



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO EN LA  
GALERÍA SAN ANTONIO DE LA MINERA AURÍFERA CUATRO  
DE ENERO S.A. - AREQUIPA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. HORACIO ROQUE MURILLO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



NOMBRE DEL TRABAJO

**MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO EN LA GALERÍA SAN ANTONIO DE LA MINERA AURÍFERA CUATRO DE EN**

AUTOR

**HORACIO ROQUE MURILLO**

RECuento DE PALABRAS

**9002 Words**

RECuento DE CARACTERES

**47053 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**62 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 11, 2023 12:22 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 11, 2023 12:23 PM GMT-5**

● **16% de similitud general**

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

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% 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
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 18 palabras)



  
Ing. David Velasquez Medina  
DOCENTE F.I.M. - UNA



## DEDICATORIA

*A mis distinguidos padres Victoria Murillo que está en el cielo y Juan Roque, por su apoyo desinteresado a mi persona para la culminación de mis estudios superiores hasta lograr mi título profesional como Ingeniero de Minas.*

*A mis queridos hijos Diana, Nicole y Stiven que son la fuente de mi inspiración y superación constante a seguir adelante.*

*A mis hermanos Orlando y Verónica quienes me dieron fuerza y valor en los momentos más difíciles en cada etapa de mi vida estudiantil hasta concluir y obtener mi título profesional.*

***Horacio.***



## AGRADECIMIENTO

*Primero, mi gratitud a Dios omnipotente creador del universo y la vida, por conceder salud y conocimiento para culminar mis estudios superiores.*

*A mi Alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por permitir las aulas universitarias para mi formación académica y profesional para lograr mi profesión.*

*A la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, al personal docente y administrativo por haber impartido los conocimientos académicos y científicos; y orientación vocacional para mi formación profesional como Ingeniero de Minas.*

*Mi especial agradecimiento al Superintendente de la Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A. – Arequipa, por haber permitido realizar el presente trabajo de investigación.*

.

**Horacio.**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**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. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 17**

**1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 17**



1.5.1. Objetivo general .....	17
1.5.2. Objetivos específicos.....	17

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.2.1. Fortificación en la minería subterránea .....	22
2.2.2. Sostenimiento con cuadros de madera .....	22
2.2.3. Duración de la madera en mina .....	23
2.2.4. Recomendaciones del sostenimiento con cuadros de madera .....	24
2.2.5. Espaciamiento entre cuadros de madera.....	25
2.2.6. Pernos para sostenimiento .....	25
2.2.7. Split set.....	26
2.2.8. Malla electrosoldada.....	29
2.2.9. Gestión de Costos .....	30
2.2.10. Costos directos.....	31
2.2.11. Costos indirectos .....	31
2.2.12. El costo operativo .....	31
2.2.13. Costo de oportunidad.....	32
2.2.14. Macizo rocoso .....	32
2.2.15. Clasificación del macizo rocoso.....	32
2.2.16. Resistencia de la roca .....	33



2.2.17. RQD.....	33
2.2.18. El RMR.....	35
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>36</b>
2.3.1. Fortificación .....	36
2.3.2. Labores mineras.....	36
2.3.3. Puntales de madera .....	36
2.3.4. Cuadros de madera .....	36
2.3.5. Geomecánica .....	36
2.3.6. Perforación .....	36
2.3.7. Pernos Split set .....	37
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>38</b>
3.1.1 Accesibilidad .....	38
<b>3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.....</b>	<b>39</b>
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>39</b>
3.4.1. Población .....	39
3.4.2. Muestra .....	39
3.4.3. Muestreo .....	40
<b>3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO .....</b>	<b>40</b>
3.5.1. Tipo de investigación .....	40



3.5.2. Alcance de la investigación .....	40
<b>3.6. PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>40</b>
<b>3.7 VARIABLES .....</b>	<b>41</b>
3.7.1. Variable independiente .....	41
3.7.2. Variable dependiente .....	41
<b>3.8. ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>56</b>

**Área:** Ingeniería de Minas

**Tema:** Análisis de costos mineros y comercialización de minerales

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 19 julio del 2023





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Acceso a la zona de investigación .....	38
<b>Tabla 2.</b> Operacionalización de variables .....	41
<b>Tabla 3.</b> Cálculo del PU del cuadro completo .....	44
<b>Tabla 4.</b> Precio Unitario de instalación de Split Set de 5pies .....	46
<b>Tabla 5.</b> Comparación de costos en sostenimiento galería San Antonio .....	47
<b>Tabla 6.</b> Estadística descriptiva de los costos en sostenimiento .....	48
<b>Tabla 7.</b> Prueba t de student para el sostenimiento en galería San Antonio .....	49



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Componentes de un cuadro de madera.....	23
<b>Figura 2.</b> Tipos de peros para sostenimiento. ....	26
<b>Figura 3.</b> Perno Split set.....	27
<b>Figura 4.</b> Mecanismos de anclaje de Split set.....	28
<b>Figura 5.</b> Malla electrosoldada .....	30
<b>Figura 6.</b> Medición del RQD .....	34
<b>Figura 7.</b> Parámetros que afectan en el PU de un cuadro completo .....	44
<b>Figura 8.</b> Parámetros que afectan en el PU de la instalación del Split set .....	47
<b>Figura 9.</b> Reducción del costo de sostenimiento en la galería San Antonio.....	48



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Ubicación de la U.E.A. Cuatro horas - MACDESA.....	56
<b>Anexo 2.</b> Sostenimiento con cuadro de madera .....	57
<b>Anexo 3.</b> Sostenimiento con Split set y malla electrosoldada.....	58
<b>Anexo 4.</b> Tabla geomecánica según GSI modificado.....	59
<b>Anexo 5.</b> GSI modificado.....	59
<b>Anexo 6.</b> Procedimiento para el sostenimiento con cuadros de madera .....	60
<b>Anexo 7.</b> Procedimiento para sostenimiento con Split set y malla electrosoldada .....	62



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>S.A.C.</b>	: Sociedad Anónima Cerrada
<b>S.A.</b>	: Sociedad Anónima
<b>U.T.M</b>	: <i>Universal Transversal Mercator</i>
<b>m.s.n.m</b>	: metros sobre el nivel del mar
<b>Tm</b>	: tonelada métrica
<b>km</b>	: kilómetro
<b>m</b>	: metro
<b>mm</b>	: milímetro
<b>m<sup>2</sup></b>	: metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	: metro cúbico
<b>RMR</b>	: <i>Rock Mass Rating</i>
<b>RQD</b>	: <i>Rock Quality Designation</i>
<b>GSI</b>	: <i>Geological Strength Index</i>



## RESUMEN

La empresa Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa vino desarrollando la galería San Antonio de una sección en 1,80 m x 2,10 m en un tipo de roca intermedia (tipo 3) donde se aplicó sostenimiento con cuadros de madera llegando hasta los 115 \$/cuadro debido al consumo excesivo de madera en el encribado, empaquetado de los hastiales y al bajo rendimiento del personal generando un costo elevado respecto al Precio Unitario establecido por la empresa minera. El objetivo fue minimizar el costo de sostenimiento mediante el cambio de sostenimiento en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. – Arequipa. Aplicando el enfoque cuantitativo y un diseño pre experimental ya que se manipuló la variable independiente, cambiando el tipo de sostenimiento en lugar de los cuadros de madera se instaló Split set y malla electrosoldada en la galería San Antonio, se determinaron los costos de sostenimiento con cuadros así mismo para el sostenimiento con Split set y malla electrosoldada en una longitud lineal de 60 m de muestra, 30 m con cuadros de madera y 30 m con pernos Split set y malla electrosoldada, posteriormente se hizo una comparación de los costos para saber la minimización del costo de sostenimiento. Los principales resultados que se encontraron fueron que el sostenimiento con cuadros de madera fue igual a 3147.9 \$ y el costo de sostenimiento con Split set y malla electrosoldada igual a 957.15 \$ en un análisis de los 30 metros para cada tipo de sostenimiento en la galería San Antonio. Concluyendo que al cambiar el tipo de sostenimiento de cuadros de madera a pernos Split set y malla electrosoldada se minimiza el costo de sostenimiento en 2190.75 \$ haciendo la comparación en 30 metros de longitud para cada tipo de sostenimiento en la galería San Antonio.

**Palabras clave:** Costos, cuadros de madera, galería, sostenimiento, Split set



## ABSTRACT

The company Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa came developing the San Antonio gallery of a section in 1.80 m x 2.10 m in a type of intermediate rock (type 3) where support was applied with wooden frames reaching up to 115 \$ / frame due to excessive consumption of wood in the screeding, packaging of the gables and the low performance of the staff generating a high cost compared to the unit price established by the mining company. The objective was to minimize the cost of support by changing the support in the San Antonio gallery of Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa. Applying the quantitative approach and a pre-experimental design since the independent variable was manipulated, changing the type of support instead of wooden frames, Split set and electrowelded mesh were installed in the San Antonio gallery, the costs of support with frames were determined as well as for the support with Split set and electrowelded mesh in a linear length of 60 m of sample, 30 m with wooden frames and 30 m with Split set bolts and electrowelded mesh, later a comparison of the costs was made to know the minimization of the cost of support. The main results that were found were that the support with wooden frames was equal to \$3147.9 and the cost of support with split set and electrowelded mesh was equal to \$957.15 in an analysis of the 30 meters for each type of support in the San Antonio gallery. The conclusion is that by changing the type of support from wood frames to Split set bolts and electrowelded mesh, the cost of support is minimized by \$ 2190.75 making the comparison in 30 meters of length for each type of support in the San Antonio gallery.

**Keyword:** Costs, wooden frames, gallery, support, split set.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. – Arequipa, desarrolla la galería San Antonio que tuvo programado 380 m de avance lineal con una sección de 1,8 m x 2,1 m, en un tipo de roca intermedia donde el sostenimiento que realizaba en dicha labor fueron con cuadros completos, encontrando muchos problemas lo más resaltante el costo elevado de sostenimiento con cuadro llegando a 115 \$/cuadro según el reporte del área de costos de la empresa, por otra parte en el PU considera un rendimiento de 2 cuadros por guardia, sin embargo no se cumplía en algunas guardias.

Las causas del problema fueron la falta de sección para armar los cuadros, en algunos puntos la sobre rotura y el consumo excesivo de madera en el encribado y empaquetado de los hastiales, por falta de la habilidad de los trabajadores y por la utilización de herramientas manuales desgastadas.

De continuar con el sostenimiento con cuadros de madera el avance de la galería sería más lento y los costos en el sostenimiento se incrementarían cada guardia, motivo por el cual se decide realizar un análisis del costo de sostenimiento con cuadros en una longitud de 30 metros de avance lineal para cambiar el tipo de sostenimiento utilizando pernos Split set con malla electrosoldada con la finalidad de minimizar los costos en el sostenimiento de la galería San Antonio.

Por lo tanto, se proponen las siguientes preguntas.



## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿Cómo minimizar el costo de sostenimiento en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

¿Cuál es el costo de sostenimiento utilizando cuadros de madera en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa?

¿Cuál es el costo de sostenimiento utilizando Split set y malla electrosoldada en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa?

## **1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis general**

Mediante el cambio de tipo de sostenimiento se minimiza el costo de sostenimiento en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa.

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

El costo de sostenimiento con cuadros de madera es superior al sostenimiento con Split set y malla electrosoldada en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa.

El costo de sostenimiento con Split set y malla electrosoldada es inferior al sostenimiento con cuadros de madera en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa.





## **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El trabajo de investigación fue importante en la empresa Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. – Arequipa, ya que el yacimiento de oro posee una potencial de 476 285 Tm de reserva probada y 238 143 Tm de reserva probable con una ley promedio 6,78 g/t según la información del área de geología, la galería permitirá preparar la mina para poder explotar el mineral valioso.

El trabajo de investigación se realizó porque se encontró un elevado costo en el sostenimiento con cuadros de madera en la galería San Antonio llegando hasta los 115 \$/cuadro, sin embargo, lo que se contempla en el PU es 104,93 \$/cuadro con un rendimiento de 2 cuadros por guardia.

El tipo de justificación del trabajo de investigación presenta una justificación práctica ya que soluciona el problema del costo elevado del sostenimiento en la galería San Antonio mediante el cambio de sostenimiento utilizando Split set con malla electrosoldada previa aprobación del área de geomecánica y superintendencia sin generar retraso alguno en el avance de la galería.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

Minimizar el costo de sostenimiento mediante el cambio del tipo de sostenimiento en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. – Arequipa.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Determinar el costo de sostenimiento utilizando cuadros de madera en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa



Determinar el costo de sostenimiento utilizando Split set y malla  
electrosoldada en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero  
S.A. - Arequipa



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Quispe & Portal (2021) manifiestan que los diseños de sostenimiento se basaron principalmente en la calidad del macizo rocoso, en las labores temporales se tiene presencia de roca mala, regular, buena y muy buena para lo cual se aplicó la metodología del cálculo del RMR de  $<40$ ,  $>40$ ,  $>41$  y  $50 - 60$  respectivamente, los diseños de sostenimiento al igual que en las labores temporales se basaron en la calidad de la roca presente en el macizo rocoso, en las labores permanentes se tiene presencia de roca muy mala, mala y regular con RMR de  $21 - 40$ ,  $<40$  y  $30 - 50$  respectivamente.

Canahua (2021) afirma que la metodología de la caracterización geomecánica determinó y diseñó el tipo de sostenimiento con cimbras metálicas debido a que esta zona presentaba un tipo de roca de mala a muy mala; reduciendo así los accidentes e incidentes en la galería 815 Esperanza, además de que se mejoró la productividad debido a que no se tenían demoras operativas como las que se tenía con el sostenimiento con cuadros de madera, para lograr un adecuado sostenimiento se requiere que el mapeo geomecánico se haga con el personal idóneo, capacitado, así mismo darle más énfasis a la implementación de equipos para realizar estudios geomecánicos del macizo rocoso in situ y en gabinete.

Mejía (2020) seleccionó el sostenimiento por cuadros de madera por las condiciones en la que se encuentra la galería principal, por lo que, el método de un estudio geomecánico determinó los puntos críticos en la que fue necesario la implementación de los cuadros de madera, se estableció controles de seguridad,



geomecánica y sostenimiento con el propósito de evitar accidentes en las labores mineras, de tal manera que los trabajadores realicen sus faenas de manera segura y no afecte en su integridad.

Alva (2019) logró optimizar el sostenimiento con pernos helicoidales y Split set de 5 pies mediante la aplicación del método control de calidad durante todo el proceso de instalación, ya que cuando se realiza los controles de calidad desde la compra hasta después de su instalación, se logra que las barras helicoidales y Split sets sean mejor instalados y así sean más eficientes en el sostenimiento de labores en la zona Valeria I.

Vela (2019) sustenta su método comparativo donde el tiempo que demora realizar el sostenimiento con cuadros de madera frente al sostenimiento con pernos Split Set y malla electro-soldada, ya sea en los factores de seguridad que ofrece el sostenimiento con cuadros frente al sostenimiento con perno y malla, así mismo en la calidad de macizo rocoso que mayormente se encuentra en los tajos de CMH veta Victoria. Para dar mayor respaldo al estudio haremos la comparación en los costos de ambos elementos, y finalmente compararemos los beneficios que trae consigo este nuevo método de sostenimiento.

Muñoz (2019) señala que, al realizar el método de sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje, se obtiene una mejora en la recuperación de mineral anual de 107 151.51 Tn, elevándose a 169 656.55 Tn, teniendo un incremento de 62 505.04 Tn, el cual mejora la productividad de la Unidad Económica Administradora Cerro S.A.C. en un 58.33%.

Giraldo (2018) señala que, en su método práctico, los Split Sets no se acoplan completamente en las paredes del taladro o tubo simulador, se generan franjas de aberturas y su ranura no se cierra completamente en diámetro de 38 mm, pasado un



tiempo después de su instalación, estos pernos se aflojan dejando o reduciendo su capacidad de anclaje.

Gonzalez (2018) ha demostrado con su metodología conceptualmente que para una roca regular IIIB en condiciones de esfuerzo de bajo a moderadas que los pernos Split set 7' logran una capacidad de anclaje eficiente con un factor de seguridad de 1.8, en Huanzalá macizos rocosos tipo IIIB aproximadamente representan el 40% del total de labores, lo cual conlleva a un elevado consumo de shotcrete; en base a ello se puede calcular al menos 180 m lineales de reemplazo del sostenimiento con malla y Split set en reemplazo de shotcrete y pernos cementados llevando a un ahorro aproximado de US\$ 9720 mensuales.

Toledo et al., (2018) el método Shot-Fer tiene las siguientes ventajas sobre el Shotcrete combinado con el bulonado con diferentes pernos de roca: no ha registrado accidentes fatales e incapacitantes por no requerir la perforación en rocas deleznable como para la colocación de pernos de roca; es 20% por metro lineal de avance más barato que el Shotcrete bulonado; no requiere de máquinas costosas y perforadoras como el bulonado.

Escalante (2017) al aplicar la metodología comparativa de costos determinó el costo total de 20.27 U\$/TM en el sostenimiento con cuadros de madera en las labores de explotación y un costo total de 19.04 U\$/TM con el sistema de sostenimiento mecanizado de los pernos Split set y malla electrosoldada, cuya diferencia es de 1.23 US\$/TM de mineral explotado.

Chatata (2016) menciona que, al aplicar un método comparativo para lo cual en veta Glorita 2, Jimena, se realiza la voladura en tajeos con Emulsión 45% y 65% donde el sostenimiento es con cuadros de madera; Sin embargo para tener tajos requerimos de



labores de exploración, preparación y desarrollo, la voladura con Emulsión de 45%, 65% y 80%, el sostenimiento es con pernos helicoidales cementados y malla electrosoldada utilizando la bomba lechera obteniendo bajos rendimientos y productividad en el ciclo minado, que es motivo del proyecto.

Laurente (2014) afirma que al realizar la comparación del sostenimiento en la labor se determinó que, 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.

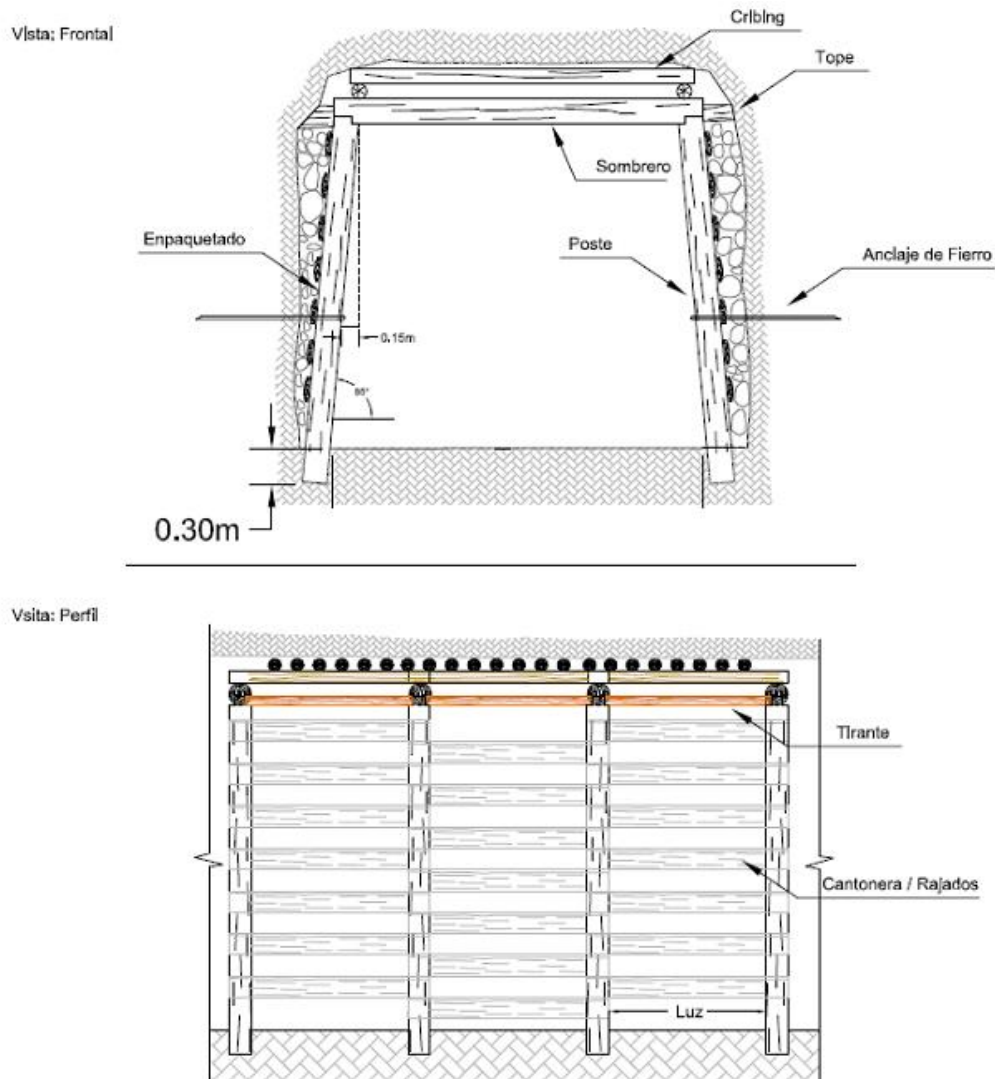
## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Fortificación en la minería subterránea**

Según Llanque (2015) manifiesta que la fortificación en interior mina tiene el objetivo de mantener abierta las labores mineras de manera segura para el personal y para los equipos, durante la ejecución de las labores de exploración, preparación y explotación. El mejor sostenimiento es considerado el que está relacionado al más económico considerando la compra, transporte, instalación, seguridad y durabilidad.

### **2.2.2. Sostenimiento con cuadros de madera**

Para Llanque (2015) afirma que el sostenimiento con cuadros de madera está conformado por varias partes, lo más importante son dos postes y un sombrero, si las presiones son de techo se instala cuadros rectos, por otra parte si las presiones son de los hastiales se instala cuadros cónicos.



**Figura 1.** Componentes de un cuadro de madera

Fuente: Llanque (2015).

### 2.2.3. Duración de la madera en mina

Según Llanque (2015) cuando se aplica la madera como un tipo de sostenimiento en labores permanentes esta deberá encontrarse seca así mismo con un tratamiento para que tenga una mayor durabilidad. Por otra parte, la madera en interior mina tiene una durabilidad muy diferente según a las condiciones del ambiente como, por ejemplo:

- La madera seca tiene mayor durabilidad que una madera verde.



- La madera descortezada tiene mayor durabilidad que una madera mantiene su corteza.
- La madera que pasó por un tratamiento de curación con productos químicos para evitar su descomposición presenta mayor durabilidad que una madera que no ha sido tratada.
- La madera en una zona que tiene buena ventilación presenta mayor durabilidad que en una zona sin ventilación donde exista calor o una zona húmeda.

#### **2.2.4. Recomendaciones del sostenimiento con cuadros de madera**

Para Escalante (2017) el sostenimiento con cuadros de madera tiene las siguientes recomendaciones:

- La estructura debe colocarse lo más cerca posible del frente para que solo sea posible un ajuste mínimo del suelo antes de la colocación.
- Debe ser rígido para minimizar el reajuste posterior a la inserción.
- La estructura debe constar de partes que sean fáciles de construir, procesar e instalar.
- Las partes de la estructura sujetas a la mayor presión o impacto deben tener características y ubicaciones tales que minimicen su efecto sobre la estructura principal misma.
- Deben interferir con la ventilación lo menos posible y no deben crear un riesgo de incendio.
- Su costo debe ser tan bajo como lo permita un buen desempeño.





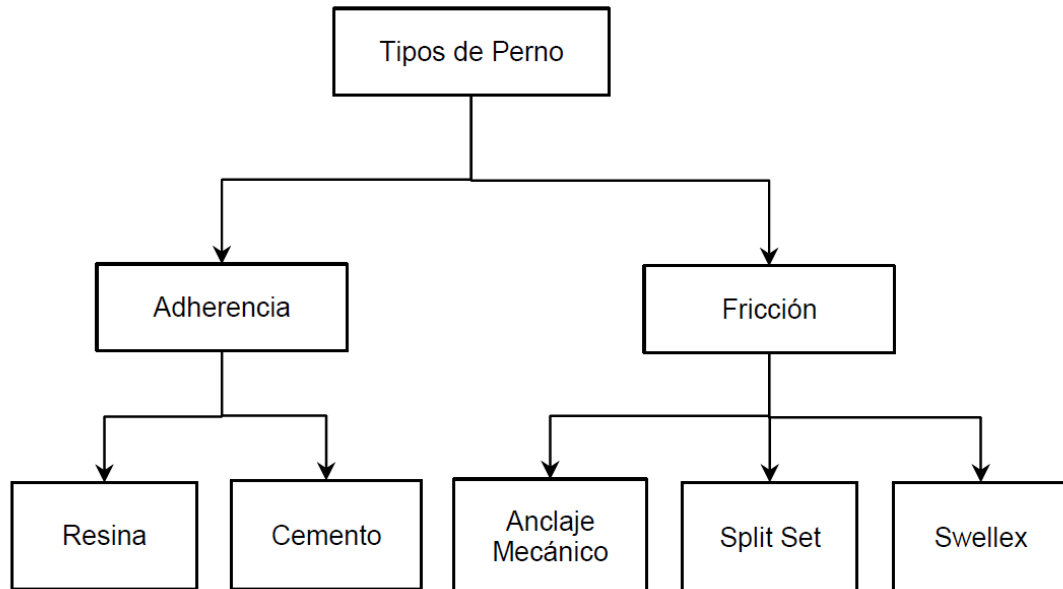
### **2.2.5. Espaciamiento entre cuadros de madera**

Según Llanque (2015) la dimensión de los tirantes determina la separación de cuadros en una determinada labor minera, el espaciamiento depende, principalmente de la clase de terreno a sostener. A manera de guía recomienda los siguientes espaciamientos.

- Terrenos fracturados : de 5 a 6 pies
- Terrenos quebrados (alterados) : de 3 a 4 pies.
- Terrenos molidos o arcillosos : de 2 a 3 pies

### **2.2.6. Pernos para sostenimiento**

Brugos (2015) menciona que el uso de pernos se ha convertido en uno de los métodos de refuerzo más comunes en minería e ingeniería civil debido a su versatilidad, lo que les permite ser utilizados en una amplia variedad de condiciones geológicas y de ingeniería. Actualmente, existen diversas opciones disponibles según las necesidades, que ofrecen excelentes relaciones costo-beneficio, fácil instalación y posibilidad de combinar con otros métodos (malla, granalla, hormigón, etc.). Los tornillos se diferencian por sus características, construcción y forma de interacción con el macizo rocoso, determinando así la clasificación en dos grandes grupos.

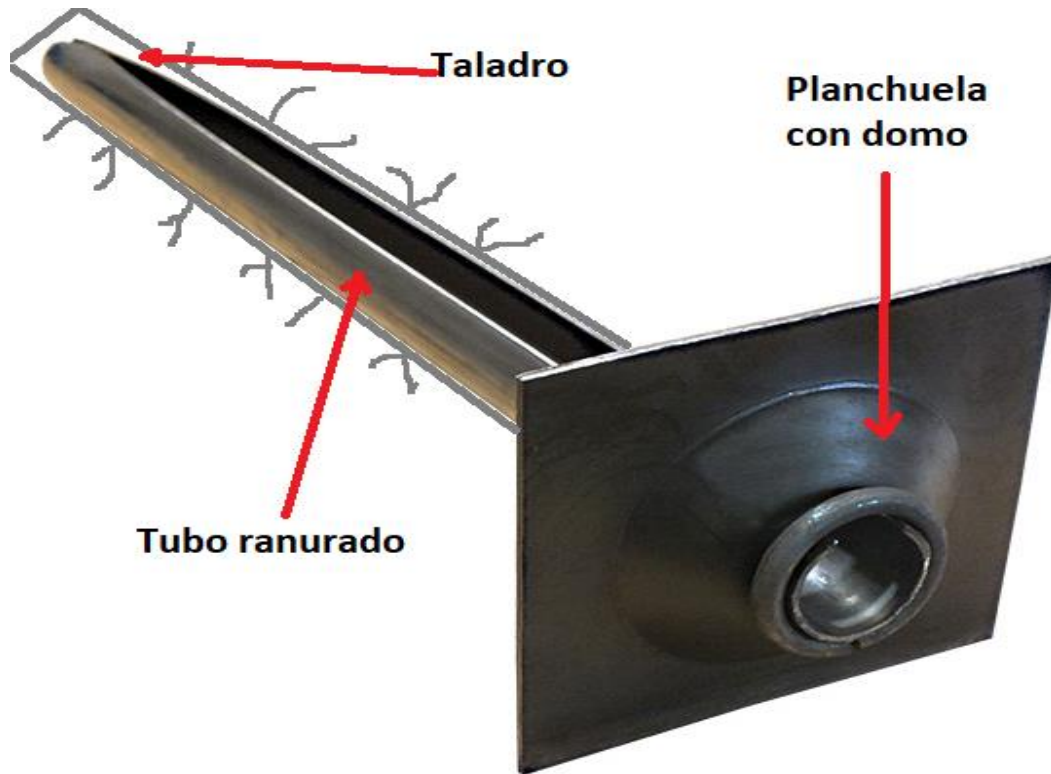


**Figura 2.** Tipos de peros para sostenimiento.

Fuente: Brugos (2015).

### 2.2.7. Split set

Según Llanque (2015) menciona que los pernos split set se refieren a una marca que fue registrada por la empresa Ingersoll Rand Comp. (EE.UU.) y está constituido principalmente por un tubo de 2,3 mm de espesor que tiene una ranura longitudinal de un diámetro superior que el taladro donde será anclado. Su proceso de instalación basta con introducir a presión el Split set en el taladro donde debe ser anclado su trabajo inicia desde que se introduce el Split set siendo un sostenimiento activo.



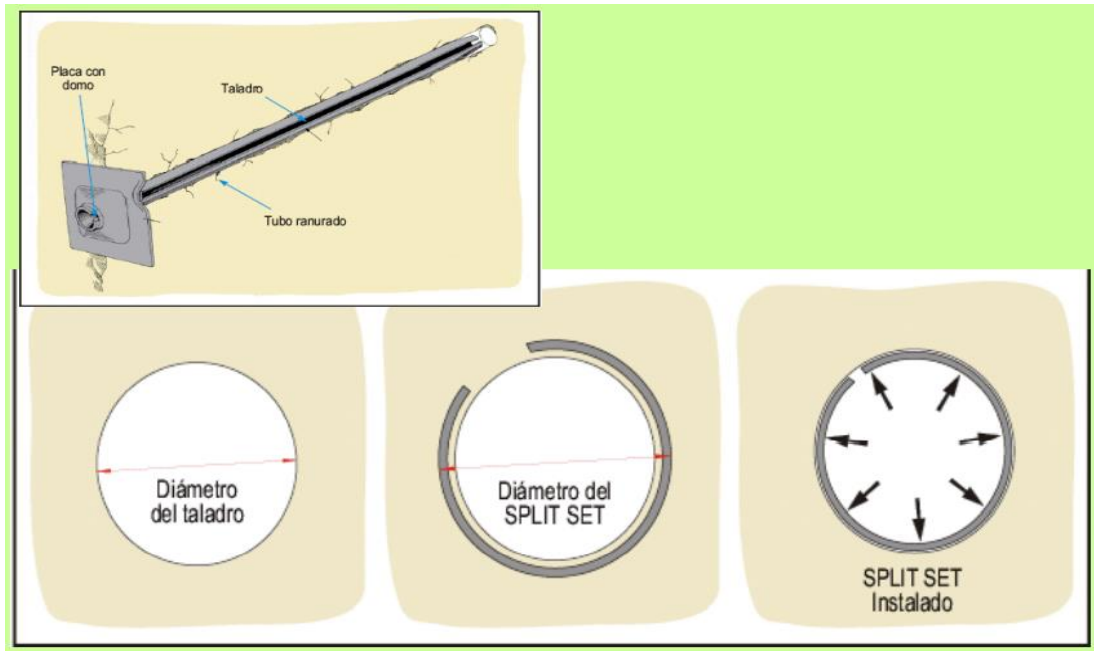
**Figura 3.** Perno Split set.

Fuente: Llanque (2015).

***Algunas características del Split set son:***

Capacidad	: 8 tn
Diámetro original	: 39 mm
Colocación	: muy buena
Diámetro de perforación	: 36 mm
Garantía de anclaje	: Buena
Eficacia	: Inmediata
Aplicaciones	: > a roca regular

Los Split set conjuntamente con los swellex, representan el más reciente desarrollo de técnicas de reforzamiento de roca, ambos trabajan por fricción (resistencia al deslizamiento) a lo largo de toda la longitud del taladro. Aunque los dos trabajan con el mismo principio, tienen diferentes mecanismos de sostenimiento.



**Figura 4.** Mecanismos de anclaje de Split set

Fuente: Mendieta (2014)

#### ***Parámetros de un Split set***

- Diámetros: 39 mm
- Longitud: desde 3', 4', 5', 6', 7', 8', 10'.
- Resistencia: de 1 a 1.5 toneladas/ pie de longitud, dependiendo principalmente del diámetro de taladro y del tipo de la roca.
- Tipo de roca: regular a mala, en roca intensamente fracturada y débil no es recomendable su uso.
- Instalación: requiere una máquina jackleg o un jumbo, una presión de aire de 60 a 80 psi.
- Diámetro perforado del taladro: es crucial para su eficacia, es recomendable que para un Split set de 39mm lo recomendable es 35 a 38 mm de diámetro del taladro perforado.



- **Ventajas**

- Los Split set permiten un deslizamiento importante antes de la rotura y consiguen un efecto de carga inmediato.
- Estos pernos debido a su función como anclaje de la resina rápida, permiten la resistencia inmediata para estos elementos de reforzamiento de roca.
- El proceso de instalación es sencillo y consiste en colocar el Split set en el taladro a presión.

- **Desventajas**

- Estos pernos tienen una escasa capacidad de anclaje y no sobrepasa los 11 t/perno.
  - Los Split set tienen gran sensibilidad de anclaje al diámetro de la perforación.
  - Estos pernos se utilizan en forma temporal.
  - En zonas húmedas para evitar la corrosión requieren protección.

### **2.2.8. Malla electrosoldada**

Según Mendieta (2014) consiste en una cuadrícula de alambres soldados en sus intersecciones, generalmente de # 10/08, con cocadas de 4"x4", construidas en material de acero negro que pueden ser galvanizada. Esta malla es recomendada para su uso como refuerzo del concreto lanzado (shotcrete). La malla viene en rollos o en planchas.



**Figura 5.** Malla electrosoldada

Fuente: Mendieta (2014)

- **Ventajas de la malla electrosoldada**

- Mediante la soldadura por fisión eléctrica se obtiene uniones sólidas y terminaciones de buena calidad.
- Debido a la alta resistencia del acero AT56 – 50H, se reduce la sección lo que permite que la malla electro soldada sea fácil y rápida su instalación.

**2.2.9. Gestión de Costos**

Para López (2008) La gestión de costos se entiende como el proceso mediante el cual los directivos de una empresa aseguran la utilización eficaz y eficiente de los recursos. Para una buena gestión se requiere de una visión global de los procesos de producción. Para ello se necesita:

- Entender la manera en que se generan los costos a lo largo de las actividades del proceso.
- Identificar los factores causales de los costos (inductores del costo).



- Conocer el comportamiento de los costos en función de los parámetros operacionales.
- Medir parámetros e insumos.

En la gestión de costes, es práctico definir métricas que ilustren la evolución de las operaciones a lo largo del tiempo y utilizar métricas que relacionen las entradas en unidades físicas con parámetros de rendimiento específicos. Las métricas no deben estar vinculadas a variables fuera de la actividad, ya que esto interfiere con la explicación de las mejoras del proceso.

#### **2.2.10. Costos directos**

Los costos directos son los costos de mano de obra directa, insumos, repuestos, materiales permanentes y subcontratas relacionadas con el trabajo. El de costo directo es uno de los ítems más importantes debido a que este es parte del costo total, el que puede ser reducido mediante una buena supervisión y control del trabajo. Es una de las porciones de costos de más difícil estimación (Durant, 2015).

#### **2.2.11. Costos indirectos**

Los costos indirectos son la tercera mayor subdivisión de costos, los que incluyen supervisión del proyecto, ingeniería, planillas y caja, seguros, impuestos a la propiedad, bonos, otros costos de mantenimiento de oficina (Durant, 2015).

#### **2.2.12. El costo operativo**

Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están



directamente ligados a la producción, pudiéndose categorizarse en costos directos e indirectos (Jáuregui, 2009).

### **2.2.13. Costo de oportunidad**

La alternativa de mayor valor a la que renunciemos, es el costo de oportunidad toda elección implica un costo. Todos los intercambios que implican el “qué, cómo y para quién” que hemos considerado involucran un costo de oportunidad, es decir, el costo de incrementar los bienes y servicios futuros en un menor consumo actual (Martínez, 2013).

### **2.2.14. Macizo rocoso**

Conjunto de la matriz rocosa y discontinuidades, presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisotrópico, consecuencia de la Naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad que condicionan su comportamiento geomecánico e hidráulico (Mendieta, 2014).

### **2.2.15. Clasificación del macizo rocoso**

Mendieta (2014) lo clasifica al macizo rocoso en lo siguiente:

- Identificar los parámetros más significativos que influyen en el comportamiento del macizo rocoso.
- Dividir una formación rocosa en grupos de similar comportamiento, es decir, clases de macizos rocosos de diferentes calidades.
- Proporcionar una base para el entendimiento de las características de cada clase de macizo rocoso.





- Relacionar la experiencia de las condiciones de la roca de un lugar a las condiciones y experiencia encontradas en otros lugares.
- Obtener datos cuantitativos y guías para el diseño de ingeniería.

#### **2.2.16. Resistencia de la roca**

Una prueba de compresión simple para determinar la resistencia máxima a la compresión Muestra cilíndrica, en este caso una parte de la muestra (núcleo) Una sonda con un diámetro fijo y el mismo para todas las muestras expuestas Cargas axiales sin aplicación de carga límite continua y Poco a poco hasta que falle la prueba. El parámetro de resistencia es el último en ser evaluado porque significa destrucción muestra y distorsiona las mediciones precisas de tales parámetros Realice la orientación de la estructura a su posición original (Alvarado, 2020).

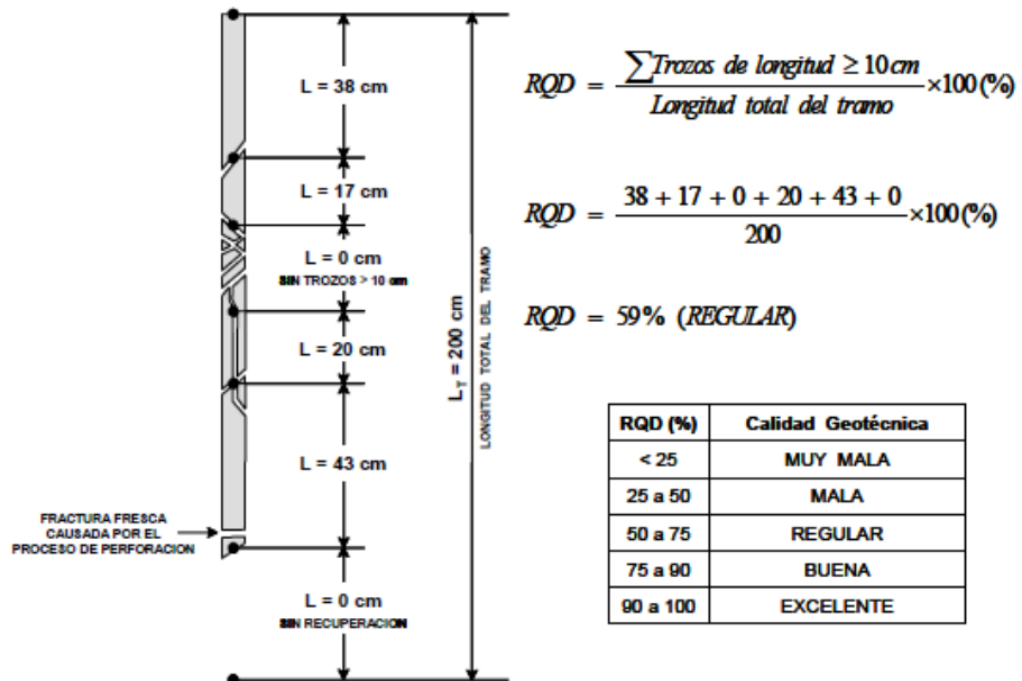
#### **2.2.17. RQD**

Otro parámetro utilizado para derivar la puntuación total de RMR es Designación de calidad de la roca (RQD), descrita en la sección anterior sistema de clasificación de macizos rocosos. RQD es 100% (máx. Competente) a 0% (menos competente). La técnica utilizada en este parámetro es colocar y alinear los agujeros perforados. La frecuencia de medición del número de fracturas naturales, si Las fracturas aumentaron y las puntuaciones RQD disminuyeron (Alvarado, 2020).

Algunas consideraciones para este parámetro:

- La longitud de testigos no recuperados en la extracción del sondaje debe ser incluida en el largo total de este.

- Las fracturas mecánicas creadas por el manipuleo deben ser ignoradas.
- Fracturas a lo largo del eje del testigo no son consideradas como fracturas.
- RQD evaluado en sondajes frescos (recién extraídos).



**Figura 6.** Medición del RQD

Fuente: (Alvarado, 2020).

- **Clasificación de las rocas según el número de fracturas por metro lineal**
  - Masiva (M) menos de 2 fracturas/metro, RQD (90 – 100 %)
  - Levemente fracturada (LF) de 2 a 6 fracturas/metro, RQD (70 – 90 %)
  - Moderadamente fracturada (F) de 6 a 12 fracturas/metro, RQD (50 – 70 %)
  - Muy fracturada (MF) de 12 a 20 fracturas/metro RQD (25 – 50 %)
  - Intensamente fracturada (IF) con más de 20 fracturas/metro, RQD (5 – 25 %)
  - Triturada y brechada en zonas de falla, sin RQD incluyendo además las condiciones de trabazón de los bloques que se mencionan en las tablas de geomecánica.



- **Clasificación de las rocas según cómo se rompe con la picota**

- Muy buena (MB) extremadamente resistente, solo se astilla con golpes de la picota de geólogo.
- Buena (B) Muy resistente, se rompe con varios golpes de la picota de geólogo.
- Regular (R) Resistente, se rompe con 1 o 2 golpes de la picota del geólogo.
- Pobre (P) moderadamente resistente, se indenta superficialmente con la picota del geólogo.
- Muy pobre (MP) Blanda a muy blanda, se indenta profundamente con golpes de la picota o se disgregan fácilmente.

**2.2.18. El RMR**

Z. Bieniavskis desarrolló el sistema RMR, que ha sido reformado muchas veces, el sistema actual de 1989, que es en muchos aspectos idéntico al sistema de 1979, un sistema empírico basado en más de 300 túneles reales, cimientos, galerías, cuevas y taludes y Las fortificaciones son ampliamente utilizadas para estas misiones en todo el mundo. El sistema evalúa sus capacidades y determina las fortificaciones necesarias en base a la suma de varios parámetros del terreno, que son los siguientes:

- Resistencia a la compresión simple de la roca inalterada
- RQD (existe un sistema basado en este mismo parámetro)
- Espaciamiento discontinuidades (fisuras, diaclasas)
- Estado de las fisuras
- Presencia de agua subterránea
- Orientación de las discontinuidades

$$\text{RMR} = a + b + c + d + e + f$$

La clasificación de RMR está entre (0 y 100)



## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1. Fortificación**

Son elementos que son utilizados para el soporte de las rocas en una labor subterránea con la finalidad de mejorar la estabilidad de las rocas cerca al perímetro de la excavación subterránea.

### **2.3.2. Labores mineras**

Son los trabajos subterráneos, que se realizan para explotación de un yacimiento mineral y existen diferentes labores que se realizan.

### **2.3.3. Puntales de madera**

Los puntales son rollizos de madera que previamente se realizan los destajes para armar los cuadros de madera que son utilizados para la fortificación de labores mineras.

### **2.3.4. Cuadros de madera**

Son cuadros de madera que están formados por el armado de dos postes y un sombrero, que pueden ser cuadros cónicos, rectos y cojos, se usan en la fortificación del techo y hastiales de una labor subterránea

### **2.3.5. Geomecánica**

Es la ciencia que estudia el comportamiento del macizo rocoso para lo cual se basa de un mapeo geomecánico de la estructura de la roca.

### **2.3.6. Perforación**

La perforación consiste en realizar taladros mediante una operación mecánica en el macizo rocoso o mineral, para realizar una excavación subterránea.



### **2.3.7. Pernos Split set**

Son pernos de anclaje que son utilizado para la fortificación del techo de las labores mineras subterráneas con la finalidad de mantener la estabilidad del macizo rocoso.

### **2.3.8. Malla electrosoldada**

Las mallas son estructuras metálicas fabricadas de acero y están dispuestas en forma cuadrada y electrosoldadas por fisión, son utilizadas para reforzamiento de las labores mineras mediante pernos.

### **2.3.9. Macizo rocoso**

Es la unión de un conjunto de bloques de la matriz rocosa y de las discontinuidades que se presentan en la corteza terrestre.

### **2.3.10. Costos**

Los costos son los recursos económicos que se requieren para realizar un proyecto de inversión con la finalidad de obtener la producción de bienes o servicios. Existen diferentes clasificaciones de costos que pueden ser: costos fijos, costos variables, costos unitarios, costos directos, costos indirectos y otros.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en la Empresa Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A. MADESA, distrito de Cháparra provincia de Caravelí y departamento de Arequipa. Su altitud donde está la concesión minera está en promedio de 1600 m.s.n.m y 1970 m.s.n.m.

La zona de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas UTM siguientes.

Norte : 8 263 000

Este : 618 500

##### 3.1.1 Accesibilidad

Para llegar al yacimiento minero la Unidad Minera Aurífera Cuatro de Enero S.A., se realiza desde la ciudad de Puno.

**Tabla 1.**

*Acceso a la zona de investigación*

<b>Tramo</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo (hr)</b>
Puno - Arequipa	225	6
Arequipa – Atico	415	8
Atico – Cháparra	45	1
Cháparra – Minera cuatro horas	38	1
<b>Total</b>	<b>723</b>	<b>16</b>



### **3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO**

La investigación fue realizada en el primer semestre del año 2021, encontrando los problemas de consumo excesivo de madera, sobre rotura en la sección de la labor, costo de sostenimiento superior al PU de sostenimiento en los primeros 3 meses enero, febrero y marzo interviniendo los cambios en el mes de abril mayo y junio.

### **3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO**

El material que se utilizó para la investigación fueron los reportes de operación específicamente del área de sostenimiento que desarrolló la Unidad Minera Cuatro de Enero S.A.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

#### **3.4.1. Población**

La población de estudio para el trabajo de investigación estuvo conformada por las galerías que se están desarrollando en la Unidad Minera Cuatro de Enero S.A. como son: galería San Antonio, San José, Milagros y Rita de una sección de 1,8 m x 2,10 m, ya dichas galerías se avanza aplicando el sostenimiento con cuadros. Así mismo definen a la población de estudio como un conjunto de todos los casos, eventos, hechos que concuerdan con determinadas especificaciones (Hernández 2014; Ñaupas Paitán et al., 2014).

#### **3.4.2. Muestra**

La muestra para el trabajo de investigación fue la galería San Antonio con una sección de 1,8 m x 2,10 m, que se está avanzando con sostenimiento con cuadros de madera. Así mismo Yapu et al., (2013) define la muestra como una parte representativa de la población de estudio.



### **3.4.3. Muestreo**

El muestreo que se aplicó fue de tipo no probabilístico, ya que fue previa la autorización de parte de la empresa, por otra parte, según a los intereses del investigador.

## **3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO**

### **3.5.1. Tipo de investigación**

La investigación siguió los pasos de una investigación de tipo experimental ya que se tuvo que manipular la variable independiente para así minimizar los costos en el sostenimiento de la galería San Antonio.

### **3.5.2. Alcance de la investigación**

El alcance de la investigación fue de tipo pre-experimental porque los análisis y observaciones se realizan en un solo grupo el cual es la galería San Antonio.

## **3.6. PROCEDIMIENTO**

La investigación se siguió una secuencia para lograr los objetivos de estudio, entre los pasos más importantes tenemos lo siguiente.

- Análisis respecto al costo según los reportes de sostenimiento de 30 metros que fue realizado con cuadros completos.
- Evaluación del terreno determinando la dureza de la roca si amerita algún cambio de sostenimiento.
- Análisis respecto al costo en el sostenimiento con Split set de una longitud de 30 metros.
- Comparar los resultados antes y después respecto al costo de sostenimiento.





- Aplicar un estadístico para determinar la diferencia significativa estadísticamente de los resultados.

### 3.7 VARIABLES

#### 3.7.1. Variable independiente

Sostenimiento con pernos Split set y malla eletrosoldada

#### 3.7.2. Variable dependiente

Costos de sostenimiento en la galería San Antonio

**Tabla 2.**

*Operacionalización de variables*

Variables	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable independiente:</b> Sostenimiento con pernos Split set y malla electrosoldada.	• Cantidad de pernos Split set instalados.	• N°
	• Longitud de pernos instalados.	• Pies
	• Área de malla electrosoldada instalada.	• m <sup>2</sup>
<b>Variable dependiente:</b> Costos de sostenimiento en la galería San Antonio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• costos directos</li> <li>• costos indirectos</li> <li>• utilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• \$/pernos Split set</li> <li>• \$/m<sup>2</sup> de malla</li> <li>• \$/cuadro</li> <li>• \$/rajados</li> <li>• \$/encribado</li> </ul>



### 3.8. ANÁLISIS DE DATOS

Los análisis de los datos se realizaron mediante el software SPSS versión 25 y el almacenamiento de los datos fue en el Excel.

### 3.9. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para determinar la significancia estadística de la hipótesis, se tuvo que utilizar el estadístico t de student con el software SPSS V-25.

#### - **Planteamiento de la hipótesis estadística**

**H<sub>0</sub>:** Hipótesis nula

**H<sub>i</sub>:** Hipótesis alterna

**H<sub>0</sub>:** Mediante el cambio de tipo de sostenimiento no se minimiza el costo de sostenimiento en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa.

**H<sub>i</sub>:** Mediante el cambio de tipo de sostenimiento se minimiza el costo de sostenimiento en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. - Arequipa.

#### - **Nivel de significancia**

Valor de Alpha = 5% = 0,05

Intervalo de una confianza al 95%

#### - **Prueba estadística**

La prueba “t” de student, diferencia de promedios

#### - **Criterio de decisión**

Si (p-value) es < que Alpha quiere decir que se rechaza la H<sub>0</sub>

Si (p-value) es > que Alpha quiere decir que se acepta la H<sub>0</sub>



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Costo de sostenimiento utilizando cuadros de madera:

Para determinar los costos de sostenimiento utilizando cuadros de madera en la galería se tuvo que analizar en una longitud de 30 metros donde el sostenimiento es continuo con cuadros de madera a una separación de 1m de eje a eje entre cuadros.

Datos:

Cantidad de Cuadros	: 30 unidades
PU de los cuadros	: 104.93 \$/unid.
Sección de la galería	: 1.8 x 2.10
Tipo de cuadro	: cuadro completo + encribado
Tipo de roca	: semidura
Incluye	: Patilla, destaje, armado, enrrejado, tirantes, encribado y puesta de madera por la contrata.
Rendimiento	: 02 cuadros/ guardia
Guardia	: 10.50 Hroras/guardia
Cotización	: 3.70 \$

El costo de sostenimiento = N° de cuadros colocados x PU de los cuadros

El costo del sostenimiento con cuadro = 30 unid. X 104.93 \$/unid.

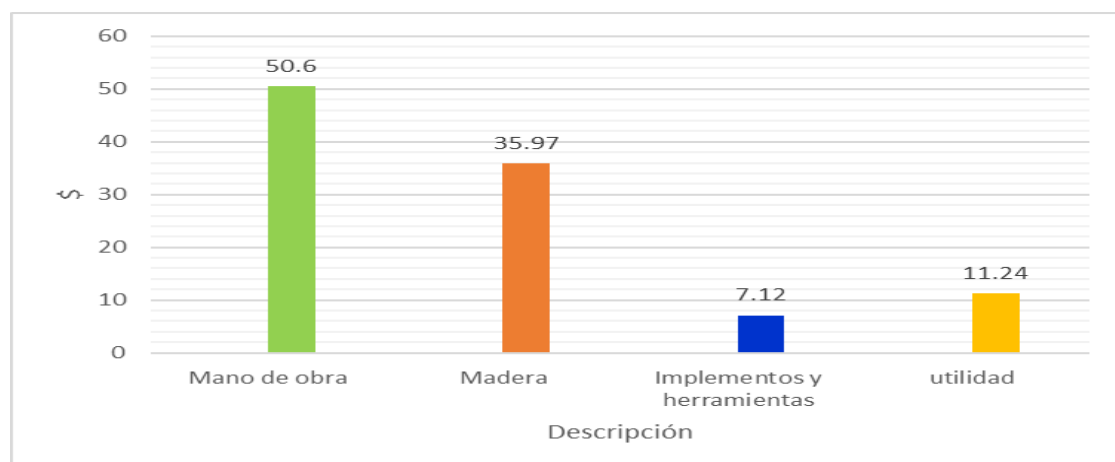
***El costo de sostenimiento con cuadro = 3147.9\$***

**Tabla 3.**

*Cálculo del PU del cuadro completo*

Descripción	Cant.	Unid.	incid. %	P.U. (\$)	Parcial	Subtotal	Total (\$)
<b>1 Mano de obra</b>							
Maestro enmaderador	10.5	hh	100	3.59	37.68	18.84	
Ayudante enmaderador	10.5	hh	100	3.08	32.30	16.15	
Peón (traslado)	10.5	hh	50	2.82	14.80	7.40	
Capataz	10.5	hh	7	4.36	3.05	1.53	
Ing. Guardia	10.5	hh	7	9.55	6.69	3.34	
Residente	10.5	hh	5	12.74	6.69	3.34	<b>50.60</b>
<b>2 Madera</b>							
Puntales de 8' x 3m	2	Und		6.18	12.37	6.18	
Puntales de 7' x 3m	1	und		5.95	5.95	2.98	
Puntales de 5' x 3m tirante+encribado	8	Und		4.58	36.65	18.32	
Carapas 3m	7	Und		2.42	16.97	8.49	
Tablas 2" x 8" x 3m	0	Und		4.86	0.00	0.00	<b>35.97</b>
<b>3 Implementos y herramientas</b>							
Implementos de seguridad normal	6	und		2.20	13.17	6.59	
Herramientas				1.06	1.06	0.53	<b>7.12</b>
Costo directo							93.69
<b>Utilidad</b>	12%	Del costo directo					<b>11.24</b>
<b>Costo total</b>					<b>Us\$/unid.</b>		<b>104.93</b>

En la tabla 3 podemos observar de manera resumida el cálculo del PU de un cuadro de madera, donde se considera los ítems como mano de obra, madera, los implementos de seguridad y herramientas, donde el más resaltante es la mano de obra.



**Figura 7.** Parámetros que afectan en el PU de un cuadro completo



#### 4.1.2. Costo de sostenimiento utilizando Split set y malla electrosoldada:

Para determinar el costo de sostenimiento utilizando Split set y malla electrosoldada se tuvo que realizar un seguimiento y análisis de los 30 metros posterior a al sostenimiento con cuadros de madera.

Longitud del Split set	: 5 pies
Rendimiento	: 30 piezas/guardia
Malla electrosoldada	: 25 m x 2.40 m
Malla de sostenimiento	: 1 m x 1 m
Split set instalados	: 135 pernos
Tipo de roca	: semidura
Costo de instalación Split set	: 7.09 \$/pernos

Área de malla electrosoldada que se instaló en la galería

Longitud de malla : 29.70 m

Ancho : 4.20 m

Traslape : 0.30

Área total instalada = longitud de la malla x ancho de la malla

Área total instalada = 29.70 m x 4.20 m

Área total instalada = 124.74 m<sup>2</sup>

Costo de sostenimiento con Split set = N° Split set x P.U de Split set

Costo de sostenimiento con Split set = 135 pernos x 7.09 \$/perno

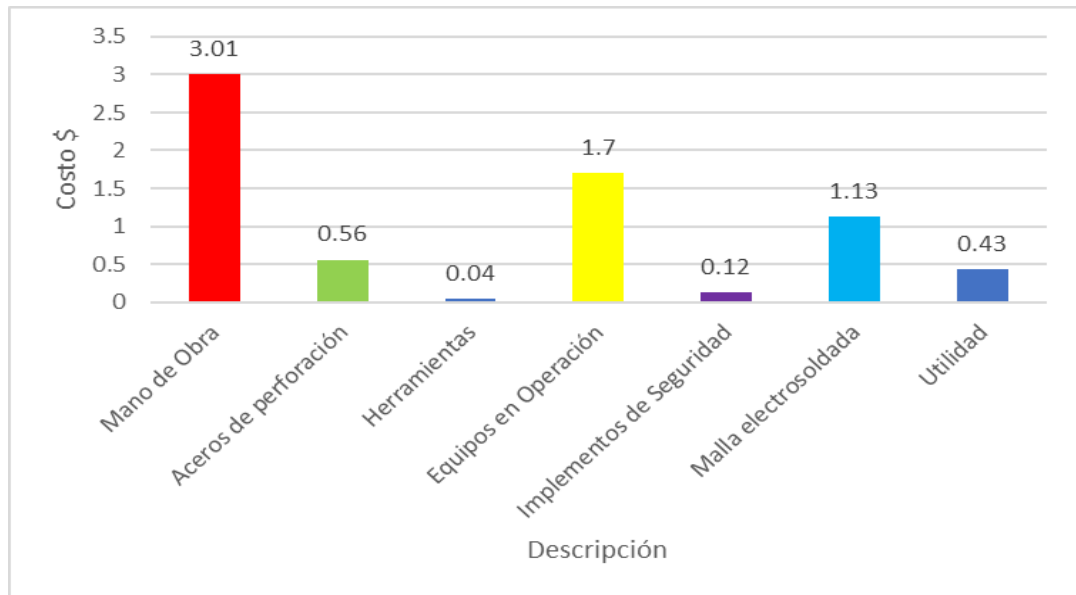
***Costo de sostenimiento con Split set = 957.15 \$***



**Tabla 4.**

*Precio Unitario de instalación de Split Set de 5pies*

Descripción	Unidad	Cant.	Incidencia	P.u.	Total s/. S/.	Total S/. / pza
<b>1.1 Mano de obra</b>						<b>3.01</b>
Maestro perforista	Tarea	1.30	100%	37.41	48.64	1.62
Ayudante perforista	Tarea	1.30	100%	32.07	41.69	1.39
		2.60				
<b>2 Aceros de perforación</b>						<b>0.56</b>
Aceite de perforación	Gln	0.25	100%	5.33	1.33	0.04
Barras de perforación	Pp	180.00	100%	0.04	6.96	0.23
Brocas de perforación	Pp	180.00	100%	0.03	5.58	0.19
Adaptador de split set	Pieza	30.00	100%	0.10	3.03	0.10
<b>3 Herramientas</b>						<b>0.04</b>
Lampa	Pieza	1.00	100%	0.14	0.14	0.00
Pico	Pieza	1.00	100%	0.12	0.12	0.00
Combo 6 lbs	Pieza	1.00	100%	0.05	0.05	0.00
Llave stilson de 8"	Pieza	1.00	100%	0.07	0.07	0.00
Llave francesa 8"	Pieza	1.00	100%	0.06	0.06	0.00
Barretilla de 4'	Pieza	1.00	100%	0.20	0.20	0.01
Barretilla de 6'	Pieza	1.00	100%	0.25	0.25	0.01
Barretilla de 8'	Pieza	1.00	100%	0.31	0.31	0.01
Barretilla de 10'	Pieza	0.00		0.47	0.00	0.00
Barretilla de 12'	Pieza	0.00		0.53	0.00	0.00
<b>4 Equipos en operación</b>						<b>1.70</b>
Perforadora	Pp	180.00	100%	0.28	50.40	1.68
Manguera de jebe de 1"	M	30.00	100%	0.01	0.38	0.01
Manguera de jebe de 1/2"	M	30.00	100%	0.01	0.17	0.01
<b>5 Implementos de seguridad</b>						<b>0.12</b>
Tareas sin ropa de agua	Tareas	0.00	100%	1.25	0.00	0.00
Tareas con ropa de agua	Tareas	2.60	100%	1.43	3.71	0.12
<b>6 Malla electrosoldada</b>	M2	9.00	100%	3.48	31.32	<b>1.13</b>
<b>(a) Total costo directo</b>						<b>6.57</b>
<b>(b) Utilidad</b>	%	8				<b>0.53</b>
<b>Costo total por unidad valorizada (a+b)</b>						<b>7.09</b>



**Figura 8.** Parámetros que afectan en el PU de la instalación del Split set

#### 4.1.3. Minimizar el costo de sostenimiento mediante el cambio de sostenimiento

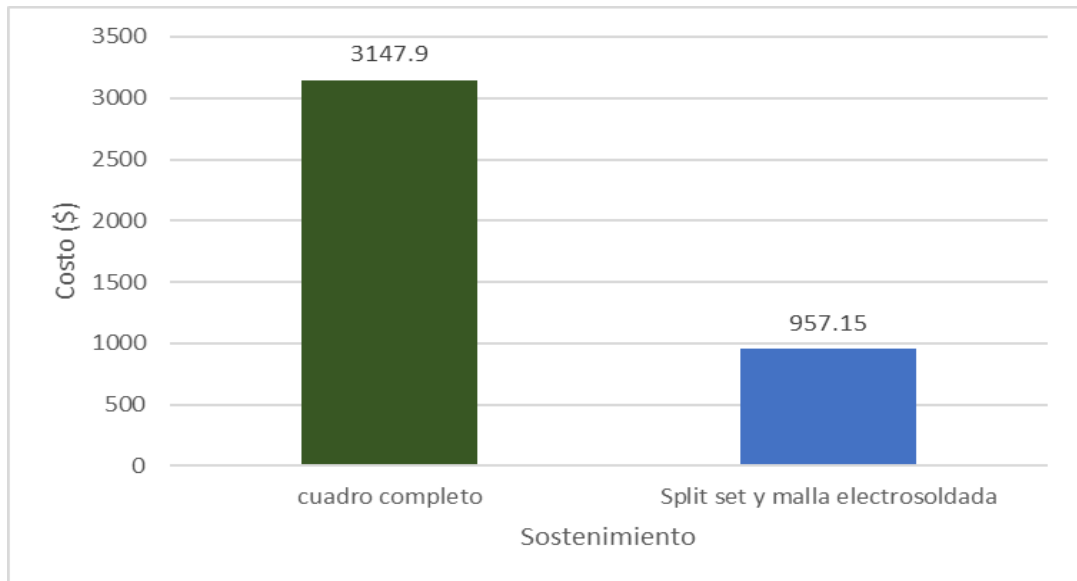
Para determinar este objetivo se analizó los costos de cuadros de madera y pernos Split set incluido la malla electrosoldada, aplicando un estadístico t de student para así saber la significancia de la diferencia de manera estadística.

**Tabla 5.**

*Comparación de costos en sostenimiento galería San Antonio*

Sostenimiento	Costo (\$)
Cuadro completo	3147.9
Split set y malla electrosoldada	957.15

La tabla 5 muestra una clara reducción respecto al costo de sostenimiento en la galería San Antonio donde se evidencia un costo menor cuando se aplica un sostenimiento con pernos Split set y malla electrosoldada.



**Figura 9.** Reducción del costo de sostenimiento en la galería San Antonio

La figura muestra la diferencia de los costos de sostenimiento cuando se aplica cuadros de madera y pernos Split set.

#### 4.1.4. Prueba de hipótesis

Respecto a la prueba de hipótesis se analizó el costo de sostenimiento que corresponde a los 30 metros que se utilizó cuadros de la misma manera el costo de los 30 metros que se avanzó con sostenimiento de Split set y malla electrosoldada.

**Tabla 6.**

*Estadística descriptiva de los costos en sostenimiento*

Costo de sostenimiento	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Cuadros de madera	30	104,9400	,00000	,00000
Split set y malla electrosoldada	30	31,9050	,00000	,00000





En la tabla 6 podemos observar la media respecto al sostenimiento con cuadros igual a 104,94 y respecto al sostenimiento con Split set y malla su media es 31.905 en ambos casos en una longitud de 30 m de sostenimiento.

**Tabla 7.**

*Prueba t de student para el sostenimiento en galería San Antonio*

Costo	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	58	0,000	73,03500	0,00000	73,03500	73,03500
No se asumen varianzas iguales	37,409	0,000	73,03500	0,00000	73,03500	73,03500

En la tabla 7 podemos visualizar la prueba t de student para el costo de sostenimiento en la galería San Antonio, realizando una comparación del costo de sostenimiento con cuadros de madera y el costo de sostenimiento con Split set y malla electrosoldada, donde el p-value es igual a 0,000 siendo este valor < que Alpha 0,005 esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula H0 y se acepta la hipótesis altera Hi: Mediante el cambio de tipo de sostenimiento se minimiza el costo de sostenimiento en la galería San Antonio de la Minera Aurífera Cuatro De Enero S.A. – Arequipa, el cual fue demostrado la diferencia significativa del costo de sostenimiento estadísticamente.

## 4.2. DISCUSIÓN

Los resultados respecto al costo de sostenimiento con cuadros de madera se lograron determinar que el PU es igual a 104.93 \$/unidad en una longitud de 30 m, siendo el sostenimiento a cada metro de eje a eje entre cuadros teniendo un costo total de sostenimiento 3147.9 \$. De forma similar Laurente (2014) encontró que el costo unitario en sostenimiento con cuadros de madera resulta ser 143.45 US\$/cuadro. Sin embargo Quispe & Portal (2021) afirma que el diseño de sostenimiento se basa en la calidad de la roca

Los resultados para el costo de sostenimiento con Split set y malla electrosoldada se logró determinar el PU igual a 7.09 \$/perno, siendo la cantidad de pernos Split set igual a 135 pernos y 124.74 m<sup>2</sup> de malla instalada en una longitud de 30 metros de la galería San Antonio sumando el costo de sostenimiento igual a 957.15 \$. De forma similar Laurente (2014) logró determinar que el costo del Split set de 6 pies fue de 12.86 US\$/perno. Por otra parte Mejía (2020) manifiesta que el cuadro de madera se instala según a las condiciones del terreno y al estudio geomecánico.

El resultado a nivel general se logró la minimización del costo de sostenimiento ya que el costo de sostenimiento en 30 m de la galería con cuadros de madera asciende a los 3147.9 \$ y con Split set y malla electrosoldada es igual a 957.15 \$ con una diferencia de 2190.75 \$. Por otra parte Vela (2019) señala que se invierte más tiempo en el sostenimiento con cuadros de madera y el tiempo es menor cuando se coloca el sostenimiento con Split set y malla electrosoldada. De forma similar Escalante (2017) logró determinar que cuando el sostenimiento es con cuadros de madera se tiene un costo de explotación igual a 20.27 \$/TM y con el sostenimiento con Split set y malla se tiene un costo de 19.04 \$/TM.



## V. CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general se logró minimizar el costo de sostenimiento en la galería San Antonio mediante el cambio de sostenimiento en la misma calidad de macizo rocoso, el remplazo de sostenimiento fue con Split set y malla electrosoldada en lugar de los cuadros de madero, la comparación se realizó en una longitud lineal sostenida de 30 m para ambos casos, logrando reducir de 3147.9 \$ a 957.15 \$.

Respecto al primer objetivo específico se logró determinar el costo de sostenimiento con cuadros de madera en una longitud de 30 m, encontrando 30 cuadros con una separación de eje a eje 1 m, siendo el costo total de 3147.9 \$ y su PU del cuadro igual a 104.93 \$/cuadro.

Para el segundo objetivo específico se logró determinar el costo de sostenimiento con Split set y malla electrosoldada en una longitud de 30 m en la galería San Antonio, donde la cantidad total de Split set fue 135 pernos y un área de 124.74 m<sup>2</sup> de malla electrosoldada, llegando a un costo total de 957.15 \$.



## VI. RECOMENDACIONES

Realizar la caracterización geomecánica del macizo rocos según el avance lineal de una labor con la finalidad de seleccionar el tipo de sostenimiento más adecuado.

Realizar una evaluación del tiempo de vida de los cuadros de madera ya sea en presencia de humedad goteras, sequía o temperatura elevada con la finalidad de aplicar algún tratamiento a la madera.

Realizar las pruebas de soporte de tensión de los pernos Split set respecto a otros pernos que existen en el mercado con la finalidad de conocer el perno de mayor resistencia a la tensión.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva Mallqui, L. M. (2019). Optimización del Sostenimiento con barras helicoidales y pernos split set de 5 Pies mediante el control de calidad antes, durante y después de la instalación en la Empresa Minera Marsa- Parcoy [Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13398>
- Alvarado Valdés, F. (2020). Modelamiento geostadístico de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR) [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/176858/Modelamiento-geostadístico-de-la-clasificación-geomecánica-de-Bieniawski-%28RMR%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brugos Cedeño, S. L. (2015). Desarrollo de herramienta de diseño para la estabilidad de excavaciones con entrada de personal. In Ekp (Vol. 13, Issue 3). Universidad de Chile.
- Canahua Loza, R. S. (2021). Análisis y diseño del sostenimiento en la galería 815 Esperanza Norte para evitar accidentes por caída de rocas y optimizar el ritmo de producción - E.E. Los Magníficos miner aurífera Cuatro de Enero S.A. MACDESA (Vol. 1, Issue 505) [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. [http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8672%0Ahttp://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez\\_gj.pdf%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5753%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza\\_Mamani\\_Joel\\_Neftali.p](http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8672%0Ahttp://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez_gj.pdf%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5753%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.p)
- Chatata Cuyo, W. (2016). Productividad del sostenimiento: pernos helicoidales y malla con equipo “bo - te”, en avances mayores a 2.5 m x 2.5 m mina Papagayo - Cía



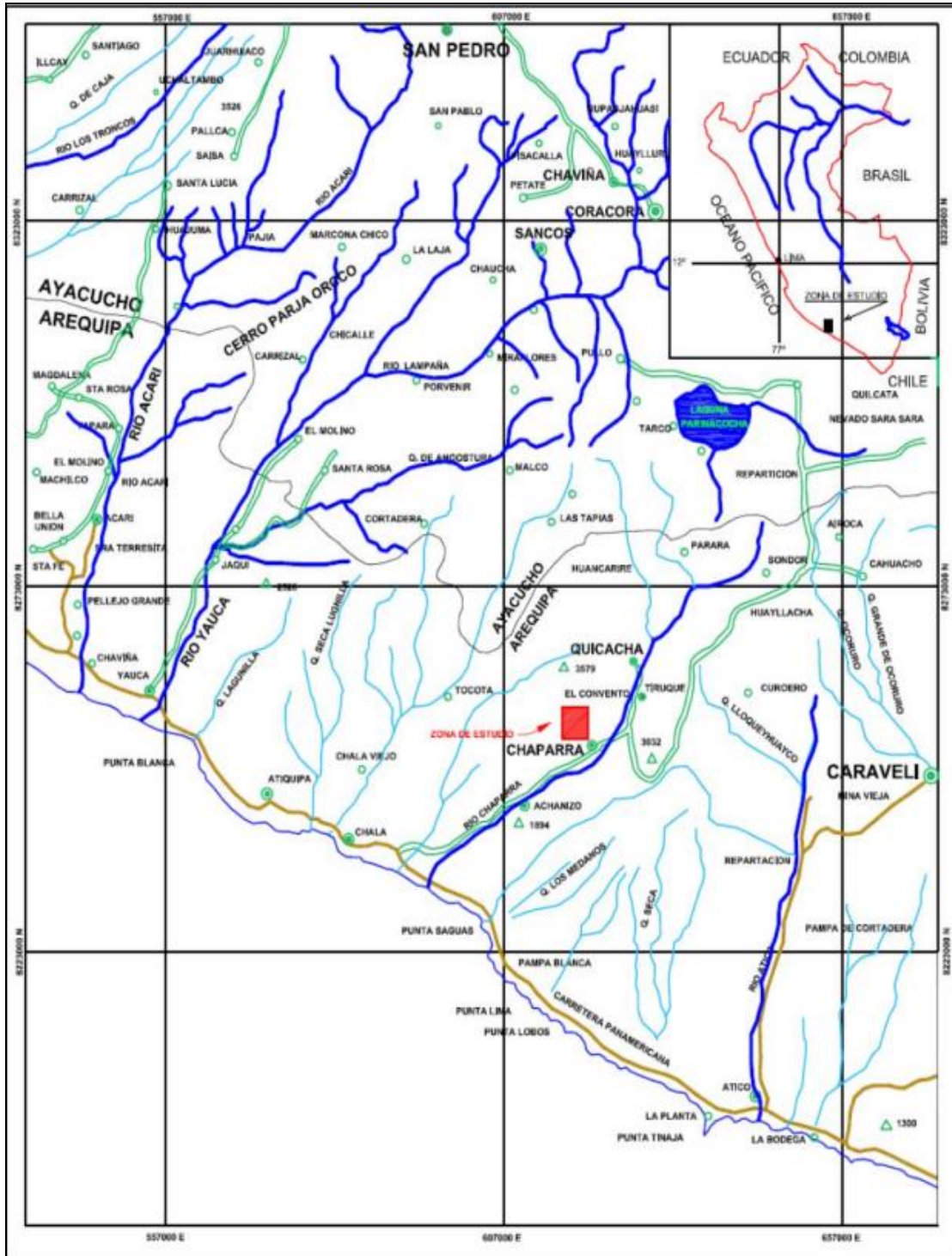
- Poderosa. Pataz - La Liertad [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/2619>
- Durant Broden, J. (2015). Costos de desarrollo de mina subterránea (pp. 126–157).
- Escalante Guerra, H. A. (2017). Mejoramiento del sistema de sostenimiento, con madera, mediante pernos split set y malla electrosoldada en labores de explotación de la Empresa “MACDESA”-Arequipa [Universidad Nacional del Altiplano]. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6129/Escalante\\_Guerra\\_Hernan\\_Amador.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6129/Escalante_Guerra_Hernan_Amador.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Giraldo Paredez, E. M. (2018). Anchor capacity of split sets according to their bond length. 21, 9–16.
- Gonzalez Ayala, C. A. (2018). Reducción de costos en sostenimiento para labores temporales en roca tipo IIIB con la implementación del sistema de sostenimiento con split set y malla electrosoldada- labor U (-80) V4 145 Az - en la Unidad Minera Huanzala – 2018. [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3477>
- Jáuregui Aquino, O. A. (2009). Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/696>
- Laurente Venegas, D. (2014). Cambio del tipo de sostenimiento en la explotación para reducir los costos en la Unidad Minera Americana - Cía Minera Casapalca S.A. [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2170>
- Llanque Maquera, O. E. (2015). Sostenimiento en minería.



- López Álvarez, M. A. (2008). Análisis y gestión de costos en explotación minera a cielo abierto. Universidad de Chile.
- Martínez, L. I. G. (2013). Introducción a la economía (P. Educación (ed.); Primera ed). <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130118/Memoria.pdf>
- Mejía Herrera, Y. (2020). Sistemas de sostenimiento para mejorar la producción en la galería principal del nivel 2650 de la concesión Séptima Maravilla II, Chalamarca [Universidad Cesar Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma\\_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mendieta Britto, L. A. (2014). Optimizacion de los costos operativos en la unidad cerro chico. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5946>
- Muñoz Gómez, R. I. (2019). Influencia del sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en la mejora de la productividad de la U.E.A. Cerro S.A.C. - 2016 [Universidad Alas Peruanas]. <https://hdl.handle.net/20.500.12990/9325>
- Quispe Basurco, A. V., & Portal Calderón, M. A. (2021). Estudio del sostenimiento activo y pasivo en labores de avance temporales y permanentes en una mina de oro subterránea en la Libertad [Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/28605>
- Toledo Garay, E., Menoza Delgadillo, G., & Gallardy B., T. (n.d.). Sostenimiento económico y seguro para excavaciones subterránea. Revista UNMSM - IIGEO, 1–14. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/655>
- Vela Mejía, F. Y. (2019). Optimización de costos de sostenimiento, reduciendo el consumo de madera por la aplicación de la malla electrosoldada y pernos split set en veta vitoria -C.M.H. S.A.

## ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de la U.E.A. Cuatro horas - MACDESA





## Anexo 2. Sostenimiento con cuadro de madera



### Anexo 3. Sostenimiento con Split set y malla electrosoldada



### Anexo 4. Tabla geomecánica según GSI modificado


CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN GSI MODIFICADO		CONDICION SUPERFICIAL					
<p>Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal medidas in situ con un flexometro. La mala veeduría afecta esta condición. La resistencia se determina golpeando e indentando la roca con una picota se toma en cuenta la rugosidad, alteración de paredes y relieve de las discontinuidades.</p>							
ESTRUCTURA		MUY BIEN TRABADADA (RESISTENTE, FRESCA)	BUENA (MUY RESISTENTE, LEJERAMENTE ALTERADA)	REGULAR (RESISTENTE Y LEJERAMENTE ALTERADA)	POBRE (MODERADAMENTE RESIST. INTERMEDIAMENTE ALTERADA)	MUY POBRE (BUENA, MUY ALTERADA)	
	<p><b>LEVEMENTE FRACTURADA.</b> TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD 75 - 90) (6 FRACT. POR METRO) (ROD = 115 - 3.3 Jn.)</p>	L F I M B	L F B	L F R	L F P	L F M P	
	<p><b>MODERADAMENTE FRACTURADA.</b> MUY BIEN TRABADADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (ROD 50 - 75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p>	F I M B	F I B	F I R	F I P	F I M P	
	<p><b>MUY FRACTURADA.</b> MODERADAMENTE TRABADADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (ROD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p>	M F I M B	M F I B	M F I R	M F I P	M F I M P	
	<p><b>INTENSAMENTE FRACTURADA.</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (ROD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p>	I F I M B	I F I B	I F I R	I F I P	I F I M P	
	<p><b>TRITURADA O BRECHADA.</b> MODERADAMENTE TRABADADA, ROcosa EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISCREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN ROD)</p>	T I M B	T I B	T I R	T I P	T I M P	

### Anexo 5. GSI modificado

(GSI) MODIFICADO		CONDICION SUPERFICIAL					
<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. Retiene el valor típico del índice geológico de resistencia, de los códigos 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>							
ESTRUCTURA		MUY BIEN TRABADADA (RESISTENTE, FRESCA)	BUENA (MUY RESISTENTE, LEJERAMENTE ALTERADA)	REGULAR (RESISTENTE Y LEJERAMENTE ALTERADA)	POBRE (MODERADAMENTE RESIST. INTERMEDIAMENTE ALTERADA)	MUY POBRE (BUENA, MUY ALTERADA)	
	<p><b>LEVEMENTE FRACTURADA.</b> TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (2 A 6 FRACT. POR METRO) (ROD = 115 - 3.3 Jn.)</p>	95 90 85					
	<p><b>MODERADAMENTE FRACTURADA.</b> MUY BIEN TRABADADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p>		70 65				
	<p><b>MUY FRACTURADA.</b> MODERADAMENTE TRABADADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (ROD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p>			55 50			
	<p><b>INTENSAMENTE FRACTURADA.</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (ROD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p>				35 30		
	<p><b>TRITURADA O BRECHADA.</b> MODERADAMENTE TRABADADA, ROcosa EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISCREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN ROD)</p>					15 10	5



## Anexo 6. Procedimiento para el sostenimiento con cuadros de madera

	<b>PROCEDIMIENTO SOSTENIMIENTO CON CUADROS DE MADERA EN LABORES HORIZONTALES</b>		<b>UNIDAD CUATRO DE ENERO</b>
	Área: MINA	Versión: 01	
	Código: PET-MIN-015	Página: 1 de 2	

### 1. PERSONAL:

- 1.1 Maestro Perforista
- 1.2 Ayudante Perforista
- 1.3 Peón de Mina

### 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 o cuero.
- 2.10 Botas de jebe con punta de acero.
- 2.11 Correa porta lámpara.


### 3. HERRAMIENTAS / MATERIALES.

- 3.1 02 de juegos de barretillas de 4', 5', 6' y 8'
- 3.2 Puntales 8", 7", 6" y 5" de diámetro.
- 3.3 Tablas de 2"x8"x10".
- 3.4 Rajados.
- 3.5 Cuñas metálicas (para hacer rajados)
- 3.6 Cuñas de madera (para topeo de encribado)
- 3.7 Caballetes.
- 3.8 Sujetador de poste (Galerías)
- 3.9 Clavos de 5" y 6".
- 3.10 Cordel o rafia.
- 3.11 Escalera para plataforma.
- 3.12 Flexómetro.
- 3.13 Lampa
- 3.14 Pico.
- 3.15 Azuela
- 3.16 Formón
- 3.17 Corvina
- 3.18 Combo de 6 lbs
- 3.19 Puntas.
- 3.20 Máquina perforadora
- 3.21 Patilladora 2"
- 3.22 Disco de jebe

### 4. PROCEDIMIENTO

- 4.1 El Perforista y Ayudante verificarán la ventilación de acuerdo al Pets de Ventilación de labores horizontales.
- 4.2 El Perforista y Ayudante en coordinación realizarán la inspección de labor con el formato IPERC continuo. Aplicando las medidas de control, señalarán 10 m antes a ambos lados de la zona de trabajo en el caso de una zona de tránsito de equipos o personal.
- 4.3 El Perforista y Ayudante realizarán el desatado de rocas de acuerdo al Pets de desatado de rocas.
- 4.4 Para Iniciar con el armado de cuadro el Perforista y Ayudante en coordinación colocarán marchavantes con bolillos de 6 pulgadas (en caso de que el terreno inestable o presencia de agua o cuñas).



	<b>PROCEDIMIENTO SOSTENIMIENTO CON CUADROS DE MADERA EN LABORES HORIZONTALES</b>		<b>UNIDAD CUATRO DE ENERO</b>
	Área: MINA	Versión: 01	
	Código: PET-MIN-015	Página: 2 de 2	


- 4.5 El maestro perforista, debe sacar el gradiente y punto de dirección o de acuerdo a la veta, en caso ya se encuentren cuadros instalados continuar con el alineamiento.
- 4.6 El Perforista y Ayudante excavarán patillas de 20 cm de profundidad para colocar los postes.
- 4.7 El Perforista y Ayudante para colocar cuadro de 2 piezas (Cuadro Cojo), en coordinación excavarán patillas hacia la caja inestable para el colocado del poste y se picará la patilla de 2" de profundidad como mínimo hacia la caja estable para el colocado del otro extremo del sombrero.
- 4.8 Realizar los destajes correspondientes en uno de los extremos de los postes y sombrero de acuerdo a estándar.
- 4.9 Para cuadro de 3 piezas (cuadro completo): el Perforista en coordinación con el ayudante presentará y estabilizará los 2 postes llenando la patilla con carga, y el sujetador de poste, verificar que el ángulo que hacen los dos postes con el sombrero sean iguales y que los postes se encuentren alineados verticalmente. El sombrero debe quedar horizontal sobre el destaje.
- 4.10 Para cuadro de 2 piezas (cuadro cojo): el Perforista en coordinación con el ayudante presentará y estabilizará el poste llenando la patilla con carga y el sujetador de poste, luego se colocará el sombrero encima del poste y el otro extremo del sombrero en la patilla de la caja estable. El sombrero deberá tener una inclinación positiva elevada hacia la patilla de caja estable.
- 4.11 El Perforista en coordinación con el Ayudante colocarán los tirantes y topes, teniendo en cuenta que debe hacer un ángulo recto con el sombrero y poste respectivamente. Los topes serán de puntales de 8" de diámetro y se colocarán en la proyección del poste con el sombrero.
- 4.12 El Perforista en coordinación con el Ayudante realizarán el encribado (se topeará el encribado con las cuñas de madera) fijando así la corona, y el encostillado tendrá que ser a la altura del tirante según la evaluación del terreno.
- 4.13 colocar siempre contras (ángulos, pata de gallo, y/o topes) al inicio y al final del juego de cuadros armados, luego amarrará y asegurará el último cuadro colocado con el anterior antes de realizar la voladura del frente.
- 4.14 Realizarán el orden y limpieza antes, durante y después en la jornada de trabajo.

**5. RESTRICCIONES:**

- 5.1 No iniciar el armado de cuadro si no se tiene el marchavante en caso de labores con terreno inestable.
- 5.2 No realizar la actividad si no se tiene las dimensiones adecuadas de puntales.



## Anexo 7. Procedimiento para sostenimiento con Split set y malla electrosoldada

	<b>PROCEDIMIENTO SOSTENIMIENTO CON MALLA ELECTROSOLDADA Y SPLIT SET</b>		<b>UNIDAD CUATRO DE ENERO</b>
	Área: MINA	Versión: 01	
	Código: PET-MIN - 010	Página: 1 de 2	

### 1. PERSONAL:

- 1.1 Maestro Perforista
- 1.2 Ayudante 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 Split set con su plancha
- 3.5 Adaptador de Split set.
- 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 Split set 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.
- 4.6 El Supervisor debe garantizar el pintado de la malla de perforación para la colocación del sostenimiento con Malla y Split set.



	<b>PROCEDIMIENTO SOSTENIMIENTO CON MALLA ELECTROSOLDADA Y SPLIT SET</b>		<b>UNIDAD CUATRO DE ENERO</b>
	Área: MINA	Versión: 01	
	Código: PET-MIN - 010	Página: 2 de 2	

- 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 Split set el Perforista siempre perforará medio pie más que la longitud total del perno. Por ejemplo para colocar un Split set de 5 pies, perforar 5 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 Split set deberá ser presentado e ingresado a presión con la ranura hacia abajo utilizando el adaptador para Split set. 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 Split set 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.



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Horacio Roque Murillo  
identificado con DNI 80025238 en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería de minas  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"Minimización de costos de sostenimiento en la galería San Antonio de la minera Cuatro de enero S.A. - 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 11 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella





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

Por el presente documento, Yo Horacio Roque Murillo  
identificado con DNI 80025238 en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería de minas

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

"Minimización de costos de sostenimiento en la galería San Antonio de la mina aurífera Cuatro de enero S.A. - Arequipa"

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.

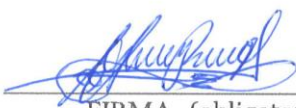
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de 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 11 de Julio del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella