sus partes..... | 22 |
| Figura 2 Perno de anclaje Airbolt (Promine, 2020) | 37 |
| Figura 3 Diseño de sostenimiento con pernos Airbolt Ancho 3,90 largo 5,20 | 54 |



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

| | |
|------------------|---------------------------------------|
| U.T.M : | <i>Universal Transversal Mercator</i> |
| S.A.: | Sociedad Anónima |
| gr: | gramo |
| Tm: | tonelada métrica |
| kg: | kilógramo |
| m: | metro |
| km: | kilómetro |
| m ² : | metro cuadrado |
| m ³ : | metro cúbico |
| mm: | milímetro |
| S.O: | Sur Oeste |



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa. Esta mina se dedica a la extracción de yacimiento de oro filoniano, mediante el método de Corte y Relleno Ascendente Convencional. Para el sostenimiento de las labores mineras se utilizaron cuadros de madera. sin embargo, al evaluar el costo de sostenimiento en la Rampa San Vicente de una sección de 2,70 metros x 2,60 metros, se identificaron costos elevados. Teniendo en cuenta que el costo unitario de sostenimiento con cuadros de madera fue de 23,15 US\$/m². El objetivo principal de este estudio fue minimizar los costos de sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí. Para lograrlo se propuso utilizar pernos Airbol y malla electrosoldada como alternativa al sistema de cuadros de madera. El método de investigación empleado fue cuantitativo, y el diseño del estudio fue pre experimental y longitudinal. El procedimiento consistió en evaluar el sistema de sostenimiento con cuadros de madera, analizando los costos de puntales de madera de diferentes diámetros, así como el tiempo y costos asociados al armado de los cuadros. En el estudio, también se analizaron los costos de sostenimiento con pernos Airbolt y malla electrosoldada, teniendo en cuenta tanto el costo de los materiales como la mano de obra. Después de realizar el análisis y calcular los costos de ambos sistemas de sostenimiento, teniendo como resultado minimizar los costos de sostenimiento utilizando de sostenimiento con pernos Airbolt y malla electrosoldada, los costos se redujeron de 28,29 US\$/m² a 22,57 US\$/m², obteniendo un beneficio de 5,72 US\$/m², y se concluye que utilizando los pernos Airbolt y malla electrosoldada los costos se minimizaron en 20,22% en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

Palabras clave: Airbolt, Costos, Madera, Malla, Minimización, Pernos, Sostenimiento.



ABSTRACT

The present research work was carried out at the Esperanza de Caravelí Mining Unit in Arequipa, Peru. This mine is dedicated to the extraction of vein-type gold deposits using the Conventional Upward Cut and Fill Method in a section measuring 2.70 meters x 2.60 meters. Wooden frames were used for ground support during mining operations. However, upon evaluating the cost of ground support in the San Vicente Ramp, elevated costs were identified. Considering that the unit cost of ground support with wooden frames was \$23.15 per square meter, the main objective of this study was to minimize the ground support costs in the San Vicente Ramp of the Esperanza de Caravelí Mining Unit. To achieve this, the use of Airbolt bolts and electrowelded mesh was proposed as an alternative to the wooden frame system. The research method employed was quantitative, and the study design was pre-experimental and longitudinal. The procedure involved evaluating the ground support system with wooden frames, analyzing the costs of wooden props of different diameters, as well as the time and costs associated with frame assembly. The study also analyzed the costs of ground support using Airbolt bolts and electrowelded mesh, considering both material costs and labor. Data were collected in specific control formats. After conducting the analysis and calculating the costs for both ground support systems, the following result was obtained: By utilizing the ground support system with Airbolt bolts and electrowelded mesh, costs were reduced from \$28.29 per square meter to \$22.57 per square meter, resulting in a benefit of \$5.72 per square meter in the San Vicente Ramp of the Esperanza de Caravelí Mining Unit.

Keywords: Airbolt, costs, bolts, ground support, mesh, minimization, wood.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La explotación del yacimiento mineral involucro diversas labores mineras subterráneas, tanto horizontales como verticales. El sostenimiento de estas labores se realizaba mediante cuadros de madera. Sin embargo, al evaluar los costos de sostenimiento en la Rampa San Vicente, se identificaron costos elevados a lo establecido en primera instancia. El costo unitario del sostenimiento basados en cuadros de madera fue de 23,15 US\$/m², no obstante, la Unidad Minera enfrentó problemas de abastecimiento de madera. Los puntales se encontraban lejos de la zona minera, y el traslado de estos hacia las labores mineras requería tiempo adicional en el ciclo de minado, lo que afectaba la eficiencia de la productividad en las actividades unitarias de producción y aumentaba los costos. En zonas húmedas, el rendimiento de la madera fue deficiente debido a que los puntales se deterioraban por la humedad, lo que obligaba al reemplazo de los puntales dañados. Por ende, incrementaba los costos de sostenimiento.

El comportamiento peligroso de la madera en zonas húmedas podía ocasionar deslizamientos de rocas. Para abordar este problema, se propuso implementar el sistema de sostenimiento con pernos Airbolt y malla electrosoldada. Este enfoque proporcionó mayor seguridad en las labores mineras y contribuyó a minimizar los costos de sostenimiento en la Rampa San Vicente – Arequipa.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

¿Cómo es la minimización de los costos de sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa?

1.2.2. Preguntas específicas

¿Cuál es el costo de sostenimiento con cuadros de madera en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa?

¿Cuál es la minimización de los costos de sostenimiento mediante pernos Airbolt y malla electrosoldada en comparación con cuadros de madera en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí?

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

Mediante el uso de pernos Airbolt y malla electrosoldada en comparación con cuadros de madera, se minimiza los costos de sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

1.3.2. Hipótesis específicas

Los costos de sostenimiento con cuadros de madera son muy elevados en comparación con lo programado en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

Usando los pernos Airbolt y malla electrosoldada en comparación con cuadros de madera se minimiza los costos de sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.



1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Minimizar los costos de sostenimiento con pernos Airbolt y malla electrosoldada en comparación con cuadros de madera en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

1.4.2 Objetivos específicos

Determinar el costo de sostenimiento con cuadros de madera en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

Minimizar los costos de sostenimiento con pernos Airbolt y malla electrosoldada, en comparación con cuadros de madera en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa, extrae el mineral aurífero utilizando el tipo de explotación de Corte y Relleno Ascendente Convencional y para proveer la seguridad e integridad de los colaboradores de la Unidad Minera, se utilizó el tipo de sostenimiento mediante cuadros de madera y al realizar la evaluación en la Rampa San Vicente se presentó problemas de elevados costos de sostenimiento debido a varios factores como el costo de la madera, mano de obra, la vida útil y seguridad. El mismo que elevó los costos de explotación del yacimiento mineral y como alternativa de solución al problema se sustituyó la madera con pernos Airbolt y malla electrosoldada, lo cual otorgó mayor seguridad y buenos resultados económicos para la empresa minera.

El desarrollo de la Rampa San Vicente fue importante porque a través de ella se acarreo el mineral, de los diferentes tajos de explotación de la Unidad Minera, como tal fue un sostenimiento coherente a las características de la roca encajonante.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

Espillico (2023) El costo unitario de reforzamiento con madera fue de 25,12 US\$/m². Tuvo como objetivo “minimizar los costos de reforzamiento mediante los pernos Hydrabolt y malla electrosoldada en la Rampa San Andrés de la Empresa Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa”. La metodología usada fue cuantitativa, diseño experimental y longitudinal, porque se tomó los datos en diferentes momentos. El proyecto investiga el reforzamiento con cuadros de madera, costo de instalación. Se evalúa el costo del perno Hydrabolt, malla electrosoldada, costos de instalación del sistema., teniendo un resultado de costo del sistema de reforzamiento con cuadros de madera fue 27,03 US\$/m² y al optar por pernos Hydrabolt y malla electrosoldada, los costos de reforzamiento se minimizaron a 24,85 US\$/m², obteniendo un beneficio de 2,18 US\$/m², que representa una reducción de costos en 8,07 % a favor de la empresa en el desarrollo de la Rampa San Andrés de la Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A. – Arequipa.

Corrales (2019) En su estudio el objetivo fue reducir los costos de sostenimiento con pernos Split set y malla electrosoldada en referencia con cuadros de madera. El procedimiento para ejecutar el estudio de investigación fue analizar el costo de madera, sus costos de instalación, costo de materiales y finalmente con la sumatoria de costos se calculó por Tm y luego se analizaron los costos de fortificación con pernos Split Set y malla electrosoldada, considerando el costo de pernos, costo de la malla por m², costos de instalación y finalmente se realizó el análisis de costos de los dos sistemas de



fortificación. Concluyó que, utilizando el sistema de sostenimiento con cuadros de madera, se requirió un costo de 22,39 US \$/Tm de mineral y con el sostenimiento mecanizado de pernos Split Set y malla electrosoldada el costo se redujo a 20,19 US \$/Tm de mineral con un beneficio de 2,20 US \$/Tm de mineral en labores subterráneas de la Unidad Minera Esperanza – Arequipa.

Narvaez (2017) En su estudio de investigación el objetivo fue optimizar los costos de sostenimiento mediante los pernos helicoidales. La metodología utilizada ha consistido en evaluar el costo de los pernos helicoidales utilizados, costos de accesorios y materiales y el costo horario de instalación del Jumbo Retractable. Finalmente concluyó que utilizando el jumbo Axera J -15 retráctil como equipo principal de reforzamiento se optimizó los costos unitarios de 23,60 US\$/perno a 19,28 US\$/perno, cuyo resultado fue de 4,32 US\$/perno.

Escalante (2017) En su estudio el objetivo fue reducir los costos de sostenimiento con pernos Split set y malla electrosoldada en comparación con cuadros de madera. La metodología utilizada fue el cálculo de costos parciales, se calculó el costo en \$/Tm y posteriormente se realizó el análisis del sostenimiento con pernos Split Set y Malla Electrosoldada, considerando el costo de los pernos, costo de la malla electrosoldada, costo de armado y tiempo de duración y finalmente se realizó el análisis de ambos sistemas de fortificación. Concluyó que al utilizar el sistema de sostenimiento de cuadros de madera requirió un costo de 20,27 \$/t y con el sistema de los pernos Split Set y Malla Electrosoldada se requirió un costo de 19,04 \$/t, con una diferencia de 1,23 \$/t de mineral.

Tapia (2015) Utilizando el sistema de sostenimiento con pernos Split Set y malla electrosoldada vs. cuadros de madera en las labores subterráneas de explotación de la Unidad Minera El Cofre – CIEMSA, concluye que, mediante el sistema de cuadros de



madera, el costo de sostenimiento de las labores de explotación ascendió a 16,33 US\$/Tm y el costo de reforzamiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada se redujo a 15,09 US\$/Tm, obteniendo un beneficio de 1,24 US\$/Tm. En el presente trabajo de investigación los resultados son similares y se concluye que, utilizando el sistema de sostenimiento con cuadros de madera, los costos fueron de 25,27 US \$/m² y con el sistema de sostenimiento mecanizado de pernos Airbolt y malla electrosoldada los costos fueron minimizados a 21,07 US \$/m² logrando un beneficio de 4,20 US \$/m² en la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

Laurente (2014) En su trabajo el objetivo fue reducir los costos de sostenimiento mediante el uso de pernos en referencia con cuadros de madera. La metodología que se realizó fue realizar la comparación del sostenimiento en la labor determina y el costo unitario en sostenimiento con cuadros de madera resulta ser 143,45 US\$/cuadro, Split set de 6 pies 12,86 US\$/perno e Hydrabolt de 6 pies 20,88 US\$/Perno, generó un incremento de costos en perforación, voladura, limpieza y extracción al tener que perforar una mayor sección para la instalación de cuadros de madera en 303.68 US\$/m. Se reduce con la instalación de Split set de 6 pies y malla resultando 250.17 US\$/m y varía en 18% el costo.

Soncco (2005) En su trabajo el objetivo fue reducir los costos de fortificación con pernos de anclaje en referencia con cuadros de madera. La metodología para el desarrollo del estudio de investigación consistió en analizar los costos de puntales de madera, su tiempo de vida y su costo de instalado sin embargo se consideró el costo de los pernos, sus costos de instalación y tiempo de instalación y al final se analizó los costos de ambos sistemas de sostenimiento. Al final concluyó que para la estabilidad de labores subterráneas se utilizó la fortificación con pernos de anclaje, para lo cual se realizó una evaluación geomecánica con el sistema GSI.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sostenimiento con cuadros de madera

Es un método tradicional utilizado en la minería subterránea para reforzar y estabilizar los trabajos mineros. Implica construir marcos a partir de vigas o troncos de madera y organizarlos en forma de cuadrícula para proporcionar una estructura rígida y de soporte. Si bien son menos comunes en la minería moderna debido a la disponibilidad de materiales más resistentes y duraderos como el acero, los marcos de madera todavía encuentran uso en ciertas situaciones, particularmente en operaciones mineras artesanales o de pequeña escala.

2.2.2. Propósito del sostenimiento con cuadro de madera

Método tradicional utilizado en la minería subterránea para reforzar y estabilizar los trabajos mineros. Implica construir marcos a partir de vigas o troncos de madera y organizarlos en forma de cuadrícula para proporcionar una estructura rígida y de soporte. Si bien son menos comunes en la minería moderna debido a la disponibilidad de materiales más resistentes y duraderos como el acero, los marcos de madera todavía encuentran uso en ciertas situaciones, particularmente en operaciones mineras artesanales o de pequeña escala.

Para el uso de cuadros de madera se determina según clasificación geomecánica RMR, con relación al muestreo geomecánica de la labor minera, en referencia a las cualidades de tipo de roca que puede ser no muy competente a competente, en el presente trabajo tenemos como RMR 45, en la clasificación III Roca Regular (Ramirez & Mongue, 2004).

2.2.3. Sistema de cuadros utilizados en labores subterráneos

Existen dos tipos de cuadros de madera. Cuadros Cónicos y Cuadros Rectos.

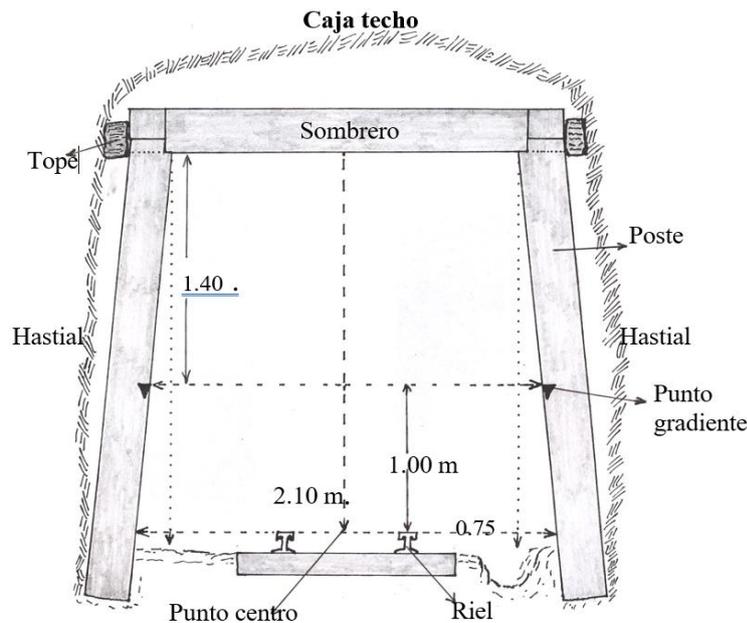
a) Cuadros cónicos

Los cuadros cónicos, son un tipo de sistema de soporte que se utiliza para reforzar y estabilizar los trabajos mineros. Estos marcos generalmente se construyen a partir de secciones de acero cónicas y se organizan en forma de rejilla para proporcionar una estructura de soporte rígida y duradera.

Los cuadros cónicos tienen un propósito similar a los cuadros rectos en la minería subterránea, pero ofrecen ciertas ventajas en aplicaciones específicas. Son particularmente adecuados para áreas con formaciones rocosas irregulares o muy fracturadas, donde la forma cónica de los marcos puede distribuir mejor las cargas y adaptarse a las condiciones irregulares del terreno (Baca, 2007).

Figura 1

Cuadro de madera completo y sus partes





b) Cuadros rectos

Se conoce también como marcos rectos, son un tipo de sistema de soporte comúnmente utilizado en minería subterránea para reforzar y estabilizar labores mineras. Estos marcos generalmente se construyen a partir de secciones de acero rectangulares o cuadradas y se organizan en forma de rejilla para proporcionar una estructura de soporte rígida y duradera.

Los cuadros rectos juegan un papel crucial en el mantenimiento de la estabilidad y seguridad de los trabajos mineros subterráneos. Son particularmente importantes en áreas con formaciones rocosas débiles o fracturadas, donde el riesgo de desprendimientos de rocas y derrumbes es mayor. Al proporcionar una estructura de soporte fuerte y consistente, los cuadros rectos ayudan a prevenir el colapso de túneles, pozos y otras excavaciones subterráneas (Espinoza, 2009).

2.2.4. Labores mineras subterráneas

Son excavaciones subterráneas para dar acceso a cuerpos mineralizados ya través de estos trabajos extraer yacimientos. Una unidad minera consiste en un conjunto de tareas de exploración, desarrollo y extracción. La preparación de la mina se lleva a cabo mediante la explotación del yacimiento, en el cual se iniciará el trabajo de desarrollo, seguido de la extracción del mineral considerando que dentro del equipo de trabajo existen muchas variantes, pueden ser los esfuerzos de desarrollo horizontal y vertical.



2.2.5. Labores subterráneas verticales

a) Piques

Los piques son excavaciones verticales que constituyen un elemento fundamental en las labores subterráneas. Funcionan como las "arterias" de una mina, jugando un papel crucial en el acceso, transporte y ventilación.

- **Acceso:** Los piques permiten el descenso y ascenso seguro del personal que trabaja en la mina, desde los ingenieros y geólogos hasta los mineros y técnicos de mantenimiento.
- **Transporte:** Sirven para transportar mineral extraído, roca estéril (material sin valor comercial), equipos, suministros y herramientas hacia y desde las profundidades de la mina.
- **Ventilación:** Los piques juegan un papel vital en la ventilación de las minas subterráneas. Se utilizan para introducir aire fresco y expulsar el aire viciado y los gases nocivos que se generan durante la explotación.

b) Tipos de piques:

Los piques se pueden clasificar según su función principal:

- **Pique de extracción:** Es el tipo más común y se utiliza principalmente para el transporte de mineral extraído hacia la superficie.
- **Pique de servicio:** Se utiliza para el transporte de personal, equipos, suministros y herramientas.
- **Pique de ventilación:** Se utiliza exclusivamente para la circulación del aire en la mina.



c) Chimeneas

Un pozo vertical excavado en la roca o el suelo, que se conecta a dos o más niveles de una mina subterránea. Las chimeneas tienen múltiples funciones:

- Ventilación: ingreso directo de aire fresco hacia las profundidades de la mina y la evacuación de aire viciado y gases nocivos.
- Acceso: Sirven como vías de acceso para el personal, equipos y materiales entre diferentes niveles de la mina.
- Transporte: Se pueden utilizar para el transporte de mineral extraído, roca estéril y otros materiales (Kajin & Manchao, 2020).

d) Botaderos de mineral y desmante

Las tolvas o compuertas son hendiduras que se elabora de manera vertical o inclinada casi a semejanza de las chimeneas por donde se traslada el mineral y en la parte inferior se instala la tolva, entonces la compuerta y la tolva son un complemento importante para descargar el mineral. Luego de ubicar el lugar indicado, se construye la tolva y se perfora la roca o mineral, manteniendo una altura, la dirección e inclinación pertinentes; Si el puesto está ubicado en un rebaje de explotación, se perforará todo el material solicitado, el cual tendrá la altura adecuada del subnivel del rebaje a explotar.

Referente a las dimensiones, los conductos construidos tienen una superficie de 1,20 m x 1,20 m para una tolva simple y para una tolva de doble compartimento tienen una dimensión de 1,2 x 2,40 m. con una inclinación de 50°, después de 75°, dependiendo del buzamiento del yacimiento “veta”. En caso de desbroce se realiza el mismo procedimiento, verticales sirven para poder llevar continuamente la ganga de desbroce hacia otros niveles bajos de la mina.



2.2.6. Labores mineras horizontales

a) Galerías

Son actividades horizontales que no contienen acceso directo a la superficie a diferencia de otras faenas, están destinadas a la circulación de personal, ventilación y drenaje en minería. La galería es una excavación horizontal con pendiente para el drenaje de las aguas subterráneas.

b) Túneles

Son labores horizontales que establecen un canal de comunicación entre dos puntos, uno de entrada y otro de salida, son labores de mayor importancia que se utilizan para transportar líquidos, para conexión vial y en minería.

Para su evaluación se debe considerar los temas técnicos, la característica del macizo rocoso, el tamaño de la labor y el tipo de uso, dentro de las etapas del proceso constructivo, para el estudio de geología de la zona se debe determinar el tipo de roca y antecedentes previos para el uso de mallas.

c) Rampas

Es una obra subterránea que permite unir dos labores mineras subterráneas que están a diferente nivel, lo que nos permite ascender o descender determinadas zonas. Estas labores se construyen sobre roca o material estéril, donde existen grandes tramos y una pendiente media del 13% para ganar longitud y altura.

Para desarrollar una rampa se requiere de un diseño, luego se realiza mediante perforación y voladura. Sus principales funciones son:

- Son utilizados para el acceso de maquinaria pesada sobre ruedas al interior de la mina.



- Se utiliza para extraer el mineral a través de equipos de carguío y acarreo de mineral.
- Para acceso de personal, materiales, insumos y herramientas de trabajo.

2.2.7. Reforzamiento de labores mineras subterráneas

El reforzamiento de labores mineras subterráneas es una tarea fundamental y de alta complejidad para el desarrollo de la minería, teniendo como objetivo primordial garantizar seguridad e eficacia de los tipos de explotación practicados en la minería subterránea. La condición importante para la fortificación de una labor minera se realice de manera eficiente es la correcta evaluación de la estructura de la masa rocosa para realizar actividades mineras en condiciones seguras de acuerdo a las normas de seguridad minera.

2.2.8. Métodos de Sostenimiento

El soporte de roca se refiere al procedimiento y herramientas requeridos para lograr el mejor equilibrio y conservar la capacidad de soportar las cargas producidas por rocas próximas al perímetro de la actividad subterránea. Los diferentes sistemas de sostenimiento se clasifican en dos grandes grupos:

a) Soporte activo

Sostenimiento de la roca donde los elementos de soporte son parte integral del macizo rocoso.

b) Soporte pasivo

Los elementos de soporte son externos al macizo rocoso circundante y dependen de los resultados de los movimientos internos de la roca en contacto con el área minera.



2.2.9. Sostenimiento mediante madera

El sostenimiento mediante el uso de madera se transformó en el método de explotación subterránea, incluso antes de que se desarrollaran nuevas tecnologías de sostenimiento. En la actualidad, el sostenimiento con cuadros de madera es de menor importancia frente a las nuevas formas de tecnologías de control de estabilidad del macizo rocoso; En diferentes minas peruanas se sigue utilizando la madera como principal elemento de sostenimiento en la minería convencional. En situaciones de emergencia es muy importante su uso como apoyo. Las desventajas de usar madera son: los costos relativamente altos, mayor uso de mano de obra, mayores tiempos de instalación, duración limitada y peligro de incendio. Cuando optamos el uso de madera como elección de sostenimiento, es primordial tener en cuenta lo siguiente:

La madera en buen estado seca dura, La madera tratada o curada con sustancias químicas para evitar su deterioro dura más que la madera sin curar. La madera dura más en un área seca que en un área cálida y húmeda.

a) Resistencia de la madera

La alta presión contra los extremos de un tronco hará que el tronco se parta de forma longitudinal y luego falle. La alta presión contra los lados compactará las celdas, comprimiendo el tronco. En caso de no tener soporte, este tronco se doblará y luego fallará por ruptura (Mamani, 2016).

b) Clases de terreno

El conocimiento de los distintos tipos de terreno es fundamental para el carpintero para completar la necesidad de apoyo a la obra. La clase de terreno podemos clasificar en cuatro clases.



- Terrenos compactos.
- Suelos fracturados
- Suelos arcillosos.
- Terrenos blandos

2.2.10. Tipos de estructuras de madera para el sostenimiento

Para el sostenimiento se utiliza puntales de madera en cuadros y conjunto de cuadros.

a) Puntales

Tipo de sostenimiento más utilizado, los postes de madera se colocan de forma vertical en una abertura para soportar el techo perpendicular al buzamiento de una vena. El soporte de las cajas falsas en vetas estrechas, los puntales son elementos importantes.

Hay puntales en diferentes diámetros y los más usados son los puntales de 5” a 10” de diámetro (Mamani, 2016).

b) Cuadros de madera

Se utilizan para el sostenimiento de galerías, cruceros y otras labores de desarrollo. Entre los más conocidos están: cuadros rectos, cónicos o trapezoidales. Todos ellos son elementos unidos entre sí a destajo o por elementos de unión exterior, formando una estructura de fortificación.

c) Cuadros rectos

Están compuestos de tres elementos, dos postes, y un sombrero que se aseguran con tacos y cuñas. Los puntales realizan ángulos de 90° con la sobrecarga “sombrero”. En algunos casos los puntales van en solera. Teniendo en cuenta que



los marcos están unidos por tirantes que determinan su diámetro y que varían entre 2 a 6 pies en necesidad de la calidad del macizo rocoso. Para reforzar el soporte se añade la armadura de cubierta, generalmente con madera en rollo, y el enrejado de los hastiales con madera en rollo, semi redondo o tablaje (Cruz, 2019).

d) Cuadros cónicos

Estos marcos son utilizados cuando la mayoría de la presión es proveniente de los hastiales. Con la diferencia que los cuadros rectos radican en los marcos cónicos esto lleva a reducir la longitud de la sobrecarga “sombbrero”, inclinando de los puntales, de tal forma que estos forman ángulos de 79° a 83° con respecto a la horizontal, dejando el marco con una forma trapezoidal (Cruz, 2019).

e) Bloque de cuadros

Este sistema de sostenimiento está compuesto por: postes, sombreros y correas, armados sistemáticamente. El bloque de cuadros debe repararse fijado a las paredes, el frente y el techo, para dar el máximo apoyo en terrenos difíciles. El juego de cuadros se utiliza en ejes, como función principal es dividir el eje en partes y acoplar guías, tuberías, cables etc.

Para marcos de madera, el sistema de soporte más utilizado en la actividad minera en el Perú, las instrucciones de instalación son: alinear y medir la plataforma, cavar el canal inferior, colocar y bloquear la plataforma colocar postes, hacer bastidores, poner la cubierta, bloquear la tapa, poner el puente, coloque el techo de tejas, bloquee el puente, enreje los lados y desmonte el bastidor. Es muy primordial para el desempeño del soporte con madera, que todas las uniones estén bien ajustadas y trabadas al suelo (Cruz, 2019).



f) Colocación de puntales de seguridad

Las tareas de apoyo y producción más fiables son los postes de 6” y de 7” a 8” de diámetro que se colocan perpendiculares al cofre de techo más débil, evitando así el derrumbe de roca y deben ser inspeccionados en forma diaria (Cruz, 2019).

g) Colocación de puntales en línea

Se utilizan cuando hay amenazas de desprendimiento de algunas rocas desde el techo de una actividad, también usados en cruceros, chimeneas y galerías donde se arma dos puntales de madera de manera transversal en relación a la dirección de la actividad y adosados a la parte superior de la labor (Cruz, 2019).

h) Colocación de puntales de avance

Se utilizado en construcción de caminos y caja de chimeneas, se colocan puntales de madera a lo ancho en la sección de la chimenea a una distancia de 1 m a los anteriores, se realiza la colocación de maderas encima de los puntales en una imagen de plataformas para perforar mejor (Cruz, 2019).

2.2.11. Pernos de anclaje

También conocidos como pernos de fijación o pernos expansibles, son un tipo de sujetador utilizado para conectar de forma segura elementos estructurales a materiales base como hormigón, ladrillo, roca o mampostería. Su función principal es transferir cargas entre el elemento anclado y el material base, proporcionando estabilidad y resistencia a la estructura.

a) Componentes de un perno de anclaje:

- **Cuerpo del perno:** Fabricado en acero de alta resistencia, proporciona la base para la fijación del perno.



- **Elemento de expansión:** Un mecanismo interno que permite que el perno se expanda y se adhiera firmemente al material base. Existen diferentes tipos de elementos de expansión, como cuñas, conos, manguitos divididos o hélices.
- **Vaina:** Una funda opcional que rodea el cuerpo del perno y el elemento de expansión, protegiendo el perno de la corrosión y facilitando su instalación.
- **Tornillo o rosca:** Un elemento roscado en la parte superior del perno que permite la fijación de elementos estructurales o la unión con otros componentes.

b) Funcionamiento de los pernos de anclaje:

- **Perforación:** Se perfora un orificio de diámetro y profundidad específicos en el material base, de acuerdo con el tamaño del perno de anclaje seleccionado.
- **Inserción del perno:** El perno de anclaje se introduce en el orificio perforado, asegurándose de que el elemento de expansión esté en la posición correcta.
- **Expansión:** Se activa el mecanismo de expansión, ya sea por medio de una cuña, cono, manguito dividido o hélice, provocando que el perno se expanda y se adhiera firmemente a las paredes del orificio.
- **Fijación:** Se introduce el tornillo o rosca en el perno y se aprieta, fijando el elemento estructural o uniéndolo a otros componentes.
(Promine, 2020)



c) Tipos de pernos

Tenemos una variedad de pernos, que se utilizan en minería subterránea:

- Pernos de anclaje mecánico
- Pernos Swellex
- Pernos Split Set
- Pernos Hydrabolt
- **Pernos Airbolt**

2.2.12. Pernos Swellex

Los pernos Swellex, también conocidos como pernos de anclaje expandibles hidráulicamente, son un tipo de sujetador utilizado para reforzar túneles, excavaciones subterráneas y taludes rocosos. Su principal característica es que se expanden dentro del orificio perforado en la roca, creando una unión mecánica resistente entre el perno y la roca circundante.

a) Componentes de un perno Swellex

- Tubo de acero: Fabricado en acero de alta resistencia, forma la estructura principal del perno y se expande para anclarse en la roca.
- Vaina: Una funda flexible que rodea el tubo de acero y contiene el fluido presurizado que impulsa la expansión.
- Cuña: Un elemento metálico cónico ubicado en el extremo inferior de la vaina, que se expande al inyectar fluido a alta presión.
- Disco de expansión: Una placa metálica que se expande junto con la cuña, distribuyendo la fuerza de expansión uniformemente sobre la roca circundante.



b) **Funcionamiento de los pernos Swellex**

- **Perforación:** Se perfora un orificio de diámetro y profundidad específicos en la roca, de acuerdo con el tamaño del perno Swellex seleccionado.
- **Inserción del perno:** El perno Swellex, con la vaina y la cuña ensambladas, se introduce en el orificio perforado.
- **Inyección de fluido:** Se inyecta agua a alta presión a través de una válvula en la parte superior de la vaina.
- **Expansión:** La presión del agua empuja la cuña hacia abajo, expandiendo la vaina y el disco contra las paredes del orificio.
- **Fijación:** La presión se mantiene durante un tiempo específico para garantizar la completa expansión del perno y su fijación segura en la roca (Promine, 2020).

2.2.13 Pernos Hydrabolt

También conocidos como pernos expandibles hidráulicamente, son un tipo de perno para roca que se utiliza para soporte terrestre en aplicaciones de minería subterránea y construcción de túneles. Se caracterizan por su exclusivo mecanismo de expansión, que utiliza presión hidráulica para expandir el perno en un orificio previamente perforado, creando un anclaje firme y seguro dentro de la formación rocosa.

a) **Componentes de un perno Hydrabolt:**

- **Perno tubular:** el cuerpo principal del perno, generalmente hecho de acero de alta resistencia, tiene un interior hueco.



- **Elemento de expansión:** un componente similar a un pistón ubicado dentro del perno hueco, diseñado para expandirse y sujetar las paredes de roca.
- **Accesorio hidráulico:** un punto de conexión en la parte superior del perno para conectar una bomba hidráulica o una fuente de presión.
- **Válvula de ventilación:** válvula unidireccional que permite que el aire escape durante la expansión, pero evita que el líquido se escape una vez que se coloca el perno.

b) **Funcionamiento de los pernos Hydrabolt:**

- **Perforación:** Se perfora un agujero del diámetro y profundidad apropiados en la formación rocosa.
- **Inserción del perno:** El Hydrabolt se inserta en el orificio pretaladrado, asegurando que el elemento de expansión esté colocado correctamente.
- **Aplicación de presión hidráulica:** Se aplica presión hidráulica a través del accesorio, lo que obliga al elemento de expansión a expandirse y presionar contra las paredes de roca.
- **Mecanismo de bloqueo:** la válvula de ventilación se cierra, atrapando el fluido hidráulico y manteniendo la fuerza de expansión.
- **Anclaje seguro:** el Hydrabolt ahora está firmemente anclado dentro de la roca, proporcionando un punto de apoyo fuerte y confiable.

2.2.14. **Pernos de anclaje Airbolt**

Los pernos de anclaje Air Bolt son un tipo de perno expansivo que se utiliza para unir concreto, mampostería y roca. Son conocidos por su alta capacidad de carga y su capacidad para usarse en una variedad de aplicaciones (Promine, 2020).



a) Ventajas:

- **Alta capacidad de carga:** Los pernos de anclaje Air Bolt pueden soportar cargas pesadas, lo que los hace ideales para aplicaciones exigentes como la fijación de maquinaria y equipos, vigas de acero y otros elementos estructurales.
- **Facilidad de instalación:** Los pernos de anclaje Air Bolt se instalan fácilmente mediante un sistema neumático sencillo y rápido. Esto puede ahorrar tiempo y mano de obra en comparación con otros métodos de fijación.
- **Versatilidad:** Los pernos de anclaje Air Bolt se pueden usar en una variedad de materiales, incluyendo concreto, mampostería y roca. También están disponibles en una variedad de tamaños para adaptarse a diferentes aplicaciones.
- **Durabilidad:** Los pernos de anclaje Air Bolt están hechos de acero de alta resistencia y son resistentes a la corrosión. Esto los hace ideales para aplicaciones en entornos húmedos o agresivos.
- **Resistencia al fuego:** Algunos pernos de anclaje Air Bolt están clasificados como resistentes al fuego, lo que los hace adecuados para aplicaciones donde se requiere protección contra incendios.

b) Desventajas:

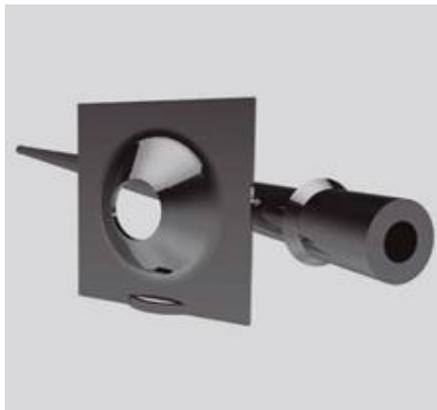
- **Costo:** Los pernos de anclaje Air Bolt pueden ser más costosos que otros tipos de pernos expansivos, como los pernos de concreto o los pernos de mampostería.
- **Profundidad del orificio:** Los pernos de anclaje Air Bolt requieren un orificio más profundo que otros tipos de pernos expansivos. Esto puede aumentar el tiempo y el costo de instalación.

- **Reutilización:** Los pernos de anclaje Air Bolt no son reutilizables. Una vez que se instalan, no se pueden quitar y reutilizar en otra ubicación.

En general, los pernos de anclaje Air Bolt son una opción versátil y confiable para una variedad de aplicaciones de fijación. Son fuertes, duraderos y fáciles de instalar. Sin embargo, pueden ser más costosos que otros tipos de pernos expansivos y requieren un orificio más profundo. Es importante considerar las ventajas y desventajas de los pernos de anclaje Air Bolt antes de usarlos en una aplicación específica.

Figura 2

Perno de anclaje Airbolt (Promine, 2020)



2.2.15. Características de la roca

Determinar el macizo rocoso es importante observar las diferentes características de las discontinuidades en el techo y paredes de las faenas mineras, con lo cual en primer lugar se debe lavar el todo el techo y las paredes. Según observaciones y apuntes se obtiene conclusiones referentes a las condiciones geomecánicas de la masa rocosa de la zona.

Teniendo en cuenta la variabilidad y diferencia de características del macizo rocoso, el supervisor deberá realizar permanentemente una evaluación de

las condiciones geomecánicas, a medida que avance la obra, el desarrollo como en explotación, utilizando este manual como herramienta de clasificación de masas. rocoso.

Los datos serán registrados en formatos preparados para tal fin, luego serán procesados y presentados en los planos de las operaciones mineras (Beer & Steyn, 2005).

2.2.16. Circunstancia de la masa rocosa

En definitiva, a como se identifiquen las diferentes características del tipo de roca, este debe tener un comportamiento determinado para ser extraído. Supongamos que la roca intacta es relativamente dura o muy fuerte y la discontinuidad tiene factores favorables, siendo competente y estará en condiciones favorables cuando se excave y extraiga el mineral. Si la roca intacta se presenta débil o de muy baja resistencia y las discontinuidades muestran factores desfavorables, la roca será incompetente y estará en condiciones desfavorables cuando se realice la excave. Habrá situaciones intermedias entre los extremos anteriores donde la roca tendrá condiciones regulares cuando sea excavada (Ramírez, 2000).

Tabla 1

RQD – Calidad en la roca – Minería subterránea

| Descripción del índice de calidad de roca | Valor de RQD |
|--|---------------------|
| Muy pobre | 0 - 25 |
| Pobre | 25 - 50 |
| Regular | 50 - 75 |
| Buena | 75 - 90 |
| Excelente | 90 - 100 |

Nota: Descripción RQD (Deere, 1964)



El RQD puede ser estimado a partir del espaciamiento promedio de las discontinuidades en base a la siguiente ecuación propuesta por Priest y Hudson (1976) experimentalmente, se cumple que la curva de distribución es del tipo exponencial negativa en un gráfico Frecuencia - Espaciamiento:

$$RQD=100.e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda+1)$$

Donde:

λ = Es la frecuencia media de discontinuidades por metro, $\lambda=1/(\text{frecuencia de discontinuidades})$

$$\lambda = \frac{\text{Cantidad.dislocaciones}}{\text{Longitud.del.sonido}}$$

El error comprobado es de +/-5%

Basado en la definición del índice de calidad de la roca RQD propuesto por Deere en 1964, se propone una clasificación simple de la calidad de la roca en 5 categorías. La definición de RQD es la clasificación de las rocas, la relación entre el factor de carga de Terzagui y el RQD (propuesto por Cording et al, 1972) y la propuesta de Merrit (1972) para decidir el tipo de apoyo en base al RQD.

2.2.17. Clasificación Geomecánica RMR de Bieniawski - 1989

El sistema Rock Mass Rating (RMR), desarrollado por ZT Bieniawski 1973, con actualizaciones entre 1979 y 1989 es un sistema de clasificación geomecánica de rocas ampliamente utilizado. Proporciona una evaluación cuantitativa de la calidad y resistencia general de un macizo rocoso, considerando diversos factores que influyen en su comportamiento bajo tensión. El sistema RMR es aplicable a una amplia gama de proyectos de túneles y minería subterránea y de superficie, y ayuda en el diseño de sistemas de soporte, métodos de excavación y evaluaciones de estabilidad.



a) Metodología de Clasificación RMR:

El sistema RMR asigna puntuaciones a seis parámetros clave que caracterizan el macizo rocoso:

- **Resistencia de la roca intacta (IRS):** la resistencia a la compresión uniaxial de las muestras de roca intacta.
- **RQD (Designación de calidad de roca):** Una medida del grado de fracturación y unión en el macizo rocoso.
- **Espaciado de Discontinuidades:** El espaciamiento promedio entre discontinuidades principales (uniones, fallas, etc.).
- **Condición de las discontinuidades:** la condición de las superficies de las discontinuidades, incluida la rugosidad, el relleno y la intemperie.
- **Agua subterránea:** La presencia y flujo de agua subterránea dentro del macizo rocoso.
- **Orientación de discontinuidades:** la orientación de las discontinuidades principales en relación con la tensión aplicada.

A cada parámetro se le asigna una puntuación según su tabla de clasificación, y la suma de estas puntuaciones representa el valor RMR general. El valor RMR varía de 0 a 100, y los valores más altos indican una masa rocosa más fuerte y estable (Bieniawski, 1989).

Tabla 2*Valores de clasificación del RMR (Bieniawski, 1989)*

| RMR | Descripción | Clase | Tiempo medio de auto sostenimiento | Angulo de fricción de Masa rocosa | Cohesión KPa |
|------------|--------------------|--------------|---|--|---------------------|
| 0 - 20 | Muy pobre | V | 30 min/1m de Apert. | 15° | 100 |
| 21 - 40 | Pobre | IV | 10 horas/2,5m de Apert | 15 – 25° | 100-200 |
| 41 - 60 | Regular | III | 1 sem./5m de Apert. | 26 – 35° | 201-300 |
| 61-80 | Bueno | II | 1 año/10m de Apert. | 36 – 45° | 301-400 |
| 81-100 | Muy bueno | I | 20años/15mde Apert. | 45° | 400 |

2.2.18. Mecánica de rocas

Ciencia ocupada del comportamiento mecánico de los macizos rocosos que se encuentra bajo tierra sufren fenómenos naturales o impuestas por el ser humano. Un problema de ingeniería mecánica en cualquier diseño estructural es predecir el comportamiento de una estructura bajo la influencia de cargas aplicadas o durante su vida útil. Determinar el estado de las tensiones dentro de un macizo rocoso significa conocer la magnitud, dirección y dirección de las tensiones donde se desarrolla la minería. Por lo tanto, las principales direcciones de las tensiones y sus intensidades deben determinarse, por regla general, mediante ensayos "in situ".

Las tensiones que existentes en un macizo rocoso intacto están relacionadas con el peso de las capas superpuestas y con la historia geológica del macizo. Este campo de tensiones se ve alterado cuando se realiza una excavación subterránea y, en muchos casos, se presentan tensiones lo suficientemente grandes



como para vencer la resistencia de la roca. En estos casos, el debilitamiento de la roca adyacente a los límites de la excavación puede conducir a su inestabilidad, manifestada por el cierre paulatino de la excavación, desprendimiento del techo y paredes o explosiones de roca

2.2.19. Beneficios de la geomecánica.

Se puede utilizar para definir tipos de explotación a nivel global e individual. Permite determinar categorías de soporte aplicables, determinación de estándares de soporte en función de los tiempos de exposición de la misión minera: explotación y desarrollo. Ayuda a seleccionar y planificar alternativas para nuevos métodos de uso en zonas de uso futuras. También se encontraron algunas variaciones en el método de uso utilizado. Permitirá, a través del monitoreo, verificar y validar supuestos adoptados durante las fases iniciales de diseño de los trabajos mineros (Flores, 2001).

2.2.20. Malla electrosoldada

Estructura de acero conformada por variedad de barras de forma ortogonal y electrosoldadas por fisión, es decir sin adición de material en todos los puntos de encuentro, estos productos se fabrican bajo la norma IRAM-IAS U 500-06, el acero utilizado es de calidad T - 500 (1), es laminado en frío y con un límite elástico característico de 500 Mpa, se presenta en una gran variedad de secciones, mallas y diámetros de alambre dependiendo de su aplicación final.

La soldadura por fisión eléctrica permite uniones más fuertes y acabados de alta calidad. Las cruces soldadas a lo largo de las barras proporcionaron un anclaje efectivo del hormigón, el Acero AT56 – 50H permite reducir la sección por su alta resistencia, lo que hace que la malla electrosoldada sea fácil y rápida



de instalar (Mining Rock, 2011).

2.2.21. Costos en minería

La Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración (SME) define los costos mineros como "los gastos incurridos en el descubrimiento, exploración, desarrollo, producción, procesamiento y comercialización de recursos minerales". Estos costos se pueden clasificar en términos generales en costos directos e indirectos.

a) Costos directos

Los costos directos son aquellos que pueden atribuirse directa y explícitamente a un producto o servicio específico. Se incurren durante el proceso de producción y están directamente relacionados con la cantidad de bienes o servicios producidos. Ejemplos de costos directos incluyen:

- **Materiales directos:** El costo de las materias primas y componentes que se utilizan para fabricar un producto.
- **Mano de obra directa:** los salarios y beneficios pagados a los empleados que participan directamente en la producción de un producto o servicio.
- **Gastos generales directos de fabricación:** otros costos que están directamente relacionados con el proceso de producción, como servicios públicos, depreciación de los equipos de fabricación y alquiler de la fábrica.

b) Costos indirectos

Por otro lado, son aquellos que no pueden atribuirse fácil y directamente a un producto o servicio específico. Por lo general, se incurren durante la operación general del negocio y no están directamente relacionados con la cantidad de bienes o servicios producidos. Ejemplos de costos indirectos incluyen:



- **Mano de obra indirecta:** los salarios y beneficios pagados a los empleados que no participan directamente en el proceso de producción, como el personal administrativo, el personal de ventas y los inspectores de control de calidad.
- **Gastos indirectos de fabricación:** otros costos relacionados con la operación general de la instalación de fabricación, como el alquiler del edificio de oficinas, seguros e impuestos a la propiedad.
- **Gastos de venta y marketing:** Los costos de promoción y venta de productos o servicios, como publicidad, comisiones y gastos de viaje.
- **Gastos generales y administrativos:** los costos de funcionamiento del negocio en su conjunto, como salarios de los altos ejecutivos, honorarios legales y gastos contables (Muñoz, 2012).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

La Unidad Minera Esperanza de Caravelí - Arequipa, está ubicado en el lado occidental del Batolito de la Costa, en la jurisdicción del distrito de Huanuhuanu, provincia de Caravelí y departamento de Arequipa. Los derechos mineros de la Unidad Minera están dentro de las coordenadas U.T.M. WGS 84.

Tabla 3

Concesión Minera de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí

| Vértice | coordenadas utm -wgs 84 | |
|---------|-------------------------|------------|
| | Norte | Este |
| 1 | 8,260,000.00 | 686,000.00 |
| 2 | 8,257,000.00 | 686,000.00 |
| 3 | 8,257,000.00 | 684,000.00 |
| 4 | 8,260,000.00 | 684,000.00 |

3.2. ACCESIBILIDAD

Para acceder al área de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí se realiza desde la ciudad de Arequipa, a través de la vía principal Panamericana Sur, la ruta que se especifica en la Tabla 4.

Tabla 4

Vía de accesibilidad a la Unidad Minera Esperanza de Caravelí

| Itinerario | Distancia (km) | Tipo de vía | Tiempo (Hrs) |
|-------------------------|----------------|---------------------|--------------|
| Puno - Arequipa | 294 | Carretera asfaltada | 5,5 |
| Arequipa - Atico | 307 | Carretera asfaltada | 6 |
| Atico - Caraveli – Mina | 80 | Carretera afirmada | 3 |
| Total | 681 | | 14,5 |

Tabla 5

Característica de departamento Geomecánica de la minera esperanza 2021

| UBICACION | INDICES GEOMECHANICOS | | | | COHESION kg/cm ² | SOSTENIMIENTO | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------|---------|-----|--------------------------------|--|---|
| | TIPO ROCA | GSI | Q | RMR | | RECOMENDACIÓN GSI(MODIFICADO) | ACTUAL |
| ESTRUCUTURA MINERALIZAD A | IV | Q MF/P | 0.6-1.0 | 45 | 1,26 | Perno sistemático (1,3x1,3) con malla | Perno sistemático (1.3x1.3) con malla |
| | IV | E IF/P | 1.0-0.4 | 46 | 1,66 | Perno sistemático (1,0x1,0con malla o cuadro sistemático (0.85 m luz) | Perno sistemático (1,0x1,0) con malla |

Nota: Cuadro de geomecánica determinado de la mina esperanza de caraveli,2021 de acuerdo a las condiciones del tipo de roca, recomendación para el sostenimiento adecuado.

3.3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.3.1. Tipo de investigación

El método de investigación empleado fue cuantitativo, y el diseño de estudio fue pre experimental y longitudinal. El procedimiento consistió en evaluar el sistema de sostenimiento con cuadros de madera, analizando los costos de puntales de madera de diferentes diámetros, así como el tiempo y costos asociados al armado de los cuadros de madera.

3.3.2. Enfoque de la investigación

La investigación es de un enfoque cuantitativo basado en la estadística no probabilística en el proceso del estudio (Sampieri & fernandez, 2010).

3.3.3. Alcance o nivel de la investigación

Para realizar el presente estudio de investigación, se siguió el siguiente procedimiento se evaluó el sostenimiento mediante cuadros de madera, durante el análisis, se tuvieron en cuenta las desventajas asociadas al uso de madera, los



costos de los puntales de madera, los costos de transporte y los costos de instalación, se recolectaron datos valiosos para el análisis de costo con pernos Airbolt y las mallas electrosoldadas, de igual manera el costo de instalación, costo de mano de obra.

Posteriormente se analizó los costos de ambos sistemas de sostenimiento y luego se determinó la minimización de costos de sostenimiento utilizando pernos Airbolt y mallas.

3.4. POBLACIÓN

La población considerada en el trabajo de investigación fue constituida por el sistema de sostenimiento utilizado en la Rampa San Vicente y la Rampa San Simón, ejecutado en roca semidura de la Unidad minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

3.5. MUESTRA

Está constituido por la Rampa San Vicente en una sección de 2,70 m x 2,60 m, en roca regular con densidad promedio de 2,65 t/m³ y una clasificación geomecánico RMR de 45, de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa. Al respecto (Sampieri R., 2018) define que la muestra es en esencia, un subgrupo de la población, es decir es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.

3.5.1. Tipo de muestra

El estudio de investigación es el tipo de muestra no probabilística o dirigida según al propósito del investigador, no depende de la probabilidad.

3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.6.1. Variable independiente

El sostenimiento mediante pernos Airbolt y malla electrosoldada en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

3.6.2. Variable dependiente

Minimizar el Costos de sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.

Tabla 6

Operacionalización de variables

| Variables | Indicadores | Escala de medición |
|--|------------------------|-------------------------------|
| Variable independiente: | | |
| El sostenimiento con pernos Airbolt y malla electrosoldada en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa. | ▪ Los Tipo de roca | ▪ Roca dura, semidura y suave |
| | ▪ RMR | ▪ (V, IV, III, II, I) |
| | ▪ Sección | ▪ m ² |
| | | |
| Variable dependiente: | | |
| Costos de sostenimiento en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa. | ▪ Costo de malla | ▪ US\$/m ² |
| | ▪ Costo de pernos | ▪ US\$/perno |
| | ▪ Costo a mano de obra | ▪ US\$/m ² |
| | ▪ Costo de instalación | ▪ US\$/m ² |



3.7. TÉCNICAS DE RECAUDACIÓN DE DATOS

Las técnicas de recaudación de datos son muy importantes, y en el presente estudio de investigación se aplicó la técnica de la observación del comportamiento del sostenimiento, y para el cálculo de costos se tomó en cuenta el reporte del control mensual y diario de la mina.

Observación participante, información geomecánica establecida por la unidad minera. Equipos y materiales empleados para el sostenimiento.

3.7.1. Instrumentos de recaudación de datos

Para tener en cuenta el procesamiento de la información se utilizó el Excel y se mostró los gráficos y su interpretación mediante cuadros estadístico. También se determinó algunos instrumentos para recolección de datos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANALISIS DE RESULTADOS

4.1.1. Consumo de puntales de madera

En la minería subterránea se utiliza mayormente el tronco de eucalipto, se destinan para el sostenimiento de actividades de explotación, crecimiento y preparación, los más utilizados son los puntales de 6, 7, 8 pulgadas de diámetro en la Unidad Minera Esperanza de Caravelí.

4.2.2. Costo de madera

Se determina el costo de transporte de puntales de madera incrementa los costos de adquisición y según los estándares de la Rampa San Vicente, se requiere puntales de 6 ,7 y 8 pulgadas de diámetro y una longitud de 3 metros, pesa un promedio de 51,45 kg, y el costo de transporte de estos puntales tienen un costo promedio de S/.21/puntal, los cuales dependen de la distancia de transporte desde el lugar de origen que son bastante alejados hacia la ubicación de la zona minera. La inclusión de estos costos a los elementos de sostenimientos generó elevados costos del sistema de sostenimiento determinado.

4.2.3. Costos de instalación de cuadros de madera

Para la instalación de cuadros de madera se ha considerado los siguientes aspectos.

Tabla 7

Costo de la mano de obra

Tipo de cambio. 1 US\$ = S/. 3,75

| Mano de obra directa | Cantidad | Jornal (soles) | Incidencia (%) | Costo US\$/guardia |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
| Ing. Seguridad | 1 | 145 | 20 | 7,73 |
| Jefe de guardia | 1 | 145 | 20 | 7,73 |
| Maestro enmaderador | 1 | 85 | 100 | 22,66 |
| Peón mina | 1 | 75 | 100 | 20,00 |
| Ayudantes de sostenimiento | 2 | 65 | 100 | 34,66 |
| Sub total | | | | 92,78 |
| Leyes sociales | 101,29 % | | | 93,98 |
| Total | | | | 186,76 |

Nota: Información sobre el costo de mano de obra que se empleara en la instalación con cuadros de madera, estimando los costos que se realizaran en el personal involucrado, tanto la incidencia y la cantidad de personal requerido para la instalación de cuadros de madera. Teniendo en cuenta al ing. de seguridad con una incidencia de 20% y el maestro enmaderador con una incidencia de 100%.

Tabla 8

Costos de herramientas y otros materiales requeridos para el sostenimiento

| Descripción | Medida | Cantidades | Costo US\$ / | Vida Útil(días) | Costo US\$/guardia |
|---------------------|---------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Barrerillas | Unidad | 3 | 16,48 | 60 | 0,82 |
| Azuela | Unidad | 2 | 11,05 | 120 | 0,18 |
| Formón | Unidad | 2 | 9,12 | 150 | 0,12 |
| Corvina 36 pulg. | Unidad | 1 | 60,04 | 180 | 0,33 |
| Sierra | Unidad | 2 | 19,23 | 120 | 0,32 |
| Plomada | Unidad | 1 | 7,18 | 360 | 0,02 |
| Flexómetro | Unidad | 1 | 4,31 | 150 | 0,03 |
| Costo total: | | | | | 1,82 |

Nota: Información de la cantidad de herramientas y costos estimados de acuerdo a la cantidad requerida para el sostenimiento en cuadros de madera.

Tabla 9*Costos de puntales de madera sin incluir transporte* T.C. 1 US\$ = S/. 3,75

| Descripción | Costo promedio (Soles) | Costo promedio (US\$) |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Puntales de 5" de diámetro | 24,35 | 6,49 |
| Puntales de 6" de diámetro | 28,55 | 7,61 |
| Puntales de 7" de diámetro | 33,45 | 8,92 |
| Puntales de 8" de diámetro | 37,65 | 10,04 |

Nota: puntales que se utilizaran para el armado de cuadros de madera costo sin incluir transporte hacia la mina en referencia.

Tabla 10*Costos de los puntales de madera incluido el transporte*

| Descripción | Costo promedio (Soles) | Costo promedio (US\$) |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Puntales de 5" de diámetro | 45,35 | 12,09 |
| Puntales de 6" de diámetro | 49,55 | 13,21 |
| Puntales de 7" de diámetro | 54,45 | 14,52 |
| Puntales de 8" de diámetro | 58,65 | 15,64 |

Tabla 11*Costo de puntales requeridos para cuadros de madera, encribado y enrejado*

| Descripción | Cantidad | Costo/unidad (Soles) | Costo Total (US\$) |
|------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Puntales de 5 pulgadas de diámetro | 10 | 45,35 | 120,93 |
| Puntales de 6 pulgadas de diámetro | 08 | 49,55 | 105,71 |
| Puntales de 7 pulgadas de diámetro | 07 | 54,45 | 101,64 |
| Puntales de 8 pulgadas de diámetro | 09 | 58,65 | 140,76 |
| Costo total | | | 469,04 |

Nota: Costos de los puntales de diferentes diámetros incluyendo el encribado y enrejado para realizar el sostenimiento con cuadros de madera.

Tabla 12*Costo de equipos de protección personal (EPP)*

| Descripción | Medida | Canti dad | Costo US\$/unidad | Vida Útil (días) | Costo US\$/guardi a |
|------------------------|--------|--------------|----------------------|------------------------|---------------------------|
| Protector | Unidad | 6 | 13,69 | 300 | 0,27 |
| Mamelucos | Unidad | 6 | 24,75 | 180 | 0,82 |
| Botas de jebe | Pares | 6 | 22,87 | 180 | 0,76 |
| Guantes de cuero | Pares | 6 | 5,21 | 25 | 1,25 |
| Correas porta lámpara | Unidad | 6 | 4,72 | 300 | 0,09 |
| Respiradores | Unidad | 6 | 23,65 | 180 | 0,78 |
| Filtro de respiradores | Unidad | 6 | 4,78 | 15 | 1,91 |
| Tapón de oídos | Pares | 6 | 2,49 | 120 | 0,12 |
| Ropa de jebe | Unidad | 3 | 32,56 | 120 | 0,81 |
| Lámpara de batería | Unidad | 6 | 117,15 | 120 | 5,85 |
| Lentes de seguridad | Unidad | 6 | 12,43 | 120 | 0,62 |
| Costo total | | | | | 13,28 |

Nota: Para la unida minera se utiliza implemos de seguridad básicos para realizar el sostenimiento con cuadros de madera considerando la cantidad requerida, costo y la vida útil.

Tabla 13*Costos de sostenimiento con cuadros de madera*

| Costos de sostenimiento con cuadros de madera | Costo US\$/guardia |
|---|---------------------------------|
| Costo de la mano de obra | 186,76 US\$ |
| Costos de herramientas y otros materiales requeridos para el sostenimiento | 1,82 US\$ |
| Costo de puntales requeridos para cuadros de madera, encribado y enrejado | 469,04 US\$ |
| Costo de equipos de protección personal (EPP) | 13,28 US\$ |
| Subtotal por guardia | 670,4 US\$ |
| Total, para una sección de 23.70 m² | 28,29 US\$/m² |

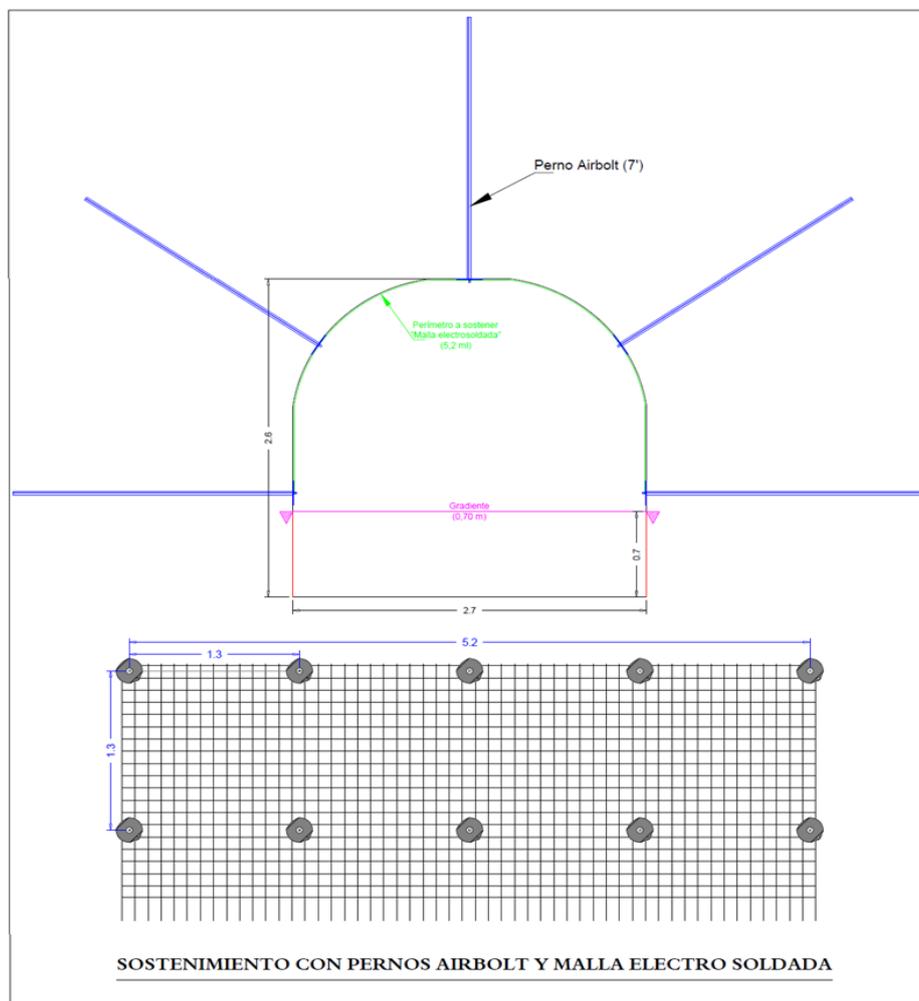
Nota: Estimando los costos de instalación de cuadros de madera encribado y enrejado, costos de equipos de protección personal y costos de herramientas para sostenimiento.

4.2.4. Procedimiento para cálculo de costos de pernos Airbolt y malla electrosoldada.

El costo de un perno Airbolt de 7 pies de longitud por 2,10 mm de diámetro incluido el transporte, fue de 11,05 US\$ y el costo de un rollo de la malla electrosoldada de 25 m x 2,00 m, fue de. 238,45 US\$.

Figura 3

Diseño de sostenimiento con pernos Airbolt Ancho 3,90 largo 5,20



Áreas de sostenimiento: $2.60 + 2.60 + 2.70 = 7.90$ m

Marguen de espacio considerado: $1.20 + 1.20 = 2.40$ m ($7.90 - 2.40$)

Subtotal: 5,20 m

Marguen inclinación en la malla considerado: $0,30 \times 5,20$ m = $1,56 \times 2 = 3,12$ m



Área Total: $3,90\text{m} \times 5,20 = 20,28 \text{ m}^2 + 3,12\text{m} = 23,40 \text{ m}$

4.2.5. Costo de instalación con pernos Airbolt y malla electrosoldada

Tabla 14

Costo de mano de obra con pernos Airbolt. Tipo de cambio 1 US\$ = S/3,75

| Mano de obra directa | Cantidad | Jornal (soles) | Incidencia (%) | Costo US\$/guardia |
|---------------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Ing.Seguridad | 1 | 145 | 20 | 7,73 |
| Jefe de Guardia | 1 | 145 | 20 | 7,73 |
| Supervisor | 1 | 85 | 20 | 4,53 |
| Maestro de perforación | 1 | 75 | 100 | 20,00 |
| Ayudante de perforación | 1 | 65 | 100 | 17,33 |
| Ayudante de sostenimiento | 1 | 65 | 100 | 17,33 |
| Sub total | | | | 74,65 |
| Leyes sociales. | 101,29 % | | | 75,61 |
| Total | | | | 150,26 |

Tabla 15

Costo de implementos de seguridad con pernos Airbolt

| Descripción | Medida | Cantidad | Costo US\$ | Vida Útil (días) | Costo US\$/guardia |
|------------------------|--------|----------|---------------|------------------------|-----------------------|
| Protector | Unidad | 6 | 13,69 | 300 | 0,27 |
| Mamelucos | Unidad | 6 | 24,75 | 180 | 0,82 |
| Botas de jebe | Pares | 6 | 22,87 | 180 | 0,76 |
| Guantes de cuero | Pares | 6 | 5,21 | 25 | 1,25 |
| Correas porta lámpara | Unidad | 6 | 4,72 | 300 | 0,09 |
| Respiradores | Unidad | 6 | 23,65 | 180 | 0,78 |
| Filtro de respiradores | Unidad | 6 | 4,78 | 15 | 1,91 |
| Tapón de oídos | Pares | 6 | 2,49 | 120 | 0,12 |
| Ropa de jebe | Unidad | 3 | 32,56 | 120 | 0,81 |
| Lámpara de batería | Unidad | 6 | 117,15 | 120 | 5,85 |
| Lentes de seguridad | Unidad | 6 | 12,43 | 120 | 0,62 |
| Costo total | | | | | 13,28 |

Nota: determinación de los implementos de seguridad básicos que se utilizara para realizar el sostenimiento con persnos airbol y malla electrosoldada.

Tabla 16

Costo de herramientas y otros para sostenimiento con pernos Airbolt.

| Descripción | Medida | Cantidad | Costo US\$/unidad | Vida Útil días | Costo US\$/guardia |
|--------------------|--------|----------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Barretillas | Unidad | 3 | 16,48 | 60 | 0,82 |
| Caballote | Unidad | 2 | 41,13 | 150 | 0,55 |
| Trinsador | Unidad | 1 | 12,36 | 120 | 0,10 |
| Flexómetro | Unidad | 1 | 4,27 | 150 | 0,03 |
| Sub total | | | | | 1,50 |
| Imprevistos 5% | | | | | 0,08 |
| Costo total | | | | | 1,58 |

Nota: Para realizar el sostenimiento con pernos airbolt se requiere de las siguientes herramientas básicas, teniendo en cuenta el costo y la cantidad que se utilizara en sostenimiento.

Tabla 17

Costo del equipo de sostenimiento con pernos Airbolt y mallas electrosoldadas

| Equipo | Costo US \$ | Vida útil Pies perforados | US\$/Pie | Pies perforados | US\$/guard. |
|---------------------------|----------------|------------------------------|----------|--------------------|-------------|
| Maquinaria de perforación | 4 985 | 120 000 | 0,042 | 140 | 5,88 |
| Total | | | | | 5,88 |

Nota: Equipo que se utilizara para realizar la perforación e instalación del perno y malla electrosoldada.

Tabla 18

Costo de pernos Airbolt y malla

Tipo de cambio 1 US\$ = S/3,75

| Descripción | Cantidad | Costo/unidad US\$/m ² | Costo Total US\$ |
|------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Pernos Airbolt de 7' | 20 | 11,05 | 221,00 |
| Malla electrosoldada (25 x 2,00 m) | 23,70 m ² | 4,77 | 113,05 |
| Costo total: | | | 334,05 |

Nota: Tenemos en consideración el costo del perno Airbolt y malla electrosoldad de 25x2,00m, materiales que se utilizaran para realizar el sostenimiento.

Tabla 19*Costo de materiales de sostenimiento con pernos Airbolt*

| Descripción | Cantidad | Costo US\$/unidad | Vida útil pp | Pies perforados | US\$/pie perforado | US\$/guardia |
|--------------------|----------------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|
| Barra de 8 pies | 1 | 98 | 1200 | 80 | 0,08 | 6,40 |
| Barra de 4 pies | 1 | 65 | 1200 | 60 | 0,05 | 3,00 |
| Broca | 1 | 36 | 500 | 80 | 0,07 | 5,60 |
| Broca | 1 | 38 | 500 | 60 | 0,08 | 4,80 |
| Manguera de ½" | 35 m | 1,57 | 2100 | 112 | 0,03 | 3,36 |
| Manguera 1" | 35 m | 3,48 | 2100 | 112 | 0,06 | 6,72 |
| Malla electrosold. | 23,70 m ² | 4,77 | | | | 113,05 |
| Perno Airbolt | 20 | 11,05 | | | | 221,00 |
| Total | | | | | | 363,93 |

Nota: Materiales requeridos para el sostenimiento con pernos airbolt y malla electrosoldada, considerando las cantidades y el costo determinado.

Cálculo de costos para 23,70 m² de sostenimiento con pernos Airbolt y malla electrosoldada.

Tabla 20*Costos de sostenimiento con Pernos Airbolt y malla electrosoldada*

| Costos de sostenimiento con Pernos Airbolt y malla electrosoldada | US\$/guardia |
|--|---------------------------------|
| Costo de mano de obra con pernos Airbolt. | 150,26 US\$ |
| Costo del equipo de sostenimiento con pernos Airbolt y mallas electrosoldadas. | 5,88 US\$ |
| Costo de materiales de sostenimiento con pernos Airbolt. | 363,93 US\$ |
| Costo de herramientas y otros para sostenimiento con pernos Airbolt. | 1,58 US\$ |
| Costo de implementos de seguridad con pernos Airbolt | 13,28 US\$ |
| Subtotal por guardia | 534,93 US\$ |
| Para una sección de 23,70 m² | 22,57 US\$/m² |

Nota: recopilación de todos los costos que se necesita para realizar el sostenimiento con pernos airbolt y malla electrosoldada en la rampa san Vicente de caraveli – Arequipa.



4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES

En el presente trabajo de investigación mediante el sostenimiento con pernos Airbolt y malla electrosoldada los costos se minimizaron de 28,29 US\$/m² a 22,57 US\$/m² logrando un beneficio de 5,72 US\$/m², en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa. Los resultados son similares al estudio realizado por (Espillico, 2023) en donde concluye que mediante el sistema de reforzamiento con pernos Hydrabolt y malla electrosoldada los costos se minimizaron de 27,03 US\$/m² a 24,85 US \$/m² obteniendo un beneficio de 2,18 US \$/m² en la Rampa San Andrés de la Minera Aurífera Estrella de Chaparra S.A.

En el presente trabajo de investigación, utilizando el sistema de sostenimiento con cuadros de madera los costos estimados fueron 28,29 US\$/m² en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa. Los resultados son similares al estudio realizado por (Corrales, 2019) en donde concluye el sistema de sostenimiento cuadros de madera los costos fueron de 22,39 US\$/Tm en la unidad Minera.

En el presente trabajo de investigación la minimización del costo, mediante el sistema de sostenimiento con pernos Airbolt y malla electrosoldada fueron de 22,57 US\$/m², en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa. Los resultados son similares al trabajo realizado por (Escalante, 2017) donde concluye que mediante el sistema de reforzamiento con pernos Split set y mallas electrosoldadas los costos se redujeron a 19,04 US \$/tm.



V. CONCLUSIONES

- Mediante el uso de pernos Airbolt y malla electrosoldada en comparación con cuadros de madera, los costos de sostenimiento se minimizaron de 28,29 US\$/m² a 22,57 US\$/m², obteniendo un beneficio de 20,22% en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.
- Con el uso del sistema de sostenimiento con cuadros de madera, los costos fueron de 28,29 US\$/m² en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.
- Mediante el uso de los pernos Airbolt y malla electrosoldada los costos de sostenimiento se redujeron a 22,57 US\$/m² en la Rampa San Vicente de la Unidad Minera Esperanza de Caravelí – Arequipa.



VI. RECOMENDACIONES

- Recomiendo investigar la utilización de los pernos Split set y malla electrosoldada por su buena adherencia y sostenimiento previo un estudio geomecánica en las labores subterráneas.
- Realizar un estudio de investigación para el del uso del sistema de sostenimiento con pernos de anclaje y mallas electrosoldadas en las labores subterráneas de la unidad Minera Esperanza de Caravelí.
- Se recomienda el uso de los pernos Hydrabolt, Omegabot y Airbolt, en la unidad minera, los mismos que tienen un buen soporte en el sostenimiento de las labores mineras subterráneas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baca, L. (2007). *Manual de Sostenimiento*. Manual de Capacitación para enmaderadores cuadros, puntales y tolvas :
<https://es.scribd.com/document/387689531/Manual-de-Sostenimiento-Madera-2008>
- Beer, M., & Steyn, W. J. (2005). "*Cost-effective design of rock bolt support for underground excavations.*". SSAB: https://www.ssab.com/en/brands-and-products/expandable-rock-bolts?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwxqayBhDFARIsAANWRnRNO4zWL8NGFbAdTNXvRZ3-TLyPuZDdGRAXe4viRY5iL8JTOVTArDgaAroyEALw_wcB
- Bieniawski. (1989). *El sistema Rock Mass Rating*. Metodología de clasificación RMR.
- Corrales, H. (2019). *costos de sostenimiento con pernos splitSet y malla electrosoldada en referia con cuadros de madera.*
- Cruz, G. (2019). *Sostenimiento en minería subterránea.*
<https://es.slideshare.net/slideshow/sostenimiento-en-mineria-subterranee/143560121>
- Deere. (1964). *CIVILMAC*. Clasificación geomecánica de Deere. Índice RQD (:
<https://www.civilmac.com/eadic/clasificacion-geomecanica-de-deere-indice-rqd-1967-parte-1/>
- Escalante, H. (2017). Mejoramiento del sistema de sostenimiento, con madera mediante pernos split set y malla electrosoldadas:
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/6129/Escalante_Guerra_Hernan_Amador.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espillico, E. (2023). *Minimización de costos Hydrabolt y malla electrosoldada.*
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/20272/Espillico_Chura_Emma.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Espinoza, O. (2009). "Tipología de rocas y métodos de sujeción en túneles".
ARTICULO CIENTIFICO.
- Flores, S. (2001). *Análisis y diseño de soporte en minería subterránea, Pernos de anclaje más resina en la rampa 623*.
<https://vriunap.pe/fedu/upload/2021/p00000339-4-Proy.pdf>
- Guerra, E. (2017). El trabajo de indagacion determino que usando el sistema de fortificacion con pernos Split Set y malla electrosoldada se redujen costos .
Arequipa: Mina Aurifera LeonPahuasi 6 S.A. .
- Kajin, M., & Manchao, H. (2020). *Libro digital. Soft roca mecanica y ingenieria.* :
<https://es.scribd.com/document/556310902/Soft-Rock-Mechanics-and-Engineering-pdf>
- Laurente, E. (2014). *Sostenimiento mediante el uso de pernos Split set en referencia con cuadros de madera*.
- Mamani, D. (2016). Sostenimiento de caudros de madera:
<https://es.slideshare.net/yoelzambrano1/zambrano1>
- Moutreul, H. (2023). minimizacion de costos en mina subterranea. Repositorio unap.
- Muñoz, L. (2012). *Modelo de Costos para la Valorización de planes mineros*.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112524>
- Narvaez, M. (2017). *optimizacion de sostenimiento*.
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/5126/Narvaez_Sarco_Michael_Severo.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Ozain, L. (2007). *Manejo de Costos y Producción*. PERU.
- Promine, P. (2020). empresa peruana de escala internacional que ofrece elementos de anclaje para la fortificación de terrenos, túneles y taludes generando una excelente productividad en el sector de la minería. Del Callao - Callao: Promine S.A.C.



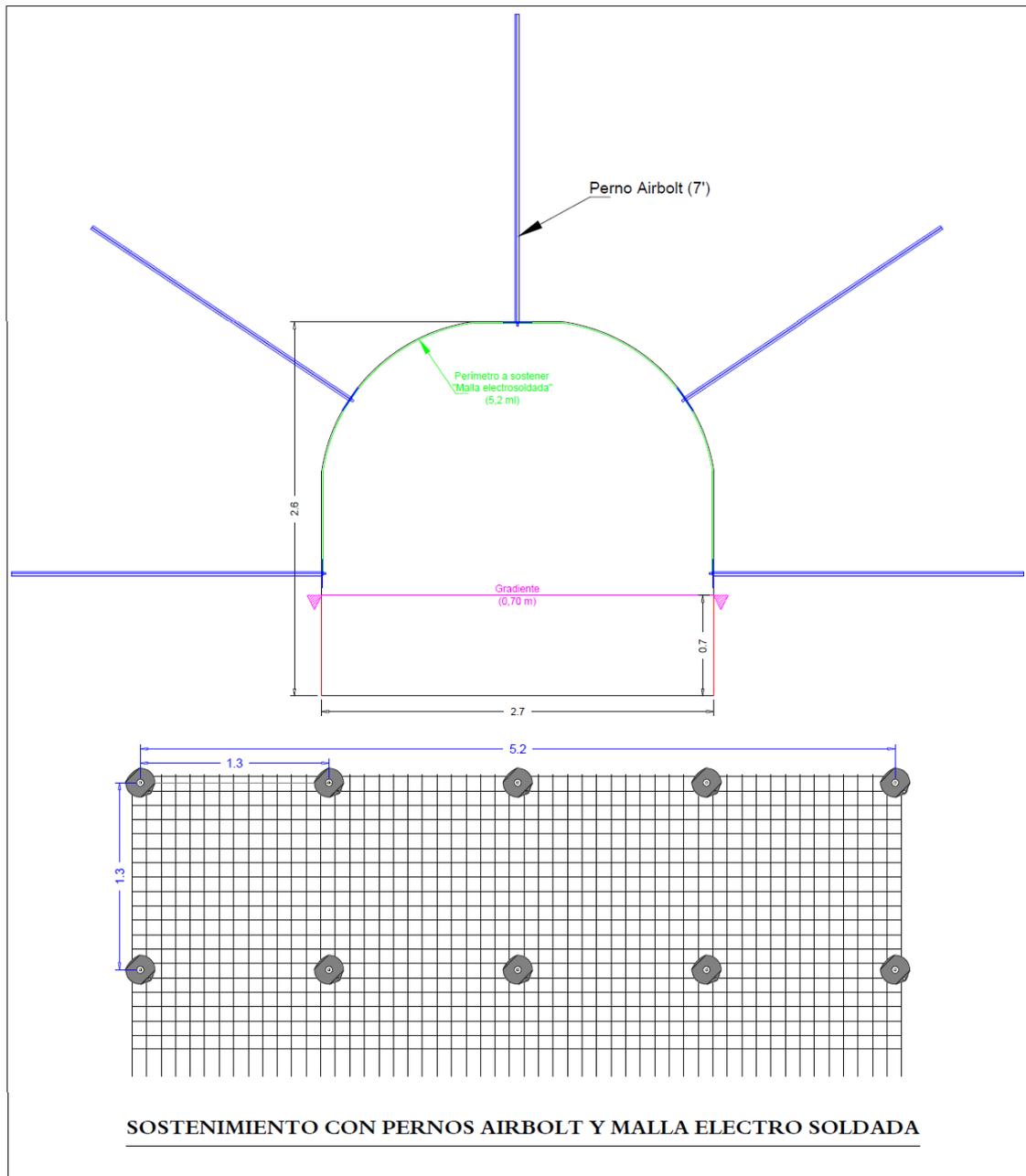
- Ramirez, P., & Mongue, L. (09 de septiembre de 2004). *Libro Digital. Mecanica de Rocas: Fundamentos e Ingenieria de taludes*:
https://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf
- Ramírez, S. (2000). *Parámetros geomecánicos para sostenimiento en minería subterránea. Área de planeamiento, Mina Catalina Huanca.*
- Sampieri, & fernandez. (2010). *Metodologia de la investigacion*:
<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista- Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Sampieri, R. (2018). *Metodologias de la investigacion rutas cuantitativas y cualitativas e mixtas*:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n._Rutas_cuantitativa__cualitativa_y_mixta-libre.pdf?1601784484=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_LAS_RUTA.pdf&Expires=
- Schwizer, P., Roth, A., & Alza, A. (2009). *Sostenimiento en minas subterráneas mediante mallas romboidales de alambre de acero de alta resistencia.*
<https://pdfcoffee.com/sostenimiento-en-minas-subterraneas-mediante-mallas-romboidales-de-alambre-de-acero-de-alta-resistencia-una-instalacion-segura-rapida-y-totalmente-mecanizada-3-pdf-free.html>
- Soncco, R. (2005). *Informe de trabajo profesional, Experiencias del empleo de sostenimiento practico minero en la CIA.* repositorio:
https://biblioteca.unap.edu.pe/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=79824
- Tapia, C. (2015). *Sostenimiento con pernos Split Set y malla electrosoldada vs cuadro de madera-. Unidad Minera Esperanza de Caravelí - Arequipa.*



ANEXOS

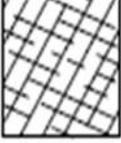
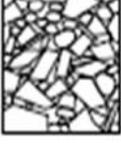


ANEXO 1. Plano de sostenimiento con perno airbolt y malla electrosoldada en una longitud de 23,70m²



| | | | | |
|---|--|----------------------|--------------|--|
| | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO | | | |
| | FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS | | | |
| | ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS | | | |
| | Empresa: UNIDAD MINERA ESPERANZA DE CARAVELÍ - AREQUIPA Fecha: Agosto - 2022 | | | |
| Plano: Sostenimiento Con Perno Airbolt y Malla Electrosoldada | | Formato: A4 | Lamina: 01 | |
| Departamento: Arequipa | Provincia: Caravelí | Distrito: Huanuhuanu | Escala: 1:35 | |

ANEXO 2. Índice de resistencia geológica (GSI)

| <p>(GSI) MODIFICADO</p> <p>De los códigos de letra que describen la estructura del macizo rocoso y la condición de las discontinuidades en tabla 1, seleccione el cuadro apropiado en esta tabla. Estime el valor típico del índice geológico de resistencia, GSI, de los contornos que muestra la Tabla. no trate de obtener un mayor grado de precisión. Indicar un rango de valores para GSI, por ejemplo de 30 a 42, es más realista que indicar un único valor por ejemplo 38</p> <p>ESTRUCTURA</p> | <p>CONDICION SUPERFICIAL</p> <p>MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E HUNDIDAS, CERRADAS. (Rc > 250 MPa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA)</p> <p>BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIBRE, ABIERTA. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>REGULAR (RESISTENTE LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIBERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>POBRE (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAMENTE ALTER.) SUPERFICIE FLUIDA O CON ESTIMACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE MIENTA SUPERFICIALEMENTE)</p> <p>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE FLUIDA Y ESTIMADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (Rc < 25 MPa) (SE DISGREGA O MIENTA PROFUNDAMENTE)</p> | | | | |
|---|---|----------------------------|----------------------------|--|--|
|  <p>LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD 75 - 90) (2 A 6 FRACT. POR METRO) (ROD = 115 - 3.3 Jn.)</p> | <p>80</p> <p>90</p> <p>85</p> <p>80</p> | | | | |
|  <p>MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (ROD 50 - 75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p> | | <p>7</p> <p>7</p> <p>6</p> | | | |
|  <p>MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (ROD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p> | | | <p>4</p> <p>4</p> <p>4</p> | | |
|  <p>INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (ROD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p> | | | <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> | | |
|  <p>TRITURADA O BRECHADA. LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN ROD)</p> | | | | <p>20</p> <p>15</p> <p>10</p> <p>5</p> | |

ANEXO 3. Índice de resistencia geológica (GSI)

| <p>SOSTENIMIENTO SEGUN G.S.I. MODIFICADO LABORES MINERAS DE EXPLORACION - DESARROLLO Y EXPLOTACIÓN (0.75 a 3.50 DE LUZ) SEGÚN SU CONDICIÓN SUPERFICIAL. <small>ACTUALIZADA A JULIO DEL 2006</small></p> | | <p>PARÁMETRO DE RESISTENCIA</p> | | | | |
|---|--|--|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| I | <p>MUY BUENA</p> <p>- NO REQUIERE DE SOSTENIMIENTO, OCASIONALMENTE PUNTALES EN TAJOS Y PERNOS EN GAL. Y CX.</p> | <p>MUY BUENA (MB) : (MUY RESISTENTE FRESCA) SUPERFICIE DE LAS FRACTURAS MUY RUGOSAS, SIN ALTERACION CERRADAS SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA (NO SE ROMPE)</p> | | | | |
| II | <p>BUENA</p> <p>-SOSTENIMIENTO SISTEMÁTICO CON PERNOS CEMENTADOS EN LABORES PERMANENTES, SPLIT SET EN LABORES TEMPORALES A 1.5 m. EM TAJOS: PERFORACIÓN EN REALCE, COLOCAR PUNTALES DE SEGURIDAD Y/O SPLIT SET SISTEMÁTICOS ESPACIADOS A 2 m.</p> | <p>BUENA (B) : (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) FRACTURAS RUGOSAS LIGERAMENTE ALTERADAS CON MANCHAS DE OXIDACION LIGERAMENTE ABIERTA (R.C. 100 a 250 Mpa) SE ROMPE CON TRES O MÁS GOLPES DE PICOTA</p> | | | | |
| III | <p>REGULAR</p> <p>-SOSTENIMIENTO SISTEMÁTICO 1.2 X 1.2m, PERNOS CEMENTADOS EN LABORES PERMANENTES, SPLIT SET EN LABORES TEMPORALES (CON MALLA OCASIONAL). EM TAJOS: COLOCACIÓN DE PUNTALES SISTEMÁTICOS Y/O SPLIT SET ESPACIADOS A 1.2 m. (CAJAS Y CORONA) CON MALLA OCASIONAL.</p> | <p>REGULAR (R) : (MODER. RESISTENTE Y ALTERADA) FRACTURAS LIGERAMENTE RUGOSAS A LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA LIGERAMENTE ABIERTA (R.C. 50 a 100 Mpa) SE ROMPE CON UNO Ó DOS GOLPES DE PICOTA.</p> | | | | |
| IV | <p>MALA</p> <p>-SOSTENIMIENTO SISTEMÁTICO C/ CUADROS DE MADERA (a 1 m), AVANCE CON MARCHAVANTES, EVALUAR ALTERNATIVA CON PERNOS CEMENTADOS SISTEMÁTICOS (1m x 1m) CON MALLA. EM TAJOS: PERFORACION HORIZONTAL, SOSTENIMIENTO CON CUADROS DE MADERA A 1.2 m Y/O PUNTALES DE SEGURIDAD SISTEMÁTICOS CON PUNTALES DE CAJA A CAJA A 1m. CON GUARDACABEZAS.</p> | <p>MALA (M) : (BLANDA MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIAS MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (R.C. 25 a 50 Mpa) SE HUNDE SUPERFICIALMENTE CON UN GOLPE DE PICOTA.</p> | | | | |
| V | <p>MUY MALA</p> <p>-SOSTENIMIENTO CON CUADROS DE MADERA ESPACIADOS A 0.5 m; ENCRIBADO Y TOPEADO, AVANCE CON MARCHAVANTES. EM TAJOS: PERFORACION HORIZONTAL, SOSTENIMIENTO CON CUADROS COMPLETOS ESPACIADOS A 0.80 m. BUEN ENREJADO Y ENCRIBADO.</p> | <p>MUY MALA (MM) : (MUY BLANDA Y EXTREMADAMENTE ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS (R.C. < a 25 Mpa) SE DISGREGA O SE HUNDE PROFUNDAMENTE CON LA PUNTA DE LA PICOTA.</p> | | | | |
| <p>PARAMETRO DE FRACTURAMIENTO</p> | | | | | | |
| | <p>LEVEMENTE FRACTURADA (LF) DE TRES A MENOS SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO MUY ESPACIADA ENTRE SI. DE 2 a 6 FRACTURAS POR METRO LINEAL (R.Q.D. 75 - 90)</p> | I LF/MB | II LF/B | II LF/R | | |
| | <p>MODERADAMENTE FRACTURADA (F) MUY BIEN AMARRADA, NO ALTERADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO. DE 6 a 12 FRACTURAS POR METRO LINEAL (R.Q.D. 50 - 75)</p> | I F/MB | II F/B | III F/R | IV F/M | |
| | <p>MUY FRACTURADA (MF) MODERADAMENTE AMARRADA, PARCIALMENTE ALTERADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO A MAS SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO. DE 12 a 20 FRACTURAS POR METRO LINEAL (R.Q.D. 25 - 50)</p> | | II MF/B | III MF/R | IV MF/M | V MF/MM |
| | <p>INTENSAMENTE FRACTURADA-FALLADA (IF) MUCHAS FRACTURAS ENTRECUSADAS, 2 a MAS FALSAS CAJAS FALLAMIENTOS PARALELOS, TODAS FORMANDO BLOQUES IRREGULARES O ANGULOSOS. MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO LINEAL (R.Q.D. 0 - 25)</p> | | | III IF/R | IV IF/M | V IF/MM |
| | <p>TRITURADA O BRECHADA (T) POCO AMARRADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA DELESNABLE, CON UNA MESCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLE, ANGULOSOS Y REDONDEADOS (SIN R.Q.D.)</p> | | | | V T/M | V T/MM |

ANEXO 4. Puntales de madera.



ANEXO 5. Cuadros de madera.





ANEXO 6. Malla electrosoldada y pernos airbolt.





ANEXO 7. (PET) Armado de cuadro de madera.

| | | | |
|---|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|
|  | Sostenimiento con Cuadros | | UNIDAD ESPERANZA |
| | Área: Rampa San Vicente | Versión:02 Página:1 | |

1. **PERSONAL.**
 - 1.1 Ing. Seguridad
 - 1.2 Jefe de Guardia
 - 1.3 Maestro enmaderador
 - 1.4 Ayudantes
 - 1.5 Peón mina.
2. **EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**
 - 2.1 Mameluco con cintas reflectivas.
 - 2.2 Protector tipo sombrero.
 - 2.3 Barbiquejo.
 - 2.4 Lentes de seguridad.
 - 2.5 Respirador.
 - 2.6 Cartucho para polvos.
 - 2.7 Protector auditivo.
 - 2.8 Guantes de nitrilo o cuero.
 - 2.9 Botas de jebe con punta de acero.
 - 2.10 Correa porta lámpara.
3. **EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES.**
 - 3.1 Lámpara minera.
 - 3.2 Flexómetro.
 - 3.3 Corvina.
 - 3.4 Azuela.
 - 3.5 Comba de 6 y 12 lbs.
 - 3.6 Trípode.
 - 3.7 Puntas.
 - 3.8 Cordel.
 - 3.9 Plomada.
 - 3.10 Formón.
 - 3.11 Lampa.
 - 3.12 02 Juegos de barretillas.
 - 3.13 Madera de acuerdo al tipo y sección de labor.
 - 3.14 Tablas.
 - 3.15 "Ues" y sogá
4. **PROCEDIMIENTO**
 - 4.1 Verificar y registrar en el Inspección Diaria de Labores (checklist): la ventilación, herramientas, tiros cortados, sostenimiento, fracturamiento del techo, hastiales y el frente de la labor.
 - 4.2 Coordinar con su compañero y con el supervisor inmediato las condiciones de la labor, dando a conocer los peligros existentes.
 - 4.3 Elegir el área a sostener.
 - 4.4 Seleccionar la madera de acuerdo al tipo de labor a sostener.
 - 4.5 Realizar orden y limpieza.
 - 4.6 Realizar el desate de rocas siguiendo los pasos descritos en el PETS de Desate de Rocas.
 - 4.7 Medir el área a sostener utilizando el flexómetro.
 - 4.8 Cuadrar el techo para armar el cuadro cónico usando la barretilla.
 - 4.9 Picar la patilla con punta y comba de 6 lbs., hasta una profundidad no menor de 0.3 metros de acuerdo al tipo de terreno.
 - 4.10 Colocar los postes sobre el tripode y cortar con la corvina, de acuerdo a la medida del terreno. Al cortar la madera el trabajador debe mantener la posición de cuclillas y usar un taco como guiador.



| | | | |
|---|----------------------------------|------------|-----------------------------|
|  | Sostenimiento con Cuadros | | UNIDAD ESPERANZA |
| | Área: Rampa San Vicente | Versión:02 | |
| | | Página:2 | |

- 4.11 Destajar usando corvina y azuela un extremo de cada poste hasta obtener tres lados y una altura de espiga de 2".
- 4.12 Destajar usando corvina y azuela ambos lados del sombrero manteniendo las caras de los destajes en la misma dirección y alineados.
- 4.13 Trasladar los elementos del cuadro preparado para su armado dependiendo del tipo de labor a sostener utilizando "Ues" y/o sogas.
- 4.14 Efectuar la limpieza del primer hoyo para levantar coordinadamente entre dos el primer poste, asegurando con tablas de 2" y un poco de carga en el hoyo.
- 4.15 Parar el segundo poste, el ayudante coge el poste y el maestro alinea con el primer poste, de igual forma aseguran provisionalmente el segundo poste con barretilla y carga en el hoyo antes de colocar el sombrero.
- 4.16 Construir el plataforma para la instalación de cuadros con secciones mayores de 7' x 7'. Para ello, usar clavos de 5" para asegurar las tablas entre el poste del cuadro anterior y el poste recién instalado. Se debe colocar dos clavos en "V" por cada punto de sujeción, seguido colocar tres tablas como mínimo sobre las tablas fijas que servirá como plataforma.
- 4.17 Colocar el sombrero sobre la plataforma.
- 4.18 Levantar el sombrero sobre los postes.
- 4.19 Revisar si los destajes efectuados entre el poste y sombrero encaja perfectamente.
- 4.20 Usar el estrobo de sogas de ¾" o "ues" acomodar en su posición el poste. Si es correcto, asegurar alrededor de la base del poste con carga.
- 4.21 En caso el sombrero no encaje, bajar para corregir el destaje.
- 4.22 Efectuar la medición entre el poste y sombrero anterior y el cuadro actual, para colocar el tirante.
- 4.23 Elegir una madera redonda de menor diámetro (6") que el poste y sombrero y cortar a la medida, de acuerdo al Estándar.
- 4.24 Alinear los postes recién instalados con los postes del cuadro anterior.
- 4.25 Preparar "topes" de madera para bloquear los postes, y proceder a su colocación a presión a la altura del poste y sombrero usando comba de 12 lbs.
- 4.26 Instalar dos tirantes en cada uno de los hastiales entre el cuadro reciente y el cuadro anterior asegurando con "topes" la misma que determina el espaciamiento entre cuadros, asegurando al poste y sombrero.
- 4.27 Una vez asegurado el cuadro, usar madera de 6" para el encribado, que consiste en colocar madera redonda paralela y perpendicular a los cuadros, hasta topear con la roca.
- 4.28 La última vuelta del "cribing" debe quedar sellado y sin abertura.
- 4.29 Preparar cuñas para bloquear los redondos con la roca de tal forma que no se mueva cuando se efectúa el disparo.
- 4.30 Bloquear los "cribing" con el techo de la labor usando cuñas.
- 4.31 Enrejar los cuadros desde el piso hasta la altura de los tirantes espaciadas 4 pulgadas con rajados y/o cantoneras.
- 4.32 Si la labor está en avance clavar una tabla de 2" a cada extremo de los cuadros

ARMADO DE CUADRO INVERTIDO

- 4.33 El cuadro invertido se armara cuando se ingresa en forma perpendicular a los cuadros colocados en una labor (subnivel o tajo).
- 4.34 Realizar el disparo dando sección para el cuadro invertido.



| | | | |
|---|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|
|  | Sostenimiento con Cuadros | | UNIDAD ESPERANZA |
| | Área: Rampa San Vicente | Versión:02 Pagina:3 | |

- 4.35 Colocar la guardacabeza sobre los largueros del cuadro base.
 - 4.36 Medir el área lateral a sostener, en dirección perpendicular a los cuadro(s) base anteriores (sub nivel o tajo).
 - 4.37 De acuerdo a la dimensión del área a sostener, el cuadro invertido debe cubrir la sección de los cuadro(s) base
 - 4.38 Colocación de soleras cuando exista diferencia de nivel de piso
 - 4.39 Armar el cuadro invertido pegado al cuadro base anterior, donde el sombrero del cuadro invertido estará paralelo al tirante(s) del cuadro(s) base anterior.
 - 4.40 Los postes del cuadro invertido deben estar alineados con los postes del cuadro base.
 - 4.41** Realizar el procedimiento de armado de cuadro para armar el cuadro invertido.
 - 4.42** Asegurar los elementos del cuadro invertido para realizar el disparo en dirección perpendicular a los cuadro(s) base.
 - 4.43 Trasladar las herramientas a los percheros.
 - 4.44 Trasladar los residuos de madera a un punto de acopio predeterminado para su reutilización o disposición final.
- 5. RESTRICCIONES**
- 5.1 No realizar el sostenimiento con cuadro si no se cuenta con la dimensión adecuada de madera
 - 5.2 No realizar el sostenimiento si falta colocar la guardacabeza.
 - 5.3 No colocar "topes" en los tirantes.
 - 5.4 No colocar "topes" que sujete solo al poste o sombrero.



ANEXO 8. (PET) Armado del perno Airbolt y malla electrosoldada.

| | | | |
|---|---|------------------------------|---|
|  | PROCEDIMIENTO SOSTENIMIENTO CON MALLA ELECTROSOLDADA Y AirBolt | | UNIDAD ESPERAMZA DE CARAVELÍ |
| | Área: Rampa San Vicente | Versión:01 Página: 1 de 2 | |

1. PERSONAL:

- 1.1 Ing. Seguridad
- 1.2 Jefe de Guardia
- 1.3 Supervisor
- 1.4 Maestro Perforista
- 1.5 Ayudantes del Perforista

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1 Lámpara Minera
- 2.2 Overol con cintas reflectivas.
- 2.3 Protector tipo sombrero.
- 2.4 Barbiquejo.
- 2.5 Lentes de seguridad.
- 2.6 Respirador.
- 2.7 Cartucho para polvos.
- 2.8 Protector auditivo.
- 2.9 Guantes de nitrilo, cuero o neoprene.
- 2.10 Botas de jebe con punta de acero.
- 2.11 Ropa de jebe.
- 2.12 Correa porta lámpara.

3. HERRAMIENTAS / MATERIALES.

- 3.1 Máquina perforadora jack leg con juego de barra de avance.
- 3.2 Juego de barrenos de 2, 4 y 6 pies con brocas y sus discos de jebe.
- 3.3 02 Juegos de barretillas: 4, 5, 6 y 8 pies.
- 3.4 Airbolt con su plancha
- 3.5 Adaptador de Airbolt.
- 3.6 Llave stilson N° 14
- 3.7 Comba de 6 Lb
- 3.8 Saca barreno
- 3.9 Aceitera
- 3.10 Perchero portaherramientas
- 3.11 Pintura
- 3.12 Manguera de ½" y de 1" 25 mts de cada uno.
- 3.13 Lampa, pico
- 3.14 Cizalla.
- 3.15 Flexómetro.
- 3.16 Malla electrosoldada
- 3.17 Sujetador de malla
- 3.18 Ranas de acero corrugado.

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1 El Perforista y Ayudante cumplirán con la orden impartida por el supervisor en el formato de inspección diaria de labor, donde se indicará tipo de roca y sostenimiento de acuerdo a la clasificación geomecánica.
- 4.2 El Perforista y Ayudante realizarán la identificación de peligros llenando el formato de IPERC-Continuo. Aplicar las medidas de control identificadas.
- 4.3 El Perforista y Ayudante en coordinación realizarán el desatado de rocas de la labor de acuerdo al Pets de Desatado de rocas en labores.
- 4.4 El Perforista verificará la zona a sostener, el piso debe estar nivelado y a una altura adecuada para colocar el sostenimiento con Malla y Perno Airbolt de lo contrario se debe implementar una plataforma o piso para sostener.
- 4.5 El Perforista y Ayudante en coordinación trasladarán el equipo, materiales y herramientas a utilizar.



| | | | |
|---|---|------------------------------|-----------------------------------|
|  | PROCEDIMIENTO SOSTENIMIENTO CON MALLA ELECTROSOLDADA Y AirBolt | | UNIDAD ESPERANZA |
| | Área: Rampa San Vicente | Versión:01 Página: 2 de 2 | DE CARAVELÍ |

- 4.6 El Supervisor debe garantizar el pintado de la malla de perforación para la colocación del sostenimiento con Malla y Airbolt
- 4.7 El Perforista y Ayudante en coordinación desenrollarán la malla electrosoldada con la punta dirigido hacia el piso, cortar la malla requerida con la cizalla, eliminando las puntas sobresalientes.
- 4.8 El Perforista y Ayudante realizarán el sostenimiento en avanzada, perforar siempre desde una zona ya sostenida.
- 4.9 El Perforista y Ayudante en coordinación presentarán la malla en el área a sostener utilizando los bastidores (el ángulo de caída de los bastidores debe ser contraria a la posición del personal), luego inicie la perforación desde el centro de la corona, teniendo en cuenta la dirección e inclinación del taladro con respecto a la estructura o falla.
- 4.10 El Perforista tendrá en cuenta que los taladros a perforar deben ser perpendiculares a las discontinuidades (fallas y fracturas) y estar en el rango de diámetro de broca de 36 mm (mínimo) a 38mm (máximo).
- 4.11 El Perforista en coordinación con el Ayudante procederán a sellar el traslape de la malla con las ranas.
- 4.12 Para colocar el perno Airbolt el Perforista siempre perforará medio pie más que la longitud total del perno. Por ejemplo para colocar un Airbolt de 7 pies, perforar 7 pies y medio, luego se hará el primer taladro desde la parte sostenida. Comenzar siempre a sostener por la corona y continuar hacia los hastiales.
- 4.13 El Perforista y Ayudante tendrá en cuenta la secuencia de sostenimiento será "Taladro Perforado, perno Colocado". Practicar obligatoriamente el REDESATADO durante el sostenimiento.
- 4.14 El Perforista tendrá en cuenta que el perno Airbolt deberá ser presentado e ingresado a presión con la ranura hacia abajo utilizando el adaptador para Airbolt. De presentarse cuñas inestables en la corona el supervisor realizará la evaluación del tipo de sostenimiento.
- 4.15 El Perforista tendrá en cuenta que la platina del Airbolt debe quedar pegada y en total contacto con la roca, y quedará sostenido la labor hasta el tope antes de continuar con su avance, cumpliendo con la política "tramo avanzado, tramo sostenido"
- 4.16 El Perforista y ayudante al final de la guardia dejarán la labor ordenada y limpia cumpliendo con la clasificación de residuos sólidos.

5 RESTRICCIONES:

- 5.1 No perforar si no se cuenta con el juego completo de barrenos en labor
- 5.2 No perforar si no cuenta con juego de barra de avance de perforación.



ANEXO 9. Declaracion jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MARCO ANTONIO RAMIREZ CHURA,
identificado con DNI 70756176 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA DE MINAS

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"MINIMIZACION DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE PERNOS AIRBOLT
Y MALLA ELECTROSOLDADA EN LA PAMPA SAN VICENTE DE LA UNIDAD
MINERA ESPERANZA DE CARAVELI - AREQUIPA"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 23 de MAYO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 10. Autorización para el depósito de tesis o trabajo de investigación en el repositorio institucional.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MARCO ANTONIO RAMIREZ CHURA
identificado con DNI 70756176 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA DE MINAS

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"MINIMIZACION DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE PERNOS AIRBOLT
Y MALLA ELECTROSOLDADA EN LA RAMPA SAN VICENTE DE LA UNIDAD
MINERA ESPERANZA DE CARAUELI - AREQUIPA"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 23 de MAYO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella