

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**REDUCCIÓN DE COSTOS MEDIANTE LA OPTIMIZACIÓN DEL EQUIPO
SMALL BOLTER DE SOSTENIMIENTO MECANIZADO DE LA MINA SAN
RAFAEL – PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. HECTOR PAREDES HUISA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

PUNO – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MINAS

TESIS

REDUCCIÓN DE COSTOS MEDIANTE LA OPTIMIZACIÓN DEL EQUIPO
SMALL BOLTER DE SOSTENIMIENTO MECANIZADO DE LA MINA SAN
RAFAEL - PUNO

PRESENTADA POR:

Bach. HECTOR PAREDES HUISA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 16 DE MAYO DEL 2018

APROBADA POR LOS JURADOS:

PRESIDENTE

: 
M.Sc. ESTEBAN MARIN PAUCARA

PRIMER MIEMBRO

: 
M.Sc. LUCIO QUEA GUTIERREZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. LUCIO RAUL MAMANI BARRAZA

ASESOR DE TESIS

: 
Ing. ARTURO RAFAEL CHAYÑA RODRIGUEZ

Área : Ingeniería de Minas

Tema : Análisis de costos mineros y comercialización de minerales

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por haberme guiado mis pasos. A mis padres Víctor, María y hermanos que en todo momento estuvieron a mi lado brindándome su amor y comprensión que me apoyaron de una manera incondicional. A todos ellos mi sincero agradecimiento por haber culminado mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mi grato agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, mi alma mater, y de manera especial a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, haciendo extensivo mi agradecimiento a los docentes, por los conocimientos impartidos durante mis años de estudio.

A la Administración de Empresa S.A – San Rafael, por su enorme apoyo en la realización de mis metas como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	14

CAPÍTULO I**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Descripción de la realidad del problema	15
1.2. Formulación del problema	16
1.2.1. Pregunta general.....	16
1.2.2. Preguntas específicas.....	16
1.3. Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
1.4. Justificación de la investigación.....	17

CAPÍTULO II**REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. Clasificación de masa rocosa RMR.....	19
2.2.2. Tipos de sostenimiento de mina subterránea	20
2.2.3. Empernado y enmallado	24
2.2.4. Equipo grúa y <i>small bolter</i>	26
2.2.5. Costos del equipo	26
2.2.6. Equipo grúa.....	26
2.2.7. Equipo <i>small bolter</i>	28
2.2.8. Fortificación de roca mediante pernos de anclaje	32
2.2.9. Activo fijo	32
2.2.10. Valor de adquisición.....	33
2.2.11. Vida útil.....	34

2.2.12. Vida económica.....	34
2.2.13. Valor salvamento.....	34
2.2.14. Valor en libros.....	34
2.2.15. Inversión media anual (IMA).....	35
2.2.16. Costo de posesión.....	35
2.2.17. Costo de operación.....	38
2.2.18. Indicadores para evaluación económica del proyecto.....	41
2.3. Definiciones conceptuales.....	45
2.4. Formulación de hipótesis.....	46
2.4.1. Hipótesis general.....	46
2.4.2. Hipótesis específicas.....	46

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño metodológico.....	48
3.2. Población.....	49
3.3. Muestra.....	49
3.4. Operacionalización de variables.....	50
3.4.1. Variable independiente.....	50
3.4.2. Variable dependiente.....	50
3.5. Técnicas de recolección de datos.....	50
3.5.1. Instrumentos de recolección de datos.....	51
3.5.2. Técnicas para el procesamiento de la información.....	51
3.6. Ámbito de estudio.....	63
3.6.1. Ubicación.....	63
3.6.2. Accesibilidad.....	63
3.6.3. Reseña histórica.....	64
3.7. Operaciones mina.....	64
3.7.1. Características.....	64
3.7.2. Mineralización en vetas y cuerpos.....	65
3.7.3. Costos de minado.....	65

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Sostenimiento mecanizado anterior.....	66
4.2. Sostenimiento mecanizado actual.....	68

4.3. Análisis e interpretación de hipótesis	71
4.4. Discusión	74
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR.....	20
Tabla 2. Características de pernos.....	22
Tabla 3. Características de mallas.....	24
Tabla 4. Dimensiones principales.....	27
Tabla 5. Dimensiones del equipo <i>small bolter 77</i>	31
Tabla 6. Componentes de un flujo de caja.....	42
Tabla 7. Operacionalización de variables.....	50
Tabla 8. Datos teóricos para cálculo de depreciación.....	52
Tabla 9. Datos teóricos para el cálculo de costos de operación.....	55
Tabla 10. Jornales por día.....	58
Tabla 11. Incidencia de estructura de precio unitario para instalación de perno helicoidal.....	58
Tabla 12. Incidencia de estructura de precio unitario para instalación malla electrosoldada.....	59
Tabla 13. Flujo de caja del proyecto.....	61
Tabla 14: Accesibilidad al proyecto minero.....	64
Tabla 15. Costos de minado.....	65
Tabla 16. Análisis de costo anterior de propiedad y operación.....	66
Tabla 17. Precio unitario anterior en colocación de perno helicoidal y malla electrosoldada.....	67
Tabla 18. Tiempo de instalación anterior de perno helicoidal y malla electrosoldada. ..	67
Tabla 19. Costo mensual anterior de sostenimiento mecanizado.....	68
Tabla 20. Análisis de costo actual de propiedad y operación.....	69
Tabla 21. Precio unitario en colocación de perno helicoidal con malla electrosoldada..	69
Tabla 22. Tiempo de instalación de perno helicoidal y malla electrosoldada.....	70
Tabla 23. Costo mensual actual de sostenimiento mecanizado.....	71
Tabla 24. Costo actual de propiedad y operación <i>small bolter</i> con grúa.....	72
Tabla 25. Comparativo de instalación perno helicoidal y malla electrosoldada.....	72
Tabla 26. Comparativo de precio unitario de perno helicoidal y malla electrosoldada. .	73
Tabla 27. Ahorro de costo de sostenimiento mecanizado.....	73
Tabla 28. Comparación de tiempos de instalación con pernos helicoidales y mallas electrosoldadas.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carga vs deformación, (<i>stilborg</i>).	23
Figura 2. Dimensiones del equipo grúa.....	27
Figura 3. Vista superior del equipo <i>small bolter 77</i>	29
Figura 4. Vista de corte transversal de túnel y proporciones de equipo <i>small bolter 77</i> en su interior.....	29
Figura 5. Partes de la torreta del equipo <i>small bolter 77</i>	30
Figura 6. Dimensiones del equipo <i>small bolter 77</i>	31
Figura 7. Tiempo de perforación por tipo de roca	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.....	84
Anexo 2. Colocación de malla electrosoldada con equipo mecanizado grúa.....	85
Anexo 3. Instalación de perno con malla con equipo mecanizado <i>small bolter</i>	85
Anexo 4. Cálculo de beneficios sociales.	86
Anexo 5: Capacidad de la malla metálica para retener rocas sueltas entre pernos.....	87
Anexo 6. Estructura de precio unitario de perno helicoidal de 7 pies con <i>small bolter</i> .	88
Anexo 7. Estructura de precio unitario de malla electrosoldada con <i>small bolter</i>	89
Anexo 8. Diseño de sostenimiento en labores de avance	90
Anexo 9. Programa de avances	91
Anexo 10. Programa de pernos helicoidales de 7 pies	91
Anexo 11. Programa de mallas electrosoldadas 2.4 x 7.5 m	92
Anexo 12. Tabla de control de instalación de pernos helicoidales de 7 pies y mallas electrosoldadas de 2,4 m x 7,5 m.....	93
Anexo 13. Ubicación de la mina San Rafael	96
Anexo 14. Estructura de precio unitario de perno helicoidal 7 pies.	97
Anexo 15. Estructura de precio unitario de malla electrosoldada con grúa.	98
Anexo 16. Valoración del macizo rocoso (R.M.R.).....	99
Anexo 17. Costos de equipo grúa	100

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

m	: Metros.
x	: Signo de multiplicar.
S.A	: Sociedad anónima.
"	: Pulgadas.
MPa	: Mega pascales.
mm	: Milímetros.
°	: Grados sexagesimales.
Gal	: Galones
Lb	: Libras
h	: Horas
VAN	: Valor actual neto
TIR	: Tasa interna de retorno
B/C	: Beneficio - costo
t/d	: Toneladas por día
TM	: Toneladas métricas
TMS	: Toneladas métricas secas.
Pies	: Unidad de distancia del sistema internacional

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la mina San Rafael – Minsur S.A., ubicado en el distrito de Antauta, provincia de Melgar, del departamento de Puno, durante el año 2017, el cual está relacionado con la reducción de costos de sostenimiento de empernado y enmallado en la ejecución de las labores de preparación mediante la optimización del equipo *small bolter*, donde se formula la siguiente pregunta ¿Cómo se reduce los costos en las actividades de colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en labores de preparación del nivel 4 185 mediante la optimización del uso del equipo *small bolter* de sostenimiento mecanizado?. Por lo que se vio por conveniente plantearse como objetivo reducir los costos en las actividades de colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en labores de preparación del nivel 4 185 mediante la optimización del uso del equipo *small bolter* de sostenimiento mecanizado. La metodología que se aplicó fue el método descriptivo ya que comprende desarrollar y describir cada proceso de la colocación de pernos y mallas y un diseño descriptivo-comparativo por que se comparará los costos del sostenimiento anterior y actual y se considera la aplicación del valor actual neto, teoría que consiste en proyectar flujos de caja a futuro y traerlos al presente. Los resultados encontrados fueron que para el sostenimiento anterior se ha requerido un costo mensual de US\$ 126 513,8 y después en la optimización utilizando exclusivamente *small bolter* se ha requerido US\$ 124 831,4 logrando un ahorro de 1 682,4 US\$/mes así mismo se ha optimizado el rendimiento en la instalación de 3 248 pernos/mes a 3 360 pernos/mes, resultando un incremento de 112 pernos/mes y 560 mallas/mes a 616 mallas/mes teniendo resultando un incremento de 56 mallas/mes durante el año, siendo un ahorro muy significativo para la empresa.

Palabras clave: Costos, empernado, enmallado, optimización, sostenimiento.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the San Rafael - Minsur SA Mine, located in the district of Antauta, province of Melgar, of the department of Puno, during the year 2017, which is related to the reduction of the costs of support of bolting and meshing. in the execution of the preparation tasks through the optimization of the small bolter team, where the following question is asked: How to reduce the costs in the activities of placement of helical bolts and electrowelded mesh in preparatory work of level 4 185 through optimization of the use of the equipment small support bolter mechanized? And it was considered convenient to aim to reduce costs in the activities of placement of helical bolts and welded mesh in preparatory work of level 4 185 by optimizing the use of small bolter equipment for mechanized support. The methodology that was applied was the descriptive method since it involves developing and describing each process of the placement of bolts and meshes and a descriptive-comparative design by which the costs of the previous and current maintenance will be compared and the application of the net present value is considered , theory that consists of projecting future cash flows and bringing them to the present. The results found were that for the previous support a monthly cost of US \$ 126 513.8 was required and then in the optimization using exclusively small bolter, US \$ 124 831.4 was required, achieving a saving of 1 682.4 US dollars. \$ / month has also optimized the performance in the installation from 3 248 bolts / month to 3, 360 bolts / month, resulting in an increase of 112 bolts / month and 560 meshes / month to 616 meshes / month resulting in an increase of 56 meshes / month during the year, being a very significant saving for the company.

Keywords: Costs, bolting, meshing, optimization, support.

INTRODUCCIÓN

En la unidad minera San Rafael - Minsur S.A., las actividades de sostenimiento, constituyen como una de las etapas más importantes para la estabilidad del macizo rocoso, seguridad y producción y es necesario tener mucha atención en el rendimiento de sus equipos que brindan servicio dentro de la cadena de producción y lograr mayor rentabilidad para la empresa minera y alcanzar los mejores resultados en labores de preparación del nivel 4 185 y considerando estos fundamentos se desarrolla la presente tesis titulado “reducción de costos mediante la optimización del equipo *small bolter* de sostenimiento mecanizado de la mina san Rafael – Minsur S.A.”, En la anterioridad para el desarrollo de labores del nivel 4 185 de la mina San Rafael – Minsur S.A., se tenía problemas en los costos de sostenimiento por lo que se planteó como objetivo principal optimizar los costos en sostenimiento de instalación pernos helicoidales con mallas electrosoldadas usando *small bolter* en el nivel 4 185 de la mina San Rafael – Minsur S.A.

El trabajo de investigación se divide en cuatro capítulos, en el capítulo I, se considera el planteamiento del problema motivo de tesis, en el capítulo II, se desarrolla el marco teórico analizando las bases teóricas fundamentales y definiciones conceptuales que serán la base para realizar el trabajo de investigación, en el capítulo III, se describe el proceso de la metodología de la investigación y la operacionalización de variables, asimismo, se desarrolla la caracterización del área de estudio y en el capítulo IV se plantea las discusiones y análisis de resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad del problema

En la unidad minera San Rafael – Minsur S.A. en general la roca estimada según su clasificación del tipo de roca es de regular a buena, en tal sentido según la tabla geomecánica recomienda que en labores horizontales; requiere sostenimiento sistemático con pernos helicoidales de 7 pies sistemáticamente a 1,8 m x 1,8 m (con un perno central) más malla electrosoldada. El sostenimiento que se ejecuta en las labores de preparación de secciones de 3,0 m x 3,0 m y 3,5 m x 3,5 m con elevados costos debido a que se utilizan equipos de sostenimiento como el *small bolter* y al mismo tiempo una grúa de acuerdo a la revisión de los informes y análisis, se tiene que su cumplimiento de acuerdo al planeamiento programado apenas llega a un 96,3 % lo que indica que no cumple además de eso se analizó los precios unitarios y resultan muy elevados para la instalación de pernos y colocación de mallas.

Frente a este problema se planteó realizar del uso exclusivo del equipo *small bolter* siendo más eficiente para las actividades de empernado y enmallado, esto refleja el cumplimiento del siguiente periodo en 97,6 %; Para tal efecto es muy eficiente, óptimo y viable en costos al utilizar el equipo *small bolter* siendo más rentable y mejorando notablemente los rendimientos de instalación y tiempos de la operación. (ver tabla 22, 23) y (ver anexo 12).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Pregunta general

- ¿Cómo se reduce los costos en las actividades de colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en labores de preparación del nivel 4 185 mediante la optimización del uso del equipo *small bolter* de sostenimiento mecanizado de la mina San Rafael – Puno?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuánto es el costo total de propiedad y operación al utilizar exclusivamente el equipo mecanizado *small bolter* sin grúas, en la colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en las labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael-Minsur S.A.?
- ¿Cómo son los costos de sostenimiento en la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas a través del uso exclusivo del equipo mecanizado *small bolter* en las labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael- Minsur S.A.?
- ¿Cuál es el tiempo de perforación y traslape con el uso exclusivo del equipo mecanizado *small bolter* en las labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael- Minsur S.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Reducir los costos en las actividades de colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en labores de preparación del nivel 4 185 mediante la optimización del uso del equipo *small bolter* de sostenimiento mecanizado de la mina San Rafael – Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estimar el costo total de propiedad y operación al utilizar exclusivamente el equipo mecanizado *small bolter* sin grúas, en la colocación de pernos

helicoidales con mallas electrosoldadas en las labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael-Minsur S.A.

- Estimar los costos de sostenimiento en la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas a través del uso exclusivo del equipo mecanizado *small bolter* en las labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael- Minsur S.A.

- Estimar el tiempo de perforación y traslape con el uso exclusivo del equipo mecanizado *small bolter* en las labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael- Minsur S.A.

1.4. Justificación de la investigación

La minería es una actividad que requiere mucha atención en los costos de operación para ser rentable ante cualquier inversión por ello la optimización de los costos mineros brindará un resultado viable sin pérdidas en las operaciones mineras con costos bajos. La zona en estudio posee labores de preparación y desarrollo con secciones de 3,0 m x 3,0 m a 3,5 m x 3,5 m para el minado de mineral y obtener mayor rentabilidad para la empresa minera a bajos costos de operación, determinando los costos de sostenimiento y cumplir los objetivos planteados. Para lo cual se usó el diseño descriptivo-comparativo el cual consistió en realizar las comparaciones del sostenimiento anterior y el nuevo sostenimiento planteado (actual) de tal forma visualizar cuánto es la reducción de los costos y el aumento de rendimiento en la instalación de pernos y mallas electrosoldadas. La teoría aplicada fue describir los costos de propiedad y operación del equipo *small bolter* y también realizar un estudio de tiempos en las actividades de instalación de pernos y mallas electrosoldadas a fin de analizar los rendimientos que se tiene cuando se usa el *small bolter* y grúa y solo el *small bolter* en las actividades de sostenimiento.

La reducción de costo en sostenimiento mediante la optimización beneficiará en el rendimiento de la mina San Rafael – Minsur S.A. Por tal motivo el presente proyecto de investigación se justifica evidentemente en su ejecución y por ser de mucha importancia para la mina San Rafael – Minsur S.A.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Antunez, (2010), concluye que “el sostenimiento con pernos empleando jumbos electrohidráulicos ha contribuido a la reducción de costos en cuanto al uso de materiales para sostenimiento y sobre todo una reducción en el tiempo que se demora en sostener una determinada área a comparación con el uso de las perforadoras manuales, lo cual trae como consecuencia que el avance de la excavación subterránea sea más fluido, mejorando de esta manera el ciclo de minado.”

Espinoza, (2011), Indica que “el sostenimiento mecanizado agiliza las operaciones unitarias incrementando la productividad además proporciona un rendimiento y sostenimiento eficaz a comparación de un sostenimiento convencional y semi mecanizado y con respecto a la comparación de costos en algunos casos el sostenimiento mecanizado es conveniente además de obtener la instalación de los sostenimientos activos y pasivos con mejor calidad.”

Flores, (2011), concluye que, “para determinar el tipo de sostenimiento adecuado, el mejor aliado para el ingeniero es la práctica y la observación diaria de la roca, en la que está realizando la excavación subterránea. A pesar del alto costo de la resina, el costo total del sistema instalado se puede comparar

ventajosamente con otros sistemas de anclaje, por el factor reducido de mano de obra.”

Huamani, (2014), concluye que “el sistema expansivo que posee el perno *hydrabolt* proporciona un sostenimiento activo, permanente y efectivo. Asimismo, su capacidad de carga brinda un factor de seguridad y la ventaja principal se centra en su menor tiempo de instalación (inflado en 1 minuto a 2 minutos), que resulta en una reducción de costos de sostenimiento a 12,81 US\$/m² en rocas tipo IV-A.”

Mendieta, (2014), indica que “la implementación de sostenimiento mecanizado frente al convencional con cuadros es más económico en 1,9 US\$/tn, de mayor productividad, de mayor confort y de mayor seguridad para los trabajadores dado que el sostenimiento se realiza con equipos *bolter*, *putzmeister* a diferencia de la colocación de cuadros de madera que exigen mayor esfuerzo físico para los trabajadores y mayor exposición al desprendimiento de rocas.”

Narvaez, (2017), indica que “al utilizar el jumbo *bolter* J-15 en el sostenimiento anterior del pique circular se ha requerido un costo mensual de US\$ 20 083,60 y utilizando el jumbo *axera* J-15, un costo mensual de US\$ 16 889,28 y realizando un costo comparativo mensual se obtiene un ahorro de US\$ 3 784,32 por mes.”

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Clasificación de masa rocosa RMR

Bieniawski, (1989), desarrolla la valoración de la masa rocosa RMR (rock mass rating): “El sistema de clasificación RMR fue desarrollado para la caracterización de la masa rocosa y utilizada como una herramienta para el diseño de túneles. Este sistema ha evolucionado para su mejor entendimiento de los parámetros.”

La mayor ventaja del sistema RMR, es que este sistema es fácil para usar. Las críticas comunes son que el sistema es relativamente insensible a las menores variaciones de la calidad de roca. Este método de clasificación permite caracterizar

y estimar la calidad de un macizo rocoso de manera rápida, sencilla y de bajo costo en el trabajo de campo. (OSINERGMIN, 2017).

Los 6 parámetros que son usados para clasificar una masa rocosa son los siguientes:

- Resistencia compresiva uniaxial del material rocoso.
- Designación de la calidad de la roca (R.Q.D.).
- Espaciamiento de las discontinuidades.
- Condición de las discontinuidades.
- Condiciones del agua subterránea.
- Orientación de las discontinuidades.

“En la aplicación de este sistema de clasificación, la masa rocosa es dividida en un número de regiones estructurales y cada región es clasificada separadamente. Los bordes de las regiones estructurales generalmente coinciden con algún rasgo estructural principal tal como una falla o con un cambio en el tipo de roca”. La clasificación RMR de (*Bieniawski*, 1989) califica a la roca en 5 clases las cuales se muestran a continuación. (ver tabla 1)

Tabla 1. Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR.

Clase	Calidad de roca	Valoración RMR
I	Muy buena	100 - 81
II	Buena	80 - 61
III	Mediana	60 - 41
IV	Mala	40 - 21
V	Muy mala	20 - 0

Fuente: *Biewniawsky RMR (rock mass rating)*.

2.2.2. Tipos de sostenimiento de mina subterránea

Existen diversos tipos de sostenimiento para excavaciones, que pueden utilizarse individualmente o en combinación con otros para estabilizar las excavaciones mineras. Estos son:(OSINERGMIN, 2017).

- Pernos de anclaje.
- Cables de acero.
- Revestimiento de concreto.
- Concreto lanzado (simple o reforzado con fibra).
- Puntales de madera.
- Paquetes de madera (*wood pack*).
- Tablas de madera con encribado de madera.
- Cimbras metálicas.
- Cimbras cedentes.
- Gatas hidráulicas.
- Malla metálica eslabonada y electrosoldada.
- Relleno (simple o cementado).
- Pernos autoperforantes con relleno cementado (para rocas blandas).
- Elementos de pre soporte (micropilotes y *spilling bars*).

2.2.2.1. Pernos de anclaje

Pire, (2006), señala que los pernos proporcionan esfuerzos a la roca desde el instante mismo de su colocación, logrando que sea partícipe del sostenimiento. Existen muchos tipos de pernos que se diferencian por la característica del anclaje (pernos de expansión, de adherencia o de fricción), o por su capacidad de deformarse (pernos rígidos o pernos dinámicos). Características y propiedades de pernos de anclaje.

El tipo de perno a emplear en el macizo rocoso a sostener se determinará por las características estructurales del macizo rocoso y el efecto que se quiere lograr con ellos (ej. en rocas suaves el anclaje puntual no funciona; bajo condiciones de estallido de rocas o en condiciones de altos esfuerzos inducidos, se requiere un perno dinámico, pero de alta resistencia), (Sociedad nacional de minería petróleo y energía, 2014)

Es necesario recalcar que estos elementos de sostenimiento tienen una resistencia en cuanto a la capacidad del acero a la tracción, y otra resistencia a la adherencia que se obtiene en la interfase del mortero de cemento y/o resina con el macizo rocoso, siendo lo recomendable que el elemento de sostenimiento se ancle

a la longitud necesaria para que la resistencia a la adherencia alcance la máxima resistencia del acero (ver tabla 2).

Nota: Las pruebas realizadas por la universidad Lulea en Suiza, se empleó concreto de alta resistencia: $R_c = 60$ MPa para simular bloques de roca, ver figura 1.

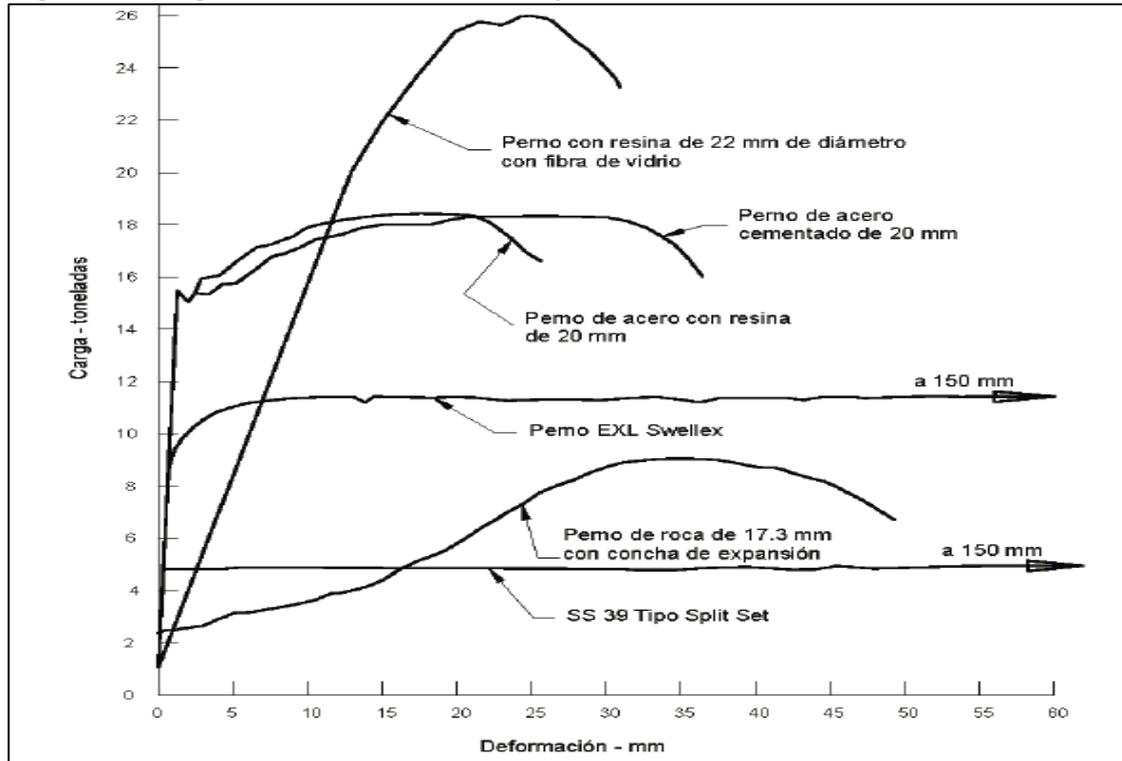
Tabla 2. Características de pernos.

Tipo de perno	Resistencia del límite elástico (ton)	Resistencia a la ruptura (ton)
5/8" perno mecánico	6,1	10,2 (grado 690 MPa)
<i>Split set</i> (ss-33)	8,5	10,6
<i>Split set</i> (ss-39)	12,7	14
<i>Swellex</i> estándar	N/A	11
<i>Swellex</i> deformable	N/A	9,5
<i>Super Swellex</i>	N/A	22
20mm barra (N° 6)	12,4	18,5
22mm barra (N° 6)	16	23
25mm barra (N° 6)	20,5	30,8
N° 6 <i>dywidag</i>	11,9	18
N° 7 <i>dywidag</i>	16,3	24,5
N° 8 <i>dywidag</i>	21,5	32,3
N° 9 <i>dywidag</i>	27,2	40,9
N° 10 <i>dywidag</i>	34,6	52
1/2" <i>cable bolt</i>	15,9	18,8
5/8" <i>cable bolt</i>	21,6	25,5
1/4"x4" <i>strap</i> (MS)	25	39

Fuente: Pire 2006.

2.2.2.2. Malla metálica

La instalación de malla en el techo y en los hastiales de las excavaciones es un método muy eficaz para retener la caída de bloques pequeños de roca. En este caso la malla se emplea conjuntamente con el perno de anclaje. Se pondrá especial atención a la fijación de la malla mediante la placa de retén del perno.

Figura 1. Carga vs deformación, (stilborg).

Fuente: Universidad Lulea, 2005

OSINERGMIN, (2017), Señalan que la malla metálica es un sostenimiento de seguridad que deberá ser capaz de soportarlos fragmentos de roca (pequeños) que se pueden desprender entre un perno a otro, es muy efectiva y económica comparada con otros sistemas de retención de rocas sueltas.

Consideraciones para su empleo:

- Este tipo de sostenimiento no está diseñado para soportar cargas estáticas y/o dinámicas, pero en combinación con otros sistemas de soporte es capaz de contener las cargas mencionadas.
- Conjuntamente con los pernos dinámicos se utiliza un sistema de retención de los fragmentos de roca eyectados por la actividad micro sísmica, la capacidad de absorción de energía de una malla electrosoldada de 10 m x 10 m x 4 mm es: $3 - 6 \text{ kJ/m}^2$ (deberá ser verificado por el fabricante).
- La instalación de este sistema de sostenimiento es apropiada para asegurar lugares para el tránsito de personal, lugares de reunión de los trabajadores, subestaciones eléctricas, cámaras de chancado etc.

Bordehore, (2010), refiere que existen tres tipos de malla: malla no metálica, malla de alambre tejido y la malla electro soldada. La malla de alambre tejido es muy flexible y se la emplea para contener la caída de rocas de techo y hastiales de las excavaciones, aunque no se recomienda este tipo de malla en el concreto lanzado porque dificulta que éste llegue a la roca y queda “soplado” detrás de la malla. La malla electro soldada es más rígida pero más adecuada para emplearla conjuntamente con el concreto lanzado.

Nota: Calibre 4 = 0,23” diámetro, calibre 6 = 0,20” diámetro, calibre 9 = 0,16” diámetro, calibre 11 = 0,125” diámetro, calibre 12=0,11” diámetro, resistencia al corte del *shotcrete* = 2 MPa = 200 toneladas/m², ver tabla 3.

Tabla 3. Características de mallas.

Malla	Resistencia al abudamiento distribución 1,2 m x 1,2 m
4” x 4” Malla electrosoldada (calibre 4)	Resistencia abultamiento = 3,6 toneladas
4” x 4” Malla electrosoldada (calibre 6)	Resistencia abultamiento = 3,3 toneladas
4” x 4” Malla electrosoldada (calibre 9)	Resistencia abultamiento = 1,9 toneladas
4” x 4” Malla electrosoldada (calibre 12)	Resistencia abultamiento = 1,4 toneladas
2” Malla de eslabones (calibre 11 metal desnudo)	Resistencia abultamiento = 2,9 toneladas
2” Malla de eslabones (calibre 11 galvanizado)	Resistencia abultamiento = 1,7 toneladas
2” Malla de eslabones (calibre 9 metal desnudo)	Resistencia abultamiento = 3,7 toneladas
2” Malla de eslabones (calibre 9 metal desnudo)	Resistencia abultamiento = 3,2 toneladas

Fuente: Unidad minera MINSUR.

2.2.3. Empernado y enmallado

Revista construcción minera, (2015), el empernado es el método más aceptado para el sostenimiento provisional o definitivo. Para esto, se utilizan diferentes tipos de pernos de anclaje, que se clasifican en pernos anclados mecánicamente, anclados con resina o cemento y anclados por fricción. Los primeros (de anclaje con cabeza de expansión), utilizados en rocas medianamente duras, son los más comunes tanto en labores mineras como de ingeniería civil. En

cuanto a los pernos anclados con resina o cemento, el más común es el de barra de hierro o acero tratado que utiliza la resina o el cemento como un adherente.

Dentro de los pernos anclados por fricción existen los *split set* y *swellex*. En ambos sistemas, la resistencia a la fricción para el deslizamiento entre la roca y el acero, sumado a la acción mecánica de bloqueo, es generada por la fuerza axial entre la superficie del barreno y el perno. Aunque los dos sistemas están descritos bajo un mismo denominador, solo el *split set* es de fricción. En el caso del *swellex*, combina la fuerza de fricción sumada al mecanismo de expansión del perno al interior del barreno que habitualmente tiene paredes irregulares. Esta situación genera una acción de bloqueo que permite obtener alta resistencia a la tracción (OSINERGMIN, 2017).

Por otro lado, para la fortificación, también se utilizan mallas de acero, fabricadas con alambre de acero especial de alta resistencia, en diferentes grosores, que permiten una mayor distancia entre anclajes. Su uso es especialmente indicado en zonas comprometidas por estallidos de rocas o donde el macizo rocoso está muy alterado y, por lo tanto, fragmentado. El alambre está protegido contra la corrosión por una aleación especial cuatro veces superior al galvanizado habitual. En la construcción minera subterránea habitualmente se utilizan las mallas mineras electrosoldadas y las tejidas, trenzadas o de “bizcocho”. Las primeras se caracterizan por tener medidas y pesos conocidos, uniones más sólidas y terminaciones de alta calidad, mientras que las segundas se identifican por su flexibilidad y capacidad de absorber importantes cantidades de energía, dependiendo de su instalación, siendo muy eficiente en la retención de bloques pequeños inestables, provocados por eventos sísmicos, activaciones estructurales y otros, (Carreon, 2001).

Para su instalación, se apegan a las paredes de la labor, siendo afirmadas con pernos de anclaje o con lechada (dependiendo de la durabilidad) y afianzadas a la superficie de la roca con planchuelas y tuercas. Entre una malla y otra deben ser traslapadas en sus bordes periféricos.

2.2.4. Equipo grúa y *small bolter*

El equipo grúa cumple la función de realizar trabajos varios para colocado de mallas y trabajos de servicio, de igual modo realiza desatado de rocas al iniciar el sostenimiento, (Urribari, 2004).

En cambio, el equipo que se propone es el *small bolter*; realiza sostenimiento mecanizado con pernos y malla de forma eficiente y segura, acelera el ciclo de producción, elimina el uso de perforadoras manuales debido a que se utilizan perforadoras montabert, presenta alta productividad hasta 7 000 pernos/mes (RESEMIN, 2008).

2.2.5. Costos del equipo

En los costos económicos producidos por utilizar un recurso determinado, deben considerarse los recursos que el país debe prescindir con el objeto de poner el recurso a disposición del proyecto. Este concepto del beneficio a que se renuncia recibe el nombre de costo de oportunidad y es fundamental para evaluar los costos de inversión y de operaciones de un proyecto, (Verasay, 2013).

2.2.6. Equipo grúa

Normet, (2010), es un equipo especialmente diseñado para las técnicas de sostenimiento de minería. Su estructura y componentes se han diseñado para un funcionamiento duradero y fiable incluso en las condiciones más adversas. El portador está compuesto por dos bastidores de módulo, el bastidor del extremo del motor y el bastidor del extremo de carga. Los cilindros de dirección hidráulica están montados para un movimiento basculante entre los bastidores. Los bastidores se unen cerca del centro de la unidad mediante una unión de bastidor móvil o mediante un eje vertical a través de dos pasadores de articulación para la dirección. Esto permite al portador maniobrar en los espacios más estrechos y colocarse con una precisión óptima.

Utilift 6605 B mecaniza el levantamiento de hombre en perfiles de túnel de tamaño pequeño y mediano. Su alcance medio de carga de elevación es de 500 kg

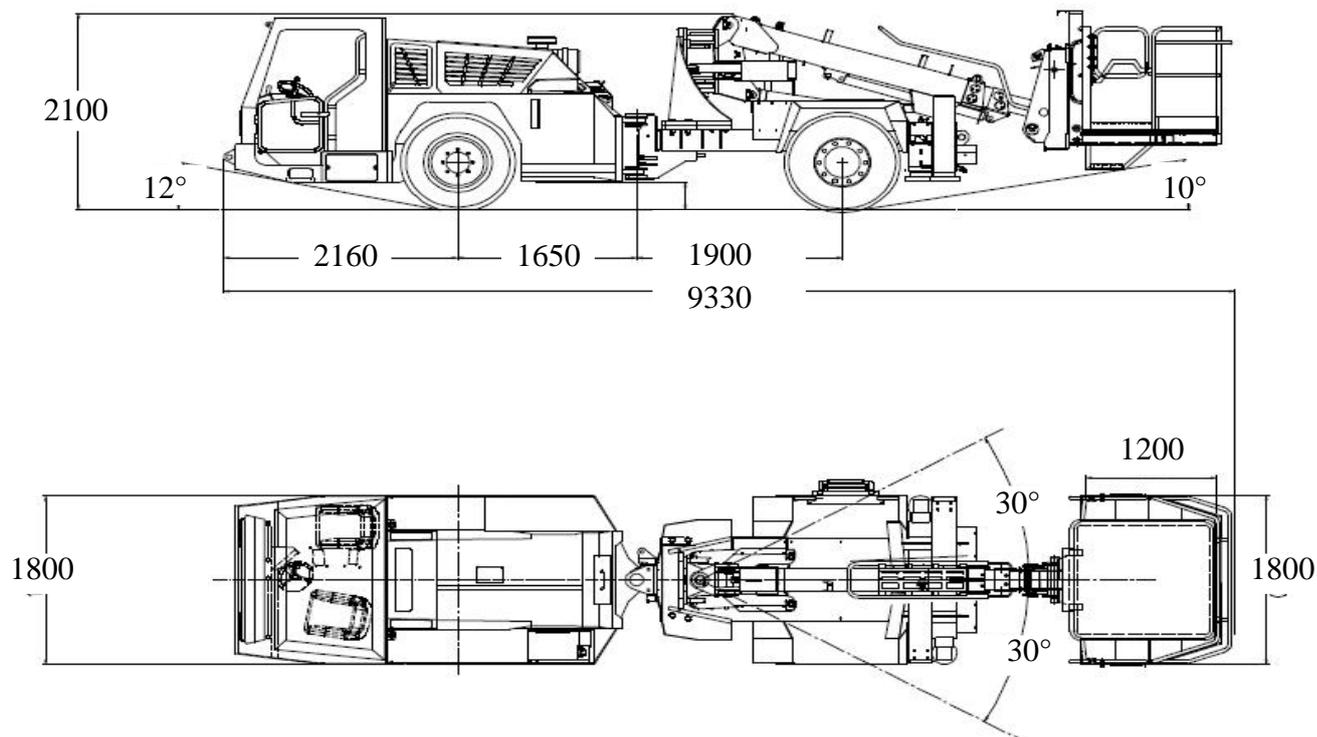
y la altura máxima de plataforma de 6,5 m., ayuda a los mineros a alcanzar techos de hasta 8,7 m de altura, (Belizario, 2011).

Tabla 4. Dimensiones principales.

Criterio	Medida
Longitud	93 330 mm
Ancho	1 970 mm
Alto	2 200 mm
Distancia entre ejes	3 550 mm
Oruga	1 500 mm
Distancia hasta el suelo	280 mm
Peso en Funcionamiento	10 000 kg
Radio de giro externo	93 330 mm
Radio de giro interno	1 970 mm
Capacidad de elevación del brazo con cesta.	500 kg
Altura de elevación máxima del brazo con cesta	6 500 mm
Giro del brazo con cesta	20° / 30°

Fuente: *Normet* (2010).

Figura 2. Dimensiones del equipo grúa.



Fuente: *Normet* (2010).

2.2.7. Equipo *small bolter*

Normet, (2010), es un equipo que realiza Sostenimiento mecanizado con pernos y malla de forma eficiente y segura:

- Acelera el ciclo de producción.
- Elimina el uso de perforadoras manuales.
- Perforadoras *montabert*.
- Alta productividad, hasta 7 000 pernos/ mes.

2.2.7.1. Capacidades de equipo *small bolter*

Belizario, (2011), las capacidades son las siguientes:

- Sostenimiento mecanizado de túneles con alturas de 3,00 m a 5,50 m.
- Longitudes de pernos: 5, 6, 7, 8 y 10 pies.
- Utiliza: splitset, hydrabolt, swellex, resina y lechada de cemento.
- Instalación de malla de forma rápida y segura

2.2.7.2. Sistema de perforación de equipo *small bolter*

Los sistemas de perforación son las siguientes:

- Perforadoras montabert HC50 y HC20.
- Columna de empernado compuesta por dos vigas: perforación y empernado.
- Brazo hidráulico perfil cuadrado para trabajo pesado extensión 1,00 m.
- Unidad de rotación helac 360°.
- Sistema de intercambio de vigas con tres posiciones.
- Centralizador hidráulico.
- Bomba de agua grund foss.
- Compresor LE - 10, 3 HP (RESEMIN, 2016).

La explotación minera conlleva excavaciones rocosas de variadas formas, tamaños y orientaciones que cumplen determinadas funciones para apoyar el proceso de minado. Según como se presente las condiciones geomecánicas de la masa rocosa, se aplica el sostenimiento cuyo objetivo primario es movilizar y conservar la resistencia inherente de la masa rocosa de tal modo que ésta llegue a autoportarse.

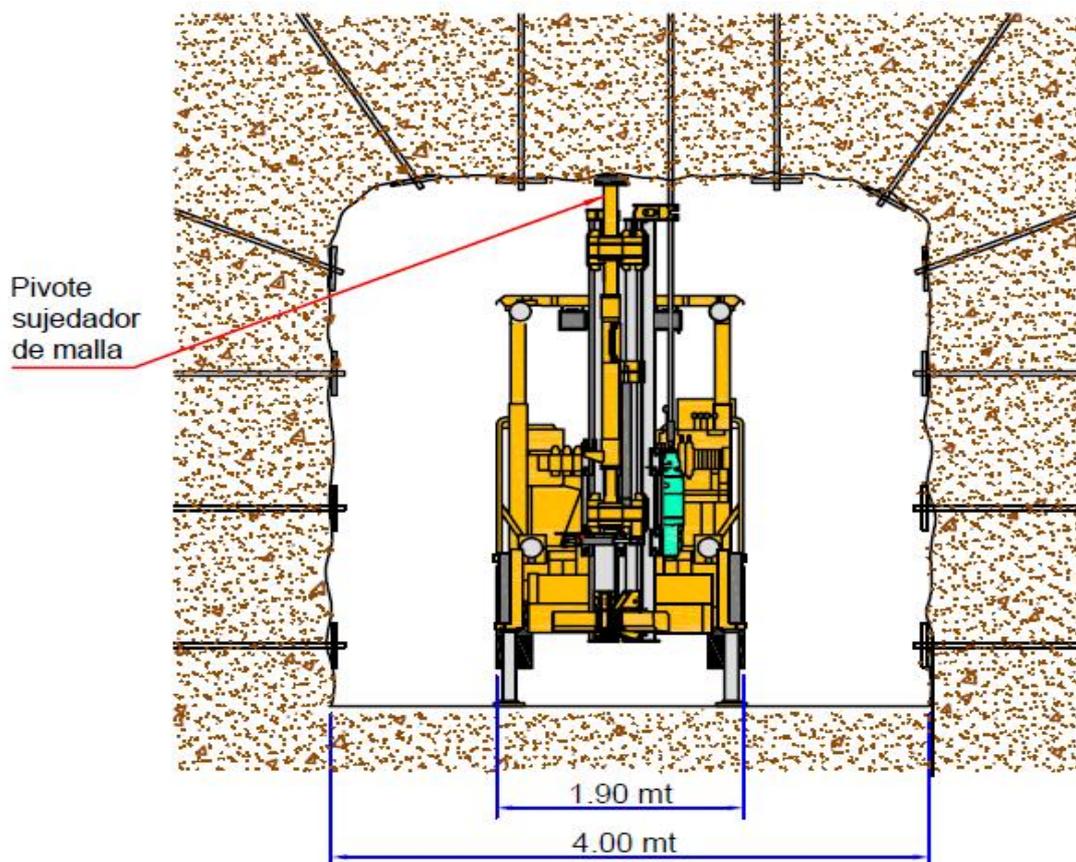
Figura 3. Vista superior del equipo *small bolter* 77.



Fuente RESEMIN (2016).

Este equipo ha sido diseñado para diversos tipos de sostenimiento.

Figura 4. Vista de corte transversal de túnel y proporciones de equipo *small bolter* 77 en su interior.



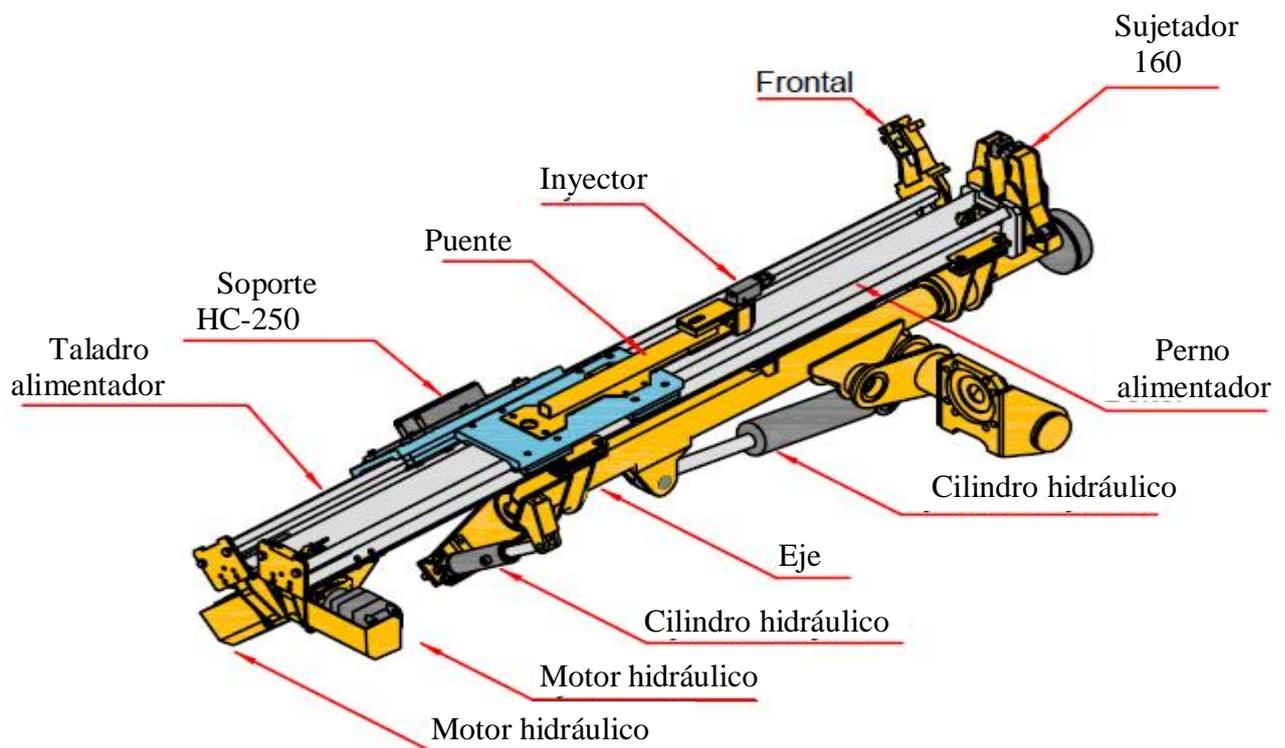
Fuente: RESEMIN (2016).

Generalmente el sostenimiento puede aplicarse en dos modalidades: (Lope, 2016).

- Refuerzo o sostenimiento activo: en el cual los elementos de sostenimiento | forman parte integral de la masa rocosa reforzada. Ejemplo: *split set*.
- Soporte o sostenimiento pasivo: en el cual los elementos son expertos a la roca y responden a la deformación de la roca circundante a la excavación. Ejemplo: tablas de madera, mallas metálicas, etc.

Los sistemas de sostenimiento son: natural y artificial, siendo la primera cumpliendo con ciertas condiciones para su aplicación como que el mineral y la roca encajonante debe ser relativamente competente es decir de un buen grado de clasificación geomecánica (I o II). Caso contrario en la segunda, donde, el terreno es de mala calidad, (RESEMIN, 2006).

Figura 5. Partes de la torreta del equipo *small bolter 77*.



Fuente: RESEMIN (2016).

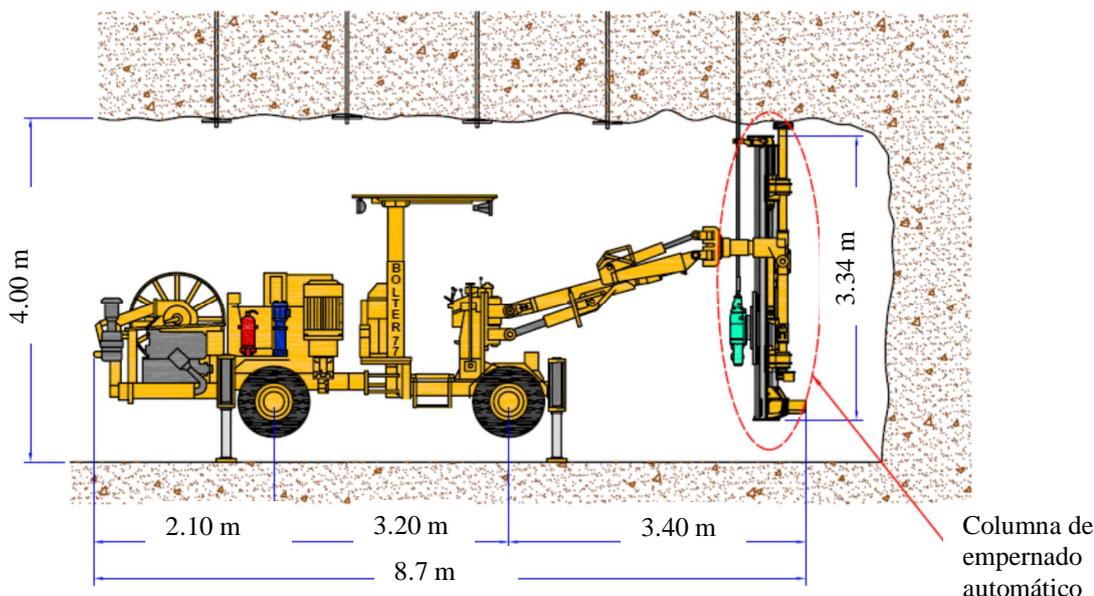
Se cuenta con equipos *small bolter 77*, cuya función principal es el empernado con un propósito de estabilización del macizo rocoso. El rendimiento

del equipo *small bolter* durante el año, depende de las características del tipo de roca como puede ser muy buena, buena, regular y mala (RESEMIN, 2006).

2.2.7.3. Dimensiones del equipo *small bolter* 77

Las dimensiones del equipo se muestran en las siguientes figuras:

Figura 6. Dimensiones del equipo *small bolter* 77.



Fuente: RESEMIN (2016).

Tabla 5. Dimensiones del equipo *small bolter* 77.

Criterio	Medida
Largo de extremo a extremo:	8,70 m
Ancho es:	2,09 m
Altura es:	2,16 m

Fuente: RESEMIN (2016).

Las dimensiones son aptas para operar en cualquier tipo de terreno, ya que su sistema de empernación (automático), contribuye a la efectividad de las tareas. El proceso de empanación es automático, no hay extracción de las barras de perforación. Además, se logra instalar cualquier tipo de perno. (Loayza, 2006)

2.2.8. Fortificación de roca mediante pernos de anclaje

El sistema de refuerzo mediante pernos de anclaje es una técnica de sostenimiento que consiste en anclar en el interior de las rocas una barra de material resistente que aporta una resistencia a la tracción y confinando al macizo rocoso, permite aprovechar las características de resistencia propia de las rocas facilitando su sostenimiento (Garcia, 2011). Se entiende como sostenimiento al conjunto de elementos que se colocan en una excavación subterránea para contribuir su estabilización, (Carreon, 2001).

Según esta definición, el trabajo que debe realizar el sostenimiento está íntimamente ligado al reajuste tensión al que se produce en el terreno como consecuencia de la realización de la excavación. Por ello para comprender lo mejor posible el papel que juega el sostenimiento, lo cual es imprescindible para poderlo diseñar adecuadamente, es necesario tener muy claro cómo se desarrolla el reajuste tensional inmediatamente después de realizar una excavación subterránea, (MINSUR, 2016).

El máximo peso que puede soportar un perno de anclaje está dado por la expresión:

$$W = F \times s \times c \times h \times \delta$$

Donde:

F: Coeficiente de seguridad, comprendido entre 1,5 y 3.

s: Espaciado transversal del perno de anclaje.

c: Espaciado longitudinal de los pernos.

h: Espesor de los estratos de roca que deben ser anclados.

δ : Densidad de la roca.

2.2.9. Activo fijo

Mestas, (2015), en general, por activo fijo se entiende a todo bien o derecho de una entidad disponible para ser utilizado netamente en la explotación más no con el propósito de vender y cuya duración trasciende un ejercicio contable. Los

activos fijos pueden ser: tangibles o físicos e intangibles. Los activos físicos se consideran como sigue:

- Terrenos.
- Construcción y obras de infraestructura.
- Maquinarias y equipos.

Según el (Ministerio de Economía y Finanzas, 2014), se considera activo intangible a todo derecho o beneficio económico, a favor de la entidad que le signifique potenciar el servicio, utilizado en la explotación durante el período de varios ejercicios, estos activos pueden denominarse:

- Patentes: Concesiones hechas para el uso y explotación de un invento.
- Marcas comerciales: Identificaciones distintas de un producto o servicio.
- Derecho de llave: Exceso en el costo de adquisición o en el gasto por el uso de un activo por encima de su valor contable o intrínseco.
- Licencias y franquicias: Privilegio concedido para la venta de un producto o servicio de acuerdo a ciertas condiciones específicas.

2.2.10. Valor de adquisición

El valor de adquisición de un activo está conformado por su precio de compra, además de ello contempla costos de comisiones si la hubiese, transporte, los costos de instalación, costos de montaje y costos necesarios para la puesta en marcha del activo (Mestas, 2015).

Según la resolución directoral N° 035 (MVCS, 2010), referente a la norma técnica de “elementos para la determinación del costo horario de los equipos y la maquinaria del sector construcción”, señala que “el costo de la adquisición de un equipo dependerá si la adquisición es extranjera o en el mercado nacional. Si la maquinaria es de fabricación extranjera, en la cotización deberá incluirse el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque (FOB), los gastos de embarque, fletes y desembarque en el puerto del Callao (CIF-Callao)”. Las medidas arancelarias para ingresar equipos al Perú son:

- Ad/ valoren 0 %.
- Impuesto selectivo al consumo 0 %.

- Impuesto general a las ventas 16 %.
- Impuesto de promoción municipal 2 %.
- Seguro 1 %.
- Sobretasa 0 %.

2.2.11. Vida útil

Belizario, (2017), señala que es el tiempo de duración de un bien, en dicho tiempo el bien cumple correctamente la función para el cual ha sido creado, normalmente para equipos se calcula en años, esto con el propósito de depreciación e impuestos

2.2.12. Vida económica

La vida económica de un equipo se refiere a la duración en el tiempo en la que el equipo vista desde el punto económico sea más rentable para la empresa, es decir, la máquina trabaja con un rendimiento económicamente justificable y donde mantenerlo en servicio es la alternativa más rentable para la empresa. (Belisario, 2017).

2.2.13. Valor salvamento

Es el valor de intercambio o de venta del activo al final de la vida económica, el valor de salvamento se expresa como una cantidad estimada (términos monetarios) o como un porcentaje del valor inicial, y puede ser positivo, cero o negativo (debido a los costos de desmantelamiento y otros). (Verasay, 2013).

El Valor salvamento o valor de rescate para maquinarias pesadas (cargadores, moto traíllas, tractores, etc.) fluctúa generalmente entre el 20 % y 25 % del valor de adquisición. (Callejas, 2011).

2.2.14. Valor en libros

Representa la inversión restante y no depreciada en libros, después de que el monto total de los cargos de depreciación se restó de la base. En general el valor en libros, se determina al final de cada año. (Blank & Tarquin, 2006) .

2.2.15. Inversión media anual (IMA)

Es el valor promedio o como su nombre lo indica media anual del costo que tiene la maquinaria al final de cada año y durante su período estimado de vida útil, posteriormente se haya deducido su porcentaje de depreciación proporcionado para cada año. (Belisario, 2017).

Sobre la inversión media anual se acostumbra calcular los intereses, seguros, impuestos y costo de almacenamiento.

Señala (Belisario, 2017) que cuando en el método de la línea recta o lineal decreciente, no se considera el valor de rescate para el cálculo de la depreciación; la fórmula para el cálculo de la inversión media anuales la siguiente:

$$IMA = \frac{Va(n + 1)}{2n}$$

Esta fórmula, es muy utilizada en los textos sobre el cálculo horario de las maquinarias, así como en los manuales de los fabricantes de las maquinarias, (Ministerio de Vivienda, 2010).

Donde:

IMA : Inversión media anual.

Va : Valor de adquisición.

n : Vida económica en años.

2.2.16. Costo de posesión

De acuerdo a lo manifestado por, (Belisario 2017), los costos de posesión son costos fijos (monto que la empresa debe desembolsar independientemente de que se use o no el equipo) durante la vida útil del equipo, estos costos en su totalidad son de carácter anual, e incluyen el costo de capital inicial (costo que son incurridos en la compra hasta el normal funcionamiento del equipo).

Lo costos fijos se mantienen estables en su totalidad durante cierto período de tiempo, a pesar de los cambios que puedan ver en el nivel de producción y en

su totalidad que a veces se denominan costos de propiedad o costos generales, que para un equipo, es considerado lo siguientes:

2.2.16.1. Depreciación de activos

El activo con el uso y el pasar de los años pierde valor, por lo tanto, la depreciación se refiere a la disminución de valor original del activo como consecuencia del uso en el tiempo de la vida económica del activo. En general la depreciación es un costo en libro que recupera la inversión en activos tangibles, aunque la depreciación no es monto de desembolso efectivo real, el proceso de depreciar explica la pérdida de valor del activo debido al uso, antigüedad u obsolescencia. (*Black & Tarquin, 2006*).

La depreciación, por lo tanto, no constituye un egreso de caja (el egreso efectivo se produjo cuando se compró el activo), pero es posible restar de los ingresos para reducir la utilidad y con ello los impuestos. (*Sapag, 2008*).

La depreciación se suele efectuar utilizando el método de línea recta, con el fin de estimar los costos presupuestarios. Para utilizar este método, simplemente es restar el valor de recompra o salvamento de la maquina al precio de compra y dividir por el número de años de vida útil. El número de años de vida útil dependerá de la velocidad de uso de la máquina. El tiempo transcurrido desde la compra hasta que la máquina esté desgastada o técnicamente obsoleta, varía de un tipo de máquina a otro. Una regla general aceptable es de 5 a 8 años. (*Ramirez, 2007*).

$$D = \frac{(P - Vs)}{n}$$

Donde:

D : Depreciación.

P : Valor inicial o valor de adquisición.

Vs : Valor de salvamento.

n : Vida económica en años.

2.2.16.2. Intereses y amortizaciones

El interés, es la manifestación del valor del dinero en el tiempo, desde un punto de vista de cálculo, el interés es la cantidad de dinero al final de un período con respecto al dinero original, (*Black & Tarquin*, 2006). Entonces el interés es un porcentaje adicional por el dinero prestado al final de determinado período.

Por otro lado, la amortización viene a ser la devolución de dinero prestado, es decir al amortizar se está cancelando la deuda adquirida, (Chu, 2013). Cualquier empresa para comprar una máquina, financia los fondos necesarios en los bancos o en el mercado de capitales, pagando por ello el interés correspondiente; o puede darse el caso, que si la empresa dispone de los fondos suficientes podrá adquirirla con capital propio; pero debemos insistir que, a pesar de que la empresa pague la máquina al contado, debe cargársele el interés de esa inversión: ya que ese dinero bien pudo haberse invertido en otro negocio que produzca dividendos a la empresa, (Ministerio de Vivienda, 2010).

La fórmula genérica para el cálculo horario del interés del capital invertido es:

$$i = \frac{IMA * T}{Ve}$$

Donde:

I	: Interés del capital invertido.
IMA	: Inversión media anual.
T	: Tasa de interés anual vigente para el tipo de moneda a utilizar (TAMN o TAMEX) más gastos bancarios.
Ve	: Vida útil económica.
TAMN	: Tasa activa en moneda nacional.
TAMEX	: Tasa en moneda extranjera.

2.2.16.3. Seguros

Se considerará la tasa anual que debe pagar el propietario a una compañía de seguros para proteger la maquinaria contra todo riesgo, este es un costo que

estará perfectamente determinado por el valor de la póliza con que se protegen los equipos, dicho monto deberá ser convertido a un costo horario, en la medida que se está tratando de determinar el costo horario de las maquinarias; sin embargo para una primera aproximación para la determinación del cálculo del costo horario de la maquinaria, por este concepto se puede considerar un porcentaje que varía entre el 2 y 3 % de la inversión media anual (Ministerio de Vivienda, 2010).

$$S = IMA \left(\frac{\% S}{Ve} \right)$$

En donde:

- S : Seguro.
 IMA : Inversión media anual.
 Ve : Vida útil económica.
 % S : Tasa de seguro.

2.2.17. Costo de operación

Los costos de operación, son los costos que demanda el equipo por la operación y mantenimiento del mismo, Estos costos se denominan costos “variables” porque dependen de varios factores tales como el número de horas de operación, los tipos de equipo utilizados y la ubicación y condiciones de operación. (Belisario, 2017).

Para la determinación de los costos de operación se deberá tomar los siguientes factores:

2.2.17.1. Combustibles

El consumo de combustible varía en función a la potencia, y las condiciones de trabajo. La forma más exacta de conocer la cantidad de consumo combustible es tomando datos directamente de la obra, para las estimaciones iniciales de consumo de combustibles es recomendable recurrir a los manuales técnicos del equipo. (Gransberg & Connor, 2015).

2.2.17.2. Lubricantes, grasas y filtros

Para la evaluación del consumo de lubricantes, la mejor fuente son los registros de los cambios que lleva el propietario o administrador de la máquina.

De no disponerse de esta información pueden usarse datos suministrados por el fabricante, o tablas genéricas que correlacionan los consumos con la potencia del motor. (Maza, 1999).

Los costos aproximados de los filtros se determinan utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Costo filtro} = \frac{20 \% * (\text{Combustible} + \text{lubricante})}{100 \%}$$

Como se puede apreciar el costo de los filtros solo se logrará a partir de una amplia estadística de las máquinas de construcción; sin embargo, en forma práctica, y ajustándose bastante a la realidad como una primera aproximación se puede considerar que el valor de los filtros es igual al 20 % de la suma de los combustibles y lubricantes repuestos, (Ministerio de Vivienda, 2010).

2.2.17.3. Llantas o neumáticos

El costo del neumático representa el costo de reparación y reemplazo de neumáticos; los factores que determinan la vida útil del neumático dependen de muchas variables tales como el mantenimiento, presiones de inflado, estado de la vía, velocidad de desplazamiento, curvas y pendientes de la vía, posición de la llanta en la máquina (delantera, trasera, dirección o de tracción), carga, etc.

Debido a que la esperanza de vida de los neumáticos, es generalmente mucho menos que la vida del equipo. La mejor fuente de información para estimar la vida útil del neumático es la información histórica obtenida bajo condiciones de operación similares o de operaciones pasadas en condiciones similares, (Gransber & Connor, 2015).

Para estimar el costo hora de los neumáticos se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo hora neumático} = \frac{\text{Costo del neumático (US\$)}}{\text{Vida útil del neumático (h)}}$$

2.2.17.4. Mantenimiento y reparación

El costo de mantenimiento y reparaciones generalmente constituye la mayor cantidad de gastos de operación para el equipo. Las operaciones mineras pueden someter el equipo a un desgaste considerable, pero la cantidad de desgaste varía enormemente entre los diferentes equipos utilizados y entre diferentes condiciones de trabajo. Generalmente, el costo de mantenimiento y reparación aumenta a medida que el equipo crece (mayores años). Los propietarios del equipo estarán de acuerdo en que un buen mantenimiento, incluyendo la medición periódica del desgaste, la atención oportuna al servicio recomendado y la limpieza diaria cuando las condiciones lo justifiquen, pueden prolongar la vida del equipo y reducir los costos de operación minimizando los efectos de condiciones adversas, (*Gransber & Connor, 2015*).

El costo de mantenimiento y reparación resultan de la sumatoria de la mano de obra (mecánicos) y la suma de costo de los repuestos (Ministerio de Vivienda, 2010).

$$CMR = CMO + CR$$

En donde:

CMR : Costo de mantenimiento y reparación.

CMO : Costo de mano de obra de mecánicos.

CR : Costo de los repuestos.

El costo de mantenimiento y reparación corresponde a 70 % del valor de adquisición. De los cuales se disgrega en:

$$\text{Mano de obra taller } CMO = \frac{25 \% \times CM}{Ve}$$

$$\text{Costo de repuesto } CR = \frac{75 \% \times CM}{Ve}$$

2.2.17.5. Gastos varios

Los gastos varios para la reparación de llantas 15 % de costo neumático del equipo y 1,7 % cables eléctricos del costo de reparaciones.

2.2.18. Indicadores para evaluación económica del proyecto

Los indicadores de rendimiento de la inversión se definen por el incremento o disminución del bienestar que se derivaría del uso de recursos en alguna actividad específica.

Los indicadores utilizados para medir la rentabilidad económica son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) la cual es también llamada tasa de rentabilidad económica (TRE), y su cálculo es exactamente igual al cálculo de la TIR financiera, pero se utilizan precios sombra. (Fira, 2011).

2.2.18.1. Flujo de caja

El flujo de caja es un informe financiero detallado en la cual se representa los flujos de ingresos y egresos (efectivo) de una determinada empresa en un período específico, el cual permite conocer de manera rápida la situación económica de la empresa.

Para la evaluación de proyectos es necesario proyectar el flujo de caja tomando en cuenta el horizonte de tiempo del proyecto, tiempo en lo cual se debe tener estimaciones de los ingresos que se generen, a esto es importante vincular los efectos tributarios de la depreciación, la amortización del activo nominal, valor residual, las utilidades y pérdidas básicamente. Con esto el flujo de caja nos permite hacer evaluaciones de: rentabilidad del proyecto, rentabilidad de los recursos propios y medir capacidad de pago para hacer frente a los préstamos adquiridos. (Sapag, 2004).

Para la construcción del flujo de caja básicamente es necesario conocer cuatro componentes (tabla 4), los que se denominan: egresos iniciales de fondos, ingresos y egresos de operación, momento en la que ocurren los ingresos y egresos y período de evaluación del proyecto, (Sapag, 2004). Los egresos iniciales de fondos, corresponden a la inversión necesaria para la puesta en marcha del proyecto. Ingresos y egresos de operación, constituyen los ingresos y salidas reales de caja. El momento en la que ocurren los ingresos y gastos se refiere a la cantidad de períodos en las que se ejecuta y evalúa el proyecto. Finalmente, el

desecho o salvamento se define como los gastos en las que se recurre para cerrar el proyecto, así como algunos ingresos que se generen por la venta de activos que fueron utilizados para el proyecto.

En resultado de los flujos de caja proyectado, es usado para la evaluación del proyecto, en base a un criterio que rige para la toma de decisiones que es la rentabilidad, de tal forma que la opción con mayor rentabilidad será la elegida. Por otro lado, cabe hacerse la pregunta ¿Qué tipo de evaluación es mejor?, ¿Económica o financiera? y ¿Cuáles son sus diferencias?, (García, 2008).

Tabla 6. Guía para desarrollar los componentes de un flujo de caja.

(miles de US\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año n
Ingresos						
Egresos						
Inversión						
Resultado						
Flujo de proyecto						

Fuente: Castro y Herrera (2009).

Ingresos económicos del equipo

Los ingresos se dan por la venta de servicios (Mena, 2012).

Egresos económicos del equipo

Los egresos están compuestos por las inversiones y los costos de operación. En cuanto a las inversiones, éstas se clasifican de la siguiente manera:

- Inversiones iniciales: se dan en la etapa de pre-producción del proyecto
- Inversiones durante la vida del proyecto: son las que se realizan durante la etapa de producción de la mina, (Arias, 2013).

2.2.18.2. Valor actual neto (VAN)

El valor presente neto, consiste en traer los flujos de caja futuros (flujos de caja proyectados) al presente de un determinado proyecto incluyendo la inversión realizada en el año cero. El VAN permite sumar costos y beneficios que se

producen en distintos períodos de tiempo, los cuales no pueden ser sumados directamente debido a que el valor del dinero varía en el tiempo, es decir, no tiene el mismo valor dinero de hoy que dinero futuro. Para corregir esto, el VAN "actualiza" los flujos futuros de costos y beneficios mediante una tasa de descuento, transformándolos en flujos expresados en dinero de hoy, para luego sumarlos sobre una base común, (Lira, 2013).

El VAN, matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$VAN = \frac{B1}{(1+i)^1} + \frac{B2}{(1+i)^2} + \frac{B3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1+i)^n} - I_0$$

Cuya fórmula general se expresa como sigue:

$$VAN = \sum_{n=1}^n \frac{Bn}{(1+i)^n} - I_0$$

En donde:

B_n : Son los resultados de los flujos de caja para cada periodo.

i : Tasa de descuento

n : Es el número de periodo

El criterio para la decisión de invertir:

Si el VAN es positivo entonces es viable el proyecto.

Si el VAN es negativo se rechaza el proyecto, (Chu, 2013).

- Costo de oportunidad

El costo de oportunidad se estima con la siguiente ecuación mencionada:

$$E(R_i) = R_f + \beta * (E(R_m) - R_f)$$

Dónde:

R_f : 3,25 %

R_m : 6,97 %

Beta : 1,55

Reemplazando en la fórmula para estima el costo de capital se tiene:

$$(Ri) = 3,25 \% + 1,55 * (6,97 \% - 3,25 \%) = 9,02 \%$$

Para efectos del trabajo se considera 9,00 % como costo de oportunidad de la empresa. (Belisario, 2017).

2.2.18.3. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, es la tasa con la cual el VAN se hace cero. Por lo tanto, la oportunidad de inversión que ofrezca una rentabilidad superior al costo de oportunidad del capital, es una afirmación correcta, (Chu, 2013). Si para calcular la TIR, el VAN tiene que ser cero, entonces la TIR es exactamente igual al costo de oportunidad, el mismo que se expresa de la siguiente manera. Lira, (2013).

$$VAN = \frac{B1}{(1 + TIR)^1} + \frac{B2}{(1 + TIR)^2} + \frac{B3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1 + TIR)^n} - I_0 = 0$$

En general la fórmula para calcular la TIR se puede expresar como sigue:

$$VAN = \sum_{n=1}^n \frac{Bn}{(1 + TIR)^n} - I_0 = 0$$

Si, TIR > tasa de descuento (i): El proyecto es aceptable.

2.2.18.4. Relación beneficio - costo (B/C)

Criterio de evaluación de proyectos de inversión que resulta de los flujos de los beneficios actualizados entre el flujo actualizado de los costos que genera el proyecto, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum \frac{Bt}{(1+i)^n}}{\sum \frac{Ct}{(1+i)^n}}$$

El criterio para la toma de decisiones es que el resultado de la relación B/C:

Sea mayor a 1, es decir que los beneficios actualizados (Bt) son mayores que los costos actualizados (Ct).

$B/C > 1$; El cálculo de la actualización del costo (Ct) se considera la inversión generada en el año cero. (Castro & Herrera, 2009).

2.3. Definiciones conceptuales

- **Geomecánica.** - Rama de la ciencia encargada de estudiar las condiciones del macizo rocoso, para así poder determinar adecuadamente el sostenimiento oportuno que requiere al realizarse las operaciones mineras, (Rodriguez, 2015).
- **Perforación.** - Actividad minera consistente en hacer una abertura en la roca intacta para poder introducir material explosivo. (Mena, 2012).
- **Macizo rocoso.** - Un macizo rocoso constituye un medio discontinuo que esencialmente se compone de bloques sólidos separados por discontinuidades. El comportamiento de un macizo rocoso generalmente depende de las características de las discontinuidades que presenta, así como de la litología de la roca matriz y su historia evolutiva. (Villacrés, 2016).
- **Sostenimiento.** - Empleando los principales métodos de sostenimiento de mina como son. pernos, *split set*, enmallado y tablas de madera. Tiene como objeto mantener la estabilidad de la roca en todas las labores, siendo de suma importancia de trabajo ya que garantiza el desarrollo de todo tipo de actividades de la operación minera y la finalidad principal del sostenimiento es evitar la caída de rocas, bancos y planchones del techo o laterales de la caja. (Huamani, 2014).
- **Costos.** - Valor de los recursos cedidos a cambio de bienes y servicios, con la expectativa de recibir un provecho o beneficio futuro. Precio de adquisición de un bien o servicio que ha sido diferido o que todavía no ha contribuido con la realización de un ingreso y deben presentarse contablemente como un activo. (Razmilic, 2015).

- **Costo de mano de obra directa.** - Son las compensaciones recibidas por la mano de obra que labora en la producción, y que pueden ser económicamente factible de cuantificar o identificar en el objeto de costos. (Callejas, 2011).
- **Costos directos.** - Son todos los costos de producción que se consideran como parte del objeto de costos, pero que no pueden ser medidos e identificados de forma económicamente factible sobre dicho objeto. Son costos inventariables. Costos materiales indirectos. Costos mano de obra indirecta. Otros propios de la fábrica como energía eléctrica, alquileres, servicios de mantenimiento, suministros de fábrica. Se relacionan con el objeto de costos particular; sin embargo, no pueden atribuirse a dicho objeto desde un punto de vista económico. (Verasay, 2013).
- **Costo variable.** - Cambia totalmente en proporción con los cambios relacionados con el nivel de actividad o volumen total. Son aquellos cuyos valores totales demuestran un comportamiento sensible a los cambios en el nivel de actividad. (Mendieta, 2014).
- **Costo fijo.** - Se mantiene estable en su totalidad durante cierto periodo de tiempo, a pesar de los amplios cambios en el nivel de actividad o volumen total. Son aquellos cuyos valores totales permanecen constantes ante cambios en el nivel de actividad. (Ramirez, 2007).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- La optimización del uso del equipo *small bolter* nos permitirá la reducción de costos en las actividades de colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael – Minsur S.A.

Hipótesis específicas

- La utilización exclusiva del equipo *small bolter* sin grúas en la colocación de pernos helicoidales con mallas electrosoldadas en las labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael nos permitirá reducir los costos totales de propiedades y operación.

- La realización de la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas a través el uso exclusivo del equipo mecanizado *small bolter* nos permitirá optimizar el costo de sostenimiento en labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael – Minsur S.A.

- Con el uso exclusivo del equipo mecanizado *small bolter* nos permitirá reducir los tiempos de perforación y traslape en las labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael – Minsur S.A.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño metodológico

El presente trabajo fue desarrollado siguiendo el método descriptivo, ya que se refiere a la optimización de costos en sostenimiento en colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas usando el equipo *small bolter* en las labores de preparación de la unidad de la mina San Rafael Minsur S.A. El tipo de investigación es aplicada que se ubica dentro del nivel descriptivo. En cuanto al diseño de investigación, se trata de un diseño descriptivo comparativo.

La metodología consiste en desarrollar todos los procesos de colocación de perno helicoidal y mallas electrosoldadas usando *small bolter*, analizando y evaluando todos los factores y reducir los costos para la mejor rentabilidad de la empresa, así mismo el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación básica, en razón que se utilizaron los conocimientos de las ciencias económicas y mineras, a fin de garantizar su viabilidad de un análisis adecuado de los costos de operación unitaria para lograr los objetivos indicados considerando las condiciones del macizo rocoso y las características del yacimiento minero.

Mallas electrosoldadas: las mallas electrosoldadas que se describen en la presente investigación para el sostenimiento de labores de preparación, presentan

las características de cocada de 4" x 4" soldada corrugada y alambre de +/- 0,08 mm.

Dimensiones de las mallas electrosoldadas: las mallas electrosoldadas en la presente investigación son diseñadas con las siguientes dimensiones de ancho 2,4 m y largo 7,5 m para el enmallado del frente a sostener, con un peso aproximado de 40 kilogramos como se puede apreciar en el anexo 4.

Pernos Helicoidales: los pernos helicoidales que se describen en la investigación presentan la longitud de 2,1 m con diámetro nominal de 22 mm y con placa de reten 0,20 m x 0,20 m x 0,045 m. Los pernos helicoidales son instalados con equipo *small bolter* con el principio de perforación del taladro para su posterior inyección de 7 cartuchos de cemento y 2 cartuchos de resina para el anclaje respectivo por cada perno helicoidal en el frente a sostener. La distribución sistemática en la instalación de pernos helicoidales en el frente a sostener se realiza a 1,8 m x 1,8 m, esto en consideración con la recomendación del área geomecánica.

Small bolter: es un equipo electrohidráulico que realiza trabajos de sostenimiento en el ámbito minero, el principio de trabajo de este equipo es realizar la perforación de taladro para la instalación de perno helicoidal y posterior enmallado con la malla electrosoldada.

3.2. Población

La población está constituida por las labores de preparación entre secciones de 3,0 m x 3,0 m a 3,5 m x 3,5 m (estocadas, galerías, by pass y rampas) de la mina San Rafael Minsur S.A.

3.3. Muestra

Se considerará como muestra a los 04 equipos *small bolter* que existe en la empresa y que serán usados para realizar la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en labores de preparación de secciones de 3,0 m x 3,0 m a 3,5 m x 3,5 m de la mina San Rafael – Minsur S.A.

3.4. Operacionalización de variables

3.4.1. Variable independiente

Optimización del uso equipo *small bolter* de sostenimiento mecanizado en la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en labores de preparación del nivel 4 185 de la mina San Rafael – Puno.

3.4.2. Variable dependiente

Reducción de costos en la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en labores de preparación del nivel 4 185 la mina San Rafael – Puno.

Tabla 7. Operacionalización de variables.

Variables	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
1.Variable independiente:			
Optimización del uso equipo <i>small bolter</i> de sostenimiento mecanizado.	Rendimiento del equipo <i>small bolter</i>	Pernos/guardia	Pernos/hora
		Mallas/guardia	m ² /hora
2. Variable dependiente.			
Reducción de costos	Costo de sostenimiento	TIR	US\$/perno
		VAN	US\$/malla
		B/C	

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas utilizadas en el estudio serán:

- La observación directa relacionada con cada una de las variables de investigación.
- Dimensionamiento de las labores de preparación para determinar cantidad de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas.
- Se realizará los promedios de rendimiento en instalación de mallas electrosoldadas y pernos helicoidales.

3.5.1. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para el estudio son resultados de costos operativos mensuales, reporte diario de operación, reporte geomecánico, tabla de control operacional, cronometro y fotografías para la evaluación.

Reporte de operación:

- Horas de trabajo del equipo *small bolter*.
- Horas de trabajo del equipo grúa.
- Cantidad de mallas utilizadas en sostenimiento.
- Cantidad de pernos utilizados en sostenimiento.
- Cantidad de resina y cemento utilizados en sostenimiento.

3.5.2. Técnicas para el procesamiento de la información

Para procesar los datos se tomó muestra representativa en labores que constituyen instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas promedio por mes, con esta información se revisaron y aplicaron cálculos comparativos de rendimiento, tiempo y costos de sostenimiento.

3.5.3. Estudio de campo:

- Se elaboró un plan de trabajo en las labores de la mina para tomar muestras.
- Se realizó la capacitación y colaboración de los trabajadores.
- Se proporcionó herramientas para este trabajo.
- Se hizo seguimiento de la ejecución del trabajo.

3.5.3.1. Trabajo de gabinete:

- Se realizó los cálculos para el análisis de costos de propiedad y operación de los equipos.
- Se realizó los precios unitarios para cada actividad del trabajo.
- Elaboración de tablas para control de tiempo de los equipos.
- Se realizó los cálculos promedio de cantidades mes de cada actividad.
- Se hizo cálculo comparativo de tiempo y costos de cada actividad (antes y después).

- Se filtró labores de muestreo en los reportes de geomecánica (valoración del RMR y tipo de roca).
- Se realizó grafico de tiempos de perforación para cada tipo de roca.

3.5.3.2. Procesamientos de datos:

- Base de datos sobre control de tiempos.
- Base de datos de instalación de pernos realizado con *small bolter*.
- Base de datos de instalación de mallas realizado con grua.
- Base de datos de instalación de pernos con malla realizado con *small bolter*.
- Base de datos de reporte geomecánico.

3.5.3.3. Procedimiento de cálculos de costos de propiedad y operación:

Para proceder con los cálculos de los costos están dadas en función al uso del equipo *small bolter*.

a) Costo de propiedad (D)

- **Costo por posesión:** el costo de propiedad está calculada con el modelo lineal.

Tabla 8. Datos teóricos para cálculo de depreciación.

Valor inicial del equipo (US\$)	534 233,33
Precio de llantas (US\$)	5 425,20
Vida económica en horas del equipo	10 500
Vida económica en años (n) del equipo	3,5
Vida económica en horas de llantas	3 000

Fuente: Minsur (2018).

El valor de salvamento se aplica el 20 % del valor de adquisición:

$$V_s = \text{Valor inicial del equipo} \times 20 \%$$

Reemplazando datos en la siguiente formula:

$$V_s = 534\,233,33 \text{ US\$} \times 20 \%$$

$$V_s = 106\,846,67 \text{ US\$}$$

$P = \text{Valor inicial del equipo} - \text{Precio de llantas}$

$$P = 534\,233,33 \text{ US\$} - 5\,425,20 \text{ US\$}$$

$$P = 528\,808,13 \text{ US\$}$$

Para el cálculo de depreciación lineal se aplica a siguiente formula:

$$D = \frac{(P - Vs)}{n}$$

Reemplazando datos en la siguiente formula:

$$D = \frac{(528\,808,13 \text{ US\$} - 106\,846,67 \text{ US\$})}{3,5 \text{ años}}$$

Para obtener resultado en horas se considera la vida económica en horas del equipo:

$$D = \frac{(528\,808,13 \text{ US\$} - 106\,846,67 \text{ US\$})}{10,500 \text{ h}}$$

$$D = 40,19 \text{ US\$/h}$$

- **Costo por interés:** para el cálculo de interés del capital invertido se considera la siguiente ecuación:

$$i = \frac{IMA \times T}{Ve}$$

La tasa de interés anual vigente se considera en moneda extranjera 6,66 %¹.

Como primera parte reemplazaremos datos en la siguiente ecuación de inversión media anual:

$$IMA = \frac{Va(n + 1)}{2n}$$

$$IMA = \frac{534\,233,33 \text{ US\$} \times (3,5 + 1)}{2 \times 3,5}$$

$$IMA = 343\,435,71 \text{ US\$/años}$$

¹ Fuente: https://www.sbs.gob.pe/app/stats/TasaDiaria_1.asp

Reemplazando los datos teóricos en la ecuación:

$$i = \frac{IMA \times T}{Ve}$$

$$i = \frac{343\,435,71 \frac{US\$}{años} * 6,66 \%}{\frac{10\,500 h}{3,5 años}}$$

$$i = 7,62 \text{ US\$/h}$$

- **Costo por seguro:** para este cálculo se considera 3 % de la inversión media anual para el cálculo de seguro se considera.

$$S = IMA \left(\frac{\% S}{Ve} \right)$$

$$S = 343\,435,71 \text{ US\$/años} * \left(\frac{3 \%}{\frac{10\,500 h}{3,5 años}} \right)$$

$$S = 3,43 \text{ US\$/h}$$

Obteniendo los costos de propiedad, se realiza la suma del total de estos costos.

$$\text{Costo total } D = \text{costo por posesión} + \text{costo por interés} \\ + \text{costo por seguro}$$

$$\text{Costo total } D = 40,19 \text{ US\$/h} + 7,62 \text{ US\$/h} + 3,43 \text{ US\$/h}$$

$$\text{Costo total } D = 51,25 \text{ US\$/h}$$

b) Costo operación (O)

El costo de operación que requiere el equipo es por la misma operación y mantenimiento, los datos teóricos para determinar los costos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9. Datos teóricos para el cálculo de costos de operación.

Consumo de combustible (gal/h)	3,50
Precio de combustible (US\$/gal)	3,00
Consumo de aceite hidráulico (gal/h)	0,12
Precio de aceite hidráulico (US\$/gal)	7,45
Consumo de grasa (lb/h)	0,54
Precio de grasa (US\$/lb)	1,57
Consumo de cable eléctrico	18,00
Precio de cable eléctrico	100,00

Fuente: Unidad minera San Rafael.

- **Costo por combustible (Cc):** para el cálculo de combustible el consumo del equipo se considera 3,5 gal/ hora y con un precio referencia puesta en mina 3,0 US\$/gal de combustible como se determina en la siguiente ecuación:

$$Cc = \text{Consumo de combustible} * \text{precio}$$

$$Cc = 3,5 \text{ gal/h} * 3,0 \text{ US$/gal}$$

$$Cc = 10,5 \text{ US$/h}$$

- **Costo por lubricantes (Cl):** los costos estimados de lubricantes se determinan según la siguiente ecuación:

$$Cl = \text{Consumo de ceite} * \text{precio} + \text{consumo de gras} * \text{precio}$$

Reemplazando los datos teóricos en la siguiente ecuación:

$$Cl = 0,12 \frac{\text{gal}}{\text{h}} * 7,45 \frac{\text{US\$}}{\text{gal}} + 0,54 \frac{\text{lb}}{\text{h}} * 1,57 \frac{\text{US\$}}{\text{lb}}$$

$$Cl = 1,74 \text{ US$/h}$$

- **Costo por filtro (Cf):** los costos estimados del filtro se determinarán con la siguiente ecuación:

$$\text{Costo filtro} = \frac{20 \% \times (\text{Combustible} + \text{lubricante})}{100 \%}$$

Reemplazando datos teóricos en la siguiente ecuación:

$$\text{Costo filtro} = \frac{20 \% \times \left(10,5 \frac{\text{US\$}}{h} + 1,74 \frac{\text{US\$}}{h}\right)}{100 \%}$$

$$Cf = 2,45 \text{ US\$/h}$$

- **Costo por llantas (Cll):** para estimar los costos de llantas se determinan por la siguiente formula:

$$\text{Costo hora neumático} = \frac{\text{Costo del neumático (US\$)}}{\text{Vida útil del neumático (h)}}$$

Reemplazando los datos:

$$Cll = \frac{5\,425,20 \text{ US\$}}{3\,000,00 \text{ h}}$$

$$Cll = 1,81 \text{ US\$/h}$$

- **Costo por mantenimiento y reparaciones (Cr):** el costo de mantenimiento y reparación para estimar se considera el 70 % del valor de adquisición.

$$Cr = \frac{70 \% \times \text{Valor inicial del equipo (US\$)}}{\text{Vida económica en horas del equipo}}$$

En donde reemplazamos los datos:

$$Cr = \frac{70 \% \times 534\,233,33 \text{ US\$}}{10,500 \text{ h}}$$

$$Cr = 35,62 \text{ US\$/h}$$

Disgregando en las siguientes formulas:

$$\text{Mano de obra taller} = \frac{25 \% \times Cr}{Ve}$$

En donde reemplazamos los datos:

$$\text{Mano de obra taller} = 25 \% \times 35,62 \text{ US\$/h}$$

$$\text{Mano de obra taller} = 8,90 \text{ US\$/h}$$

$$\text{Costo de repuesto} = \frac{75 \% \times Cr}{Ve}$$

En donde reemplazamos los datos:

$$\text{Costo de repuesto} = 75 \% \times 35,62 \text{ US\$/h}$$

$$\text{Costo de repuesto} = 26,72 \text{ US\$/h}$$

- **Gastos varios (V):** los gastos varios para la reparación de llantas se consideran el 15 % de costo neumático del equipo y 1,7 % cables eléctricos del costo de reparaciones.

$$\text{Reparación de llantas} = 15 \% \times \text{costo de llanta}$$

En donde reemplazamos los datos:

$$\text{Reparación de llantas} = 15 \% \times 1,81 \text{ US\$/h}$$

$$\text{Reparación de llantas} = 0,27 \text{ US\$/h}$$

También reemplazamos los siguientes datos:

$$\text{Cables eléctricos} = 1,7 \% \times \text{costo de reparación}$$

En donde reemplazamos los datos:

$$\text{Cables eléctricos} = 1,7 \% \times 35,62 \text{ US\$/h}$$

$$\text{Cables eléctricos} = 0,60 \text{ US\$/h}$$

Obteniendo los costos de operación total, se realiza la suma del total de estos costos,

$$\text{Costo total de } O = Cc + Cl + Cf + ClI + Cr + V$$

$$\text{Costo total } O = 10,50 \frac{\text{US\$}}{h} + 1,74 \frac{\text{US\$}}{h} + 2,45 \frac{\text{US\$}}{h} + 1,81 \frac{\text{US\$}}{h} + 35,62 \frac{\text{US\$}}{h} + 0,87 \frac{\text{US\$}}{h}$$

$$\text{Costo total } O = 52,98 \text{ US\$/h}$$

c) Cálculo de costo por instalación de pernos y mallas con equipo small

bolter

- **Costo de mano de obra:** para el cálculo de mano de obra se considera la tabla 10 además en el anexo 4. Se ve el cálculo de beneficios sociales.

Tabla 10. Jornales por día.

Cargo	Jornal S/.
Operador de jumbo SB	109
Ayudante de operador jumbo SB	71,8
Operador de grúa	95,8
Ayudante de perforista	71,8

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Para el cálculo de mano de obra en la estructura de precios unitarios se considera 26 días de trabajo en el mes, los días restantes incluye en el cálculo de beneficios sociales (domingos pagados).

- **Cálculo de costos varios:** estos cálculos se detallan en las siguientes tablas de estructura de precios unitarios de instalación de perno con malla por la incidencia de cada estructura:

Tabla 11. Incidencia de estructura de precio unitario para instalación de perno helicoidal.

Descripción de estructura	Incidencia del costo directo
Costo de mano de obra	11,16 %
Costo de aceros de perforación	6,08 %
Costo de herramientas	0,36 %
Costo de implementos de seguridad	0,39 %
Costo de propiedad y operación	33,08 %
Costo de materiales	48,92 %
Total	100,00 %

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Utilidad aplicada con 12 % al costo directo, ver detalles como se describe en la tabla 12.

Tabla 12. Incidencia de estructura de precio unitario para instalación malla electrosoldada.

Descripción de estructura	Incidencia del costo directo
Costo de mano de obra	18,06 %
Costo de herramientas	1,02 %
Costo de implementos de seguridad	1,01 %
Costo de materiales	79,91 %
Total	100,00 %

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Utilidad aplicada con 12 % al costo directo, ver detalles en la tabla 13.

Además, en los anexos 5 y 6 se puede apreciar el cálculo de la estructura de precios unitarios de perno helicoidal de 7 pies y también la estructura de precios unitarios de malla electrosoldada con *small bolter*.

d) Productividad por instalación de pernos y mallas

Para estimar el tiempo de instalación de perno con malla se tiene los siguientes tiempos promedios:

Tiempo promedio de perforación/taladro	: 01 min 08 s
Tiempo promedio de inyección de cemento/taladro	: 00 min 16 s
Tiempo promedio de instalación de perno/taladro	: 00 min 36 s
Tiempo promedio de posicionamiento/taladro	: 00 min 41 s
Tiempo promedio de traslado de equipo/taladro	: 01 min 43 s

Ciclo total de instalación por perno con malla: 01 min 08 s + 00 min 16 s + 00 min 36 s + 00 min 41 s + 01 min 43 s = 04 min 25 s

Para estimar las cantidades promedio de perno y malla instalados con el equipo *small bolter*.

Horas laborables por día	: 21,00 h
Horas efectivas del equipo por día	: 8,82 h
Horas efectivas del equipo por guardia	: 4,41 h
Tiempo de instalación por malla	: 0,40 h

$$\text{Pernos instalados por guardia} = \frac{\text{Horas efectivas del equipo por guardia}}{\text{Tiempo de instalación por perno}}$$

$$\text{Pernos instalados por guardia} = \frac{4.41 \text{ h}}{\frac{04 \text{ min}}{60 \text{ min}} \times 1\text{h} + \frac{25 \text{ s}}{3600 \text{ s}} \times 1\text{h}}$$

$$\text{Pernos instalados por guardia} = 60 \text{ pernos/guardia}$$

Para el cálculo mensual promedio de pernos instalados se considera 28 días operativos del equipo considerando sus mantenimientos preventivos y programados dentro del mes.

$$\text{Pernos instalados mes} = 60 \frac{\text{pernos}}{\text{guardia}} \times 28 \text{ dias} \times 2 \frac{\text{guardias}}{\text{dia}}$$

$$\text{Pernos instalados mes} = 3\,360 \text{ pernos}$$

$$\text{Mallas instalados por guardia} = \frac{\text{Horas efectivas del equipo por guardia}}{\text{Tiempo de instalación por malla}}$$

En donde reemplazaremos con los datos:

$$\text{Mallas instalados por guardia} = \frac{4,41 \text{ h}}{0,40 \text{ h}} = 11 \frac{\text{mallas}}{\text{guardia}}$$

También para el cálculo promedio mensual de mallas se considera 28 días del mes:

$$\text{Mallas instalados por mes} = 11 \frac{\text{mallas}}{\text{guardia}} \times 28 \text{ dias} \times 2 \text{ guardias/dia}$$

Mallas instalados mes = 616 mallas

e) Cálculo de indicadores para evaluación económica del proyecto

- **Flujo de caja:** para detallar los flujos de ingresos y egresos se estima es la siguiente tabla 13.

Tabla 13. Flujo de caja del proyecto.

Flujo del proyecto (miles de US\$)	Año 0	Año 1	Año 2
Ingresos		1 497 976,25	1 497 976,25
Egresos		-1 180 901,95	-1 180 901,95
Inversión	- 534 233,33		
Resultado	-534 233,33	317 074,30	317 074,30
Flujo del proyecto	-534 233	-217 159,03	99 915,28

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Para la evaluación financiera, el costo de oportunidad de la empresa se considera el 9 % según la determinación de (Belizario, 2017), y con ello se estimó el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

- **Valor actual neto**

El VAN se determina con los flujos de caja proyectados de la tabla 16.

$$VAN = \frac{B1}{(1+i)^1} + \frac{B2}{(1+i)^2} + \frac{B3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1+i)^n} - I_0$$

En donde reemplazaremos con los datos:

$$VAN = \frac{317\,074,30}{(1+0,09)^1} + \frac{317,074,30}{(1+0,09)^2} - 534\,233,33$$

$$VAN = 23\,535,62 \text{ US\$}$$

- **Tasa interna de retorno**

La tasa de interna es la tasa con la cual el VAN se hace cero,

$$VAN = \frac{B1}{(1 + TIR)^1} + \frac{B2}{(1 + TIR)^2} + \frac{B3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{Bn}{(1 + TIR)^n} - I_0 = 0$$

$$0 = \frac{317\,074,30}{(1 + TIR)^1} + \frac{317\,074,30}{(1 + TIR)^2} - 534\,233,33$$

$$0 = -534\,233,33 \times (1 + TIR)^2 + 317\,074,30 \times (1 + TIR) + 317\,074,30$$

Aplicaremos la siguiente ecuación cuadrática:

$$0 = -ax^2 + bx + c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

En donde reemplazaremos los datos:

$$1 + TIR = \frac{-317\,074,30 \pm \sqrt{317\,074,30^2 - 4 \times (-534\,233,33) \times 317\,074,30}}{2 \times (-534\,233,33)}$$

Solución 1 (+):

$$1 + TIR = -0,529 = -0,529 - 1 = -1,529$$

$$TIR = -152,9 \%$$

Solución 2 (-):

$$1 + TIR = 1,122 = 1,122 - 1 = 0,122$$

$$TIR = 12,2 \%$$

- **Relación de beneficio costo**

Se proyecta con los resultados de los flujos de los beneficios actualizados entre el flujo actualizado de los costos que genera el proyecto.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum \frac{Bt}{(1+i)^n}}{\sum \frac{Ct}{(1+i)^n}}$$

En donde reemplazaremos los datos:

$$\frac{B}{C} = \frac{\frac{1\,497\,976,25}{(1+0,09)^1} + \frac{1\,497\,976,25}{(1+0,09)^2}}{-\left(-\frac{1\,180\,901,95}{(1+0,09)^1} - \frac{1\,180\,901,95}{(1+0,09)^2}\right)} = 1,27$$

$$\frac{B}{C} = 1,27$$

3.6. **Ámbito de estudio**

3.6.1. **Ubicación**

La mina San Rafael, propiedad de MINSUR S.A., está ubicada en el departamento de Puno, en el nevado Quenamari de la cordillera de Carabaya y un segmento de la cordillera oriental, a una altitud de 4 500 m.s.n.m. Esta es la única mina de estaño en el Perú y la segunda en producción a nivel mundial, después de P.T. Tima, de Indonesia.

San Rafael está en las estribaciones occidentales de la cordillera de Carabaya, en un segmento de la cordillera oriental del sureste peruano. En el nevado Quenamari se encuentran dos minas: San Rafael y Quenamari. La mina San Rafael está en el SW del nevado San Bartolomé de Quenamari (5 299 m.).

La mina Quenamari está al SE del nevado San Francisco de Quenamari (5 997 m); pertenece al distrito de Ajoyani, provincia de Carabaya, departamento de Puno y es propiedad de minera Carabaya S.A. En la actualidad está arrendada a MINSUR S.A. Políticamente se ubica en el distrito de Antauta, provincia de Melgar, departamento de Puno.

Coordenadas geográficas : 70° 19' longitud oeste, y 14° 14' latitud sur

Coordenadas U.T.M. : 357 730 E y 8 426 570 N. hoja Macusani 29v.

(ver anexo 13)

3.6.2. **Accesibilidad**

Se cuenta con los siguientes accesos, como indica en la tabla 14, a partir de la ciudad de Juliaca, existen tres rutas distantes en aproximadamente 180 Km.

Juliaca – Pucará – Asillo – San Rafael,

Juliaca – Azángaro – San Rafael y

Juliaca – Ayaviri – Santa Rosa – Nuñoa – San Rafael

Tabla 14: Accesibilidad al proyecto minero

De	A	Tipo de vía	Tiempo (Horas)	Distancia (Km)
Desde Lima al proyecto				
Lima	Arequipa	Asfaltada	12	1 000
Arequipa	Juliaca	Asfaltada	4	283
Juliaca	Antauta	Asfaltada	4	180

Fuente: Elaboración propia

La mina es accesible directamente desde Lima por vía aérea en un viaje de dos horas y desde Lima a Juliaca durante una hora, luego por carretera en un viaje de 265 Km, o sea cuatro horas. (Callejas, 2011)

3.6.3. Reseña histórica

La mina San Rafael es de propiedad de MINSUR S.A. En sus inicios fue productora de cobre en la parte alta y de estaño como subproducto. Ahora, y en profundidad, es la única mina productora de estaño en el Perú y la segunda productora mundial.

San Rafael produce actualmente 2 900 t/d con 1,5 % de estaño y 960 950 TM por año y 67 440 TM de concentrados de estaño con 62,4 % de ley, en una compleja planta de tratamiento que recupera el 90,98 % de estaño, con una compleja planta con procesos gravimétricos y flotación de la casiterita con tecnología de punta.

3.7. Operaciones mina

3.7.1. Características

Minería subterránea del tipo mecanizada, mediante el método de explotación taladros largos (sublevel stoping). Labores de avance mensual conformadas por 500 m en exploración y desarrollos; y 1 500 m en preparaciones. Extracción principal mediante volquetes a través de una rampa principal negativa de 6 m x 5 m, con 10 % de gradiente, de interior a superficie, con longitudes de hasta 9 500 m (nivel 4 600 – nivel 3 650).

Planta concentradora con capacidad de tratamiento de 3 100 TMS/día, obteniéndose concentrados de estaño, método de explotación: taladros largos (sublevel stoping) y con niveles de perforación cada 25 m.

3.7.2. Mineralización en vetas y cuerpos

Buzamiento : 48° a 75°
 Potencia mineralizada
 Vetas : 2 - 6 m.
 Cuerpos : 6 - 35 m.
 Roca encajonante : Competente
 Intrusivo: Monzonita, granito.

3.7.3. Costos de minado

Tabla 15. Costos de minado.

Ítem	Costo (US\$/TM)	%
Labores de preparación	0,77	6,0 %
Explotación		
Perforación taladros largos	0,92	7,2 %
Voladura	1,05	8,2 %
Sostenimiento	0,3	2,3 %
Acarreo	1,19	9,3 %
Extracción	1,21	9,4 %
Supervisión	0,38	3,0 %
Relleno en pasta	7	54,5 %
Otros	0,03	0,2 %
Costo unitario (US\$/TM)	12,85	100,0 %

Fuente: Unidad minera San Rafael.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Sostenimiento mecanizado anterior

En la unidad minera San Rafael se ejecuta labores de preparación y desarrollo para la explotación de mineral. Para el sostenimiento de labores ejecutadas se ha utilizado pernos helicoidales de 7 pies de longitud y 22 mm de diámetro instalados de forma sistemática utilizando el equipo mecanizado *small bolter* para el empernado. Así mismo para evitar el desprendimiento de roca se coloca malla electrosoldada de 2,4 m x 7,5 m sobre los pernos instalados empleando el equipo mecanizado grúa, cuyo análisis de sostenimiento mecanizado, costo de propiedad y operación de los equipos mecanizados, precio unitario, tiempo eficiente de instalación y costo total de sostenimiento. (anexo 8, 14 y 17).

Tabla 16. Análisis de costo anterior de propiedad y operación.

Equipo mecanizado	Costo de propiedad US\$/h	Costo de operación US\$/h	Costo horario US\$/h
<i>Small bolter</i>	51,25	52,98	104,23
Grúa	9,03	20,81	29,84
Total	60,27	73,79	134,07

Fuente: Unidad minera San Rafael.

En el sostenimiento anterior se utilizaron dos equipos mecanizados *small*

bolter y grúa en la colocación de pernos helicoidales 7 pies y mallas electrosoldadas 2,4 m x 7,5 m respectivamente teniendo el costo horario de propiedad 60,27 US\$/hora y costo de operación 73,79 US\$/hora haciendo un total de tarifa horaria 134,07 dólares.

Tabla 17. Precio unitario anterior en colocación de perno helicoidal y malla electrosoldada.

Descripción de la actividad	Equipos mecanizados	Precio unitario US\$/pieza
Instalación de perno helicoidal 7 pies	Anterior solo <i>small bolter</i>	26,32
Instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m	Anterior con grúa	73,27

Fuente: Unidad minera San Rafael.

De acuerdo a la estructura de precios unitarios en instalación de perno helicoidal de 7 pies con equipos mecanizado *small bolter* considerando 58 pernos/guardia, se ha obtenido un precio unitario de 26,32 US\$/perno, Por otro lado, en la instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m con equipo mecanizado grúa dando resultado de 10 mallas/guardia, se ha calculado un precio unitario de 73,27 US\$/malla.

Tabla 18. Tiempo de instalación anterior de perno helicoidal y malla electrosoldada.

Descripción de la actividad	Equipos mecanizados	Tiempo (h.min.s)	Tiempo (hora)
Instalación de perno helicoidal 7 pies	Anterior solo <i>small bolter</i>	04:00:10	4,00
Instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m	Anterior con grúa	04:18:00	4,30

Fuente: Unidad minera San Rafael.

El tiempo efectivo de instalación de los pernos helicoidales de 7 pies con equipo mecanizado *small bolter* es 4 horas/guardia. Así mismo el tiempo de

colocación de malla electrosoldada de 2,4 m x 7,5 m es 4,3 horas/guardia.

Tabla 19. Costo mensual anterior de sostenimiento mecanizado.

Descripción de la actividad	Precio unitario (US\$/pieza)	Elementos instalados (piezas)	Costo mensual de sostenimiento (US\$)
Instalación de perno helicoidal 7 pies	26,32	3 248,00	85 483,3
Instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m	73,27	560,00	41 030,5
			126 513,8

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Considerando 28 días operativas a los equipos mecanizados y el rendimiento de 58 pernos/guardia con la instalación de perno helicoidal de 7 pies haciendo un promedio de 3 248 pernos/mes, Por otro lado, se calculó el rendimiento de 10 mallas/guardia la colocación de mallas electrosoldadas de 2,4 m x 7,5 m estimando un promedio de 560 mallas/mes, El costo mensual de sostenimiento instalados con equipos mecanizado *small bolter* y grúa en la colocación de pernos helicoidales de 7 pies y mallas electrosoldadas 2,4 m x 7,5 m respectivamente haciende a un monto de 126 513,8 dólares mensual.

4.2. Sostenimiento mecanizado actual

En la actualidad la unidad minera San Rafael se ejecuta labores de preparación y desarrollo un promedio de 2 005,4 m/mes para el año 2017 con una incidencia con respecto al programa de 94,3 % (ver anexo 9, 10 y 11) para el uso de equipo mecanizado en la instalación de pernos helicoidales de 7 pies con colocación de mallas electrosoldadas 2,4 m x 7,5 m. Los muestreos se realizaron en roca de una calidad mala (R-III), regular (R-II) y buena (R-I) (ver anexo 7 y 15), cuyo análisis de sostenimiento mecanizado, costo de propiedad y operación de los equipos mecanizados, precio unitario, tiempo eficiente de instalación y costo total de sostenimiento, ver anexo 2; figura 7.

Tabla 20. Análisis de costo actual de propiedad y operación.

Equipo mecanizado	Costo de propiedad US\$/h	Costo de operación US\$/h	Costo horario US\$/h
<i>Small bolter</i>	51,25	52,98	104,23
Total	51,25	52,98	104,23

Fuente: Unidad minera San Rafael.

En el sostenimiento actual se utilizan solo el mecanizado *small bolter* en colocación de pernos helicoidales 7 pies y mallas electrosoldadas 2,4 m x 7,5 m teniendo el costo horario de propiedad 51,25 US\$/hora y costo de operación 52,98 US\$/hora haciendo una tarifa total horaria de 104,23 dólares.

En un estudio de (Huamani, 2014) sobre optimización de sostenimiento, su propuesta es ventajosa en relación al método tradicional, ya que se observa menor tiempo de instalación (inflado en 1 minuto a 2 minutos) y, por consiguiente, una reducción en los costos de sostenimiento.

Tabla 21. Precio unitario en colocación de perno helicoidal con malla electrosoldada.

Descripción de la actividad	Equipos mecanizados	Precio unitario US\$/pieza
Instalación de perno helicoidal 7 pies	Actual solo <i>small bolter</i>	26,33
Instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m	Actual solo <i>small bolter</i>	59,03

Fuente: Unidad minera San Rafael.

De acuerdo a la estructura actual de precios unitarios en instalación de perno helicoidal de 7 pies con equipos mecanizado *small bolter* considerando 60 pernos/guardia, se ha obtenido un precio unitario de 26,33 US\$/perno y en la instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m con el mismo equipo 11 mallas/guardia, se ha calculado un precio unitario de 59,03 US\$/malla considerando mano de obra adicional para presentación de malla electrosoldada en el frente a sostener con el equipo mecanizado.

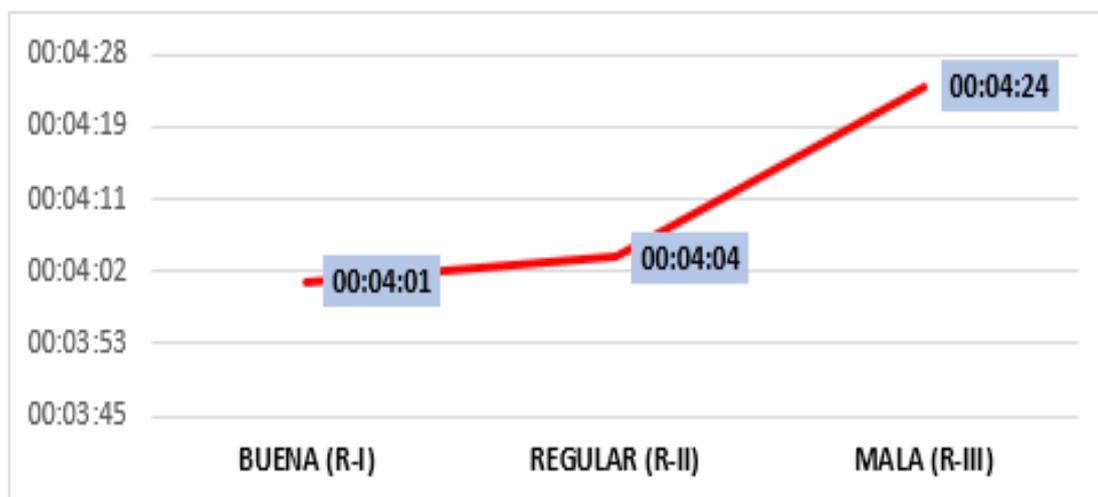
Tabla 22. Tiempo de instalación de perno helicoidal y malla electrosoldada.

Descripción de la actividad	Equipos mecanizados	Tiempo (h.min.s)	Tiempo (hora)
Instalación de perno helicoidal 7 pies con mallas electrosoldadas 2,4 m x7,5 m	Actual solo <i>small bolter</i>	04:24:37	4,41

Fuente: Unidad minera San Rafael.

El tiempo efectivo de instalación de los pernos helicoidales de 7 pies con la colocación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m con equipo mecanizado *small bolter* es 4,41 horas/guardia. (Ver anexo 12).

Figura 7. Tiempo de perforación por tipo de roca



Fuente: Unidad minera San Rafael.

El tiempo de perforación varía por cada tipo de roca, el macizo rocoso según los reportes de geomecánica en la zona de muestreo se estima de RMR entre 40 a 66 según las características de roca se clasifican entre mala a buena, considerando la litología de la zona de trabajo monzogranito (intrusivo), ver anexo 12 y tabla 15 y 16.

Considerando 28 días operativas a los equipos mecanizados y el rendimiento de 60 pernos/guardia con la instalación de perno helicoidal de 7 pies haciendo un promedio de 3 360 pernos/mes. Por otro lado, se calculó el rendimiento de 11 mallas/guardia la colocación de mallas electrosoldadas de 2,4

m x 7,5 m estimando un promedio de 616 mallas/mes.

Tabla 23. Costo mensual actual de sostenimiento mecanizado

Descripción de la actividad	Equipos mecanizados	Precio unitario US\$/pieza	Elementos instalados (piezas)	Costo mensual de sostenimiento
Instalación de perno helicoidal 7 pies	Actual solo <i>small bolter</i>	26,33	3 360,00	88 467,73
Instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m	Actual solo <i>small bolter</i>	59,03	616	36 363,60
				124 831,40

Fuente: Unidad minera San Rafael.

El costo mensual de sostenimiento instalados con equipo mecanizado *small bolter* en la colocación de pernos helicoidales de 7 pies con mallas electrosoldadas 2,4 m x 7,5 m haciende a un monto de 124 831,4 dólares mensual.

4.3. Análisis e interpretación de hipótesis

Hipótesis I

Utilizando únicamente el equipo *small bolter* como principal para sostenimiento mecanizado para colocación de pernos helicoidales con mallas electrosoldadas 2,4 m x 7,5 m, se optimizó los costos de sostenimiento en la mina San Rafael Minsur S.A.

Utilizando el equipo *small bolter* y grúa en el sostenimiento mecanizado anterior se ha calculado una tarifa horaria de 134,07 US\$/hora y empleando solo el equipo *small bolter* se tiene 104,23 US\$/hora y realizando un comparativo de tarifa horaria se obtiene un ahorro 29,84 US\$/hora, Con los resultados que se muestra se obtiene la diferencia con respecto al costo anterior vs actual.

Tabla 24. Costo actual de propiedad y operación *small bolter* con grúa

Descripción	Equipo mecanizado	Costo de propiedad US\$/h	Costo de operación US\$/h	Costo horario US\$/h
Anterior	<i>Small bolter</i> y grúa	60,27	73,79	134,07
Actual	<i>Small bolter</i>	51,25	52,98	104,23
Diferencia		9,03	20,81	29,84

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Hipótesis II

Empleando como equipo principal de sostenimiento *small bolter*, se optimizó la colocación los pernos helicoidales de 7 pies con colocación de mallas electrosoldadas 2,4 m x 7,5 m en la mina San Rafael Minsur S.A.

Tabla 25. Comparativo de instalación perno helicoidal y malla electrosoldada.

Descripción de la actividad	Equipos mecanizados	Elementos instalados (piezas)
Instalación de perno helicoidal 7 pies	Anterior solo <i>small bolter</i>	3 248,00
	Actual solo <i>small bolter</i>	3 360,00
	Diferencia	112,00
Instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m	Anterior con grúa	560,00
	Actual solo <i>small bolter</i>	616,00
	Diferencia	56,00

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Utilizando el equipo *small bolter* como equipo principal se ha optimizado la instalación de perno helicoidal de 3 248 a 3 360 pernos/mes. También se optimizó en la colocación de mallas donde se muestra el incremento de mallas electrosoldadas de 560 a 616 mallas/mes.

Tabla 26. Comparativo de precio unitario de perno helicoidal y malla electrosoldada.

Descripción de la actividad	Equipo mecanizado	Precio unitario US\$/pieza
Instalación de perno helicoidal 7 pies	Anterior solo <i>small bolter</i>	26,32
	Actual solo <i>small bolter</i>	26,33
	Diferencia	0,01
Instalación de malla electrosoldada 2.4 m x 7.5 m	Anterior con grúa	73,27
	Actual solo <i>small bolter</i>	59,03
	Diferencia	14,24

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Utilizando el equipo *small bolter* se muestra la optimización de precios unitario de instalación de pernos helicoidales de 26,32 a 26,33 US\$/perno resultando una diferencia de costos de 0,01 US\$/perno por una mayor productividad, Así mismo se optimizó en colocación de mallas electrosoldadas de 73,27 a 59,03 US\$/malla con una diferencia de 14,24 US\$/malla.

Tabla 27. Ahorro de costo de sostenimiento mecanizado

Descripción de la actividad	Equipos mecanizados	Precio unitario US\$/pieza	Elementos instalados (piezas)	Costo mensual de sostenimiento US\$
Instalación de perno helicoidal 7 pies	Anterior solo <i>small bolter</i>	26,32	3 248,00	85 483,3
Instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m	Anterior con grúa	73,27	560,00	41 030,5
				126 513,8
Instalación de perno helicoidal 7 pies	Actual solo <i>small bolter</i>	26,33	3 360,00	88 467,73
Instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m	Actual solo <i>small bolter</i>	59,03	616,00	36 363,6

124 831,4

Ahorro total**-1 682,4**

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Al utilizar el equipo mecanizado *small bolter* para sostenimiento en colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas se optimizó el costo de sostenimiento obteniendo un ahorro de 1 682,4 US \$/mes.

Hipótesis III**Tabla 28. Comparación de tiempos de instalación con pernos helicoidales y mallas electrosoldadas**

Descripción de la actividad	Equipos mecanizados	Tiempo (h.min.s)	Tiempo (hora)
Instalación de perno helicoidal 7 pies	Anterior solo <i>small bolter</i>	04:00:10	4,00
	Actual solo <i>small bolter</i>	04:24:37	4,41
	Diferencia	00:24:27	0,41
Instalación de malla electrosoldada 2,4 m x 7,5 m	Anterior con grúa	04:18:00	4,30
	Actual solo <i>small bolter</i>	-	-
	Diferencia	04:18:00	4,30

Fuente: Unidad minera San Rafael.

Utilizando el equipo mecanizado *small bolter* en colocación de perno helicoidal con mallas electrosoldadas se obtiene 4,41 horas/guardia, eliminando el tiempo del equipo grúa para colocar malla.

4.4. Discusión**Discusión de sostenimiento anterior**

- En relación al sostenimiento mecanizado anterior, existen varios estudios con resultados similares. En lo que concierne al análisis de costo anterior de propiedad y operación, en un estudio similar (Antúnez, 2010), en relación a un tipo de sostenimiento con pernos, expone el uso de materiales para sostenimiento antes de plantear su propuesta de reducción de tiempo para mejorar el ciclo de minado.

Se realizó una línea base de tiempos de la instalación de pernos y mallas electrosoldadas para poder ver cómo reducir los tiempos de instalación y mejorar el ciclo de minado. Ver anexo 12.

- Respecto al precio unitario anterior, en el estudio de (Mendieta, 2014), se expone similares resultados, ya que la descripción de la actividad de sostenimiento antes de la ejecución de su propuesta, evidencia precios unitarios de cada pieza utilizada.

Se realizó un análisis de precios unitarios para pernos helicoidales por pieza y también para las mallas electrosoldadas a fin de ver cuál es costo por perno y malla, del sostenimiento anterior, usando el *small bolter* con grúa.

- Sobre el tiempo de instalación anterior, la medida del tiempo antes de la ejecución de alguna propuesta que mejore las actividades de minado, es observada en el estudio de (Huamani, 2014), quien expone los resultados de tiempo de instalación de en 3 minutos pero con pernos *hydrbolt*.

A partir del estudio de línea base de tiempos la instalación de pernos y mallas electrosoldadas generada se realizó los análisis de tiempos y se tuvo diferencias cuando existía el cambio del RMR de la roca, es decir en roca buena la instalación duraba hasta 4 minutos y en roca mala el tiempo es de 4 minutos y medio. ver figura 7.

- En relación al costo mensual anterior de sostenimiento, en el estudio de (Huamani, 2014), se expone los resultados de ahorro del costo sostenimiento en $12,81 \text{ US\$/m}^2$ en rocas tipo IV-A, esto realizando el cambio de perno *split set* a *hydrabolt*.

Para nuestro caso en el sostenimiento anterior para la instalación de pernos helicoidales con mallas, se usa un *small bolter* más grúa teniendo un costo de horario de 134,07 US\$/h.

Discusión de sostenimiento actual

- En lo que respecta al análisis de costo actual de propiedad y operación, mediante un análisis comparativo con el estudio de (Narváez, 2017), sobre la optimización de costos en sostenimiento con pernos helicoidales, con su propuesta, presenta un costo unitario por pieza menor a la situación anterior.

En la investigación presentada se realizó el mismo análisis y se comparó los costos horarios cuando se usa *small bolter* más grúa y solo *small bolter* donde haciendo la comparación se tiene una diferencia de 29,84 US\$/h, por lo que se tiene menores costos de sostenimiento iguales al de (Narváez, 2017).

- Sobre el precio unitario de piezas, en un estudio similar, (Antúne, 2010), en su estudio de sostenimiento con pernos empleando Jumbos electrohidráulicos, contribuye a una disminución de tiempo con el uso de las perforadoras manuales, lo cual trae como consecuencia que el avance de la excavación subterránea sea más fluido, mejorando de esta manera el ciclo de minado.

De acuerdo a nuestra línea base de tiempos, se tiene que el tiempo entre perno y perno es mínimo y usando una perforadora manual aumentaría este tiempo por lo que el tiempo total de sostenimiento sería mayor, además usando perforadoras manuales no se tendría alcance para labores mayores a 3,5 m x 3,5 m. por lo que para poder reducir los costos de sostenimiento en la mina Minsur no se usó dicho análisis.

- En relación al tiempo de instalación, (Narváez, 2017), en su estudio de optimización de costos, realizando un costo comparativo mensual obtiene un ahorro de US\$ 3 784,32/mes.

La reducción del costo mensual de sostenimiento es de 1 682,4 US\$/mes, lo que trae más ganancias para la empresa. En comparación con (Narváez, 2017).

- En lo que concierne al costo mensual actual de sostenimiento, un estudio de (Espinoza, 2011), sobre sostenimiento mecanizado, encuentra mediante una comparación, la ventaja de la mecanización, debido a que proporciona un

rendimiento y sostenimiento eficaz en comparación de un sostenimiento convencional y semi mecanizado.

Usar equipos mecanizados como el *small bolter* trae consigo un aumento de la productividad tanto en equipo y personal, ya que evitar usar la grúa para realizar el sostenimiento actual, genera mayores pernos helicoidales y malla electrosoldadas instaladas por mes por consiguiente optimiza los costos.

CONCLUSIONES

- Utilizando el equipo *small bolter* como equipo principal, se ha reducido los costos en sostenimiento con pernos helicoidales y mallas electrosoldadas, obteniendo un incremento en + 3,4 % pernos/mes y así mismo en + 10 % malla/mes con respecto al anterior en la mina San Rafael Minsur S.A.
- Al utilizar equipo *small bolter* y grúa en sostenimiento anterior en labores de preparación el costo de propiedad y operación se ha estimado un costo de 134,07 US \$/hora y utilizando solo el equipo *small bolter* con 104,23 US\$/hora, realizando un comparativo se obtiene un ahorro de 29,84 US\$/hora en la colocación de pernos helicoidales con mallas electrosoldadas de la mina San Rafael-Minsur S.A.
- El sostenimiento de instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas a través del uso exclusivo del equipo mecanizado *small bolter* ha servido para la estimación en las labores de preparación de la mina San Rafael- Minsur S.A., el precio unitario por mayor productividad en 0,04 % con respecto al precio anterior y de igual manera en - 19,4 % en colocación de malla, obteniendo un ahorro general 1 682,4 US \$/mes, También es viable con los indicadores financieros como VAN: US\$ 23 535,62, TIR: 12,2 % y B/C: 1,27 mejorando los beneficios económicos.
- El tiempo de perforación y traslape será menor con el uso exclusivo del equipo mecanizado *small bolter* en las labores de preparación de la mina San Rafael Minsur S.A, donde se ha estimado en un ciclo de 4.41 horas; con el equipo *small bolter* doble función, existe una variación de tiempo de - 0.11 horas con respecto al anterior, equivalente al 2,6 %, debido a que las características geométricas y dimensiones del equipo se adaptan para cumplir dos funciones (empernado y enmallado).

RECOMENDACIONES

- Utilicen el equipo *small bolter* para doble función y desarrollar actividades de empernado y enmallado con la finalidad de reducción costos a través de su optimización en las actividades de colocación de pernos helicoidales con mallas electrosoldadas en las labores de preparación.
- Se debe controlar la vida útil de los equipos mecanizados para reemplazar oportunamente con equipos nuevos de alta tecnología y cuidar los sobre costos de operación y los comparen con otra propuesta más efectiva. También evaluar desde un punto financiero con los indicadores VAN, TIR y B/C para una decisión viable y rentable.
- Compartir los hallazgos sobre el sostenimiento de la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas con uso exclusivo del equipo mecanizado *small bolter* a través de la demostración de viabilidad en las labores de preparación.
- Se debe buscar otras alternativas con otros equipos mecanizados que desarrollen actividades similares y demuestren la efectividad de tiempos de perforación y traslape en relación a otras propuestas a mejorar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunez, M. C. (2010). *Sostenimiento con pernos empleando Jumbos electrohidráulicos de brazo retráctil en la mina Palca - Cía. Minera Santa Luisa*. Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- Arias, L. D. C. (2013). *Planeamiento y diseño del sistema de extracción del proyecto de profundización de la U.O. San Braulio Uno*. Tesis Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Belizario, A. (2011). *Operaciones Unitarias Mina San Rafael*. Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- Belisario, R. A. (2017). *Evaluación económica - financiera para reemplazar camiones de acarreo de mineral y desmonte en la unidad Corihuarmi - Minera I.R.L.* Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering rock mass classifications. *Wile - Intersciencie, i*, 54.
- Blank, L., & Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica* (6th ed.). Mexico DF: Mc Graw Hill.
- Bordehore, L. J. (2010). *Clasificaciones geomecánicas y diseño empírico de sostenimiento*. Lima - Perú: Geoconsult España.
- Callejas, L. M. (2011). Estrategia de costos en la media minería. *España*, p. 65.
- Carreon, Q. (2001). *Optimización de perforación y voladura en la rampa principal 523 sistema mecanizado mina San Rafael - Puno*. Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- Chu, J. M. R. (2013). *Fundamentos de finanzas: un enfoque peruano*. Advisory Asesoría Financiera (7th ed.). Lima - Perú: Advisory Asesoría Financiera.
- Córdova, C. E. M. (2005). *Concreto de alta resistencia, para simular bloques de rocas*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Espinoza, J. C. B. (2011). *Sostenimiento mecanizado en labores mineras, en la compañía de minas Volcan S.A.A – unidad de producción Andaychagua*. Tesis Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Flores, E. R. (2011). *Análisis y diseño de soportes en minería subterránea, perno de anclaje más resina en la rampa 4523 de la U.M. San Rafael. Puno*. Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- García, J. J. D. (2011). *Planeamiento minero de corporación minera Castrovirreyña*.

- Tesis Pontificia universidad catolica del Perú.
- Gransberg, D., & Connor, O. (2015). *Major Equipment Life-cycle Cost Analysis*. Minnesota.
- Hartman, K. A. (1987). Factors that influence clod structure and erodibility of soil by wind. *U. S. Department of Agriculture*, 7(6), 23–45.
- Hoek & Marinos. (2000). *Indice de resistencia geologica GSI*. New york.
- Huamani, D. T. (2014). *Optimización del sostenimiento mediante el uso de hydrabolt unidad minera bateas - CONGEMIN JH SAC*. Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa.
- Loayza, J. J. S. (2006). *Sostenimiento mediante pernos de roca y seguridad en minas subterranas*. Universidad Nacional de Ingenieria.
- Lopez, W. C. (2016). *Caracterizacion geomecanica del macizo rocoso y su aplicacion en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la unidad economica administrativa Ana Maria - la Rinconada*. Tesis Universidad Nacional del Altiplano. Universidad Nacional del Altiplano.
- Maza, V. C. (1999). *Modelo para el cálculo de la tarifa en equipos de transporte*.
- Mendieta, L. B. (2014). *Optimización de los costos operativos en la unidad cerro Chico*. Tesis Pontificia Universidad Catolica Del Perú.
- Mestas, J. A. L. (2015). *Instalacion de una planta piloto de flotacion para el tratamiento de una mineral aurifero refractorio en minera colibri SAC*. Tesis Universidad Nacional San Agustin de Arequipa.
- MVCS. (2010). *Resolución Directoral N° 035-2010. Ministerio de vivienda, construccion y saneamiento*. Lima - Perú.
- MINSUR. (2016). *Resumen ejecutivo*. Lima: Amec Foster Wheeler.
- Narvaez, M. S. S. (2017). *Optimización de costos en sostenimiento con pernos helicoidales usando jumbo retráctil en el pique circular de la Unidad Minera Casapalca S. A*. Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- NORMET. (2010). *Instruction Manual Utilift 6605 B (11th ed., p. 113)*. Lima - Perú.
- OSINERGMIN. (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. (OSINERGMIN, Ed.) (1st ed.). Lima - Perú.
- Pire, M. C. (2006). *Caracterizacion geomecanica de macizos rocosos en obras subterranas de la region oriental de pais*, 19-45.

- Ramirez, V. (2007). *Formulacion y evaluacion de proyectos de Inversion*. Merida.
- RESEMIN. (2008). Small bolter 88. Lima - Perú.
- Revista Construcción minera. (2015, February). Construcción de tuneles mineros. *10*, 84.
- Sapag, N. C. (2008). *Preparacion y evaluacion de proyectos* (Quinta). Mc Graw Hill.
- Sociedad nacional de mineria petroleo y energia. (2014). *Manual de geomecanica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea* (2nd ed., Vol. I). Lima - Perú: Sociedad nacional de mineria petroleo y energia.
- Urribari, U. (2004). *Catálogo de Maquinas manuales*. (INSHT, Ed.) (1st ed.). Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Verasay, P. (2013). *Aplicacion de las herramientas de costos y gestion alas actividades mineras*. Mendoza.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Plantamiento del problema	Hipótesis	Objetivos	Variables indicadoras	Indicadores	Métodos	Instrumentos
<p>Problema General ¿Cuál es el nivel de optimización con el uso del equipo mecanizado <i>small bolter</i> en las actividades de colocación de pernos helicoidales con mallas electrosoldadas en las labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael - Minsur S.A.?</p>	<p>Hipótesis General El uso del equipo mecanizado <i>small bolter</i> nos permitirá la reducción de costos a través de la optimización de las actividades de colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael - Minsur S.A.</p>	<p>Objetivo General Determinar el nivel de optimización con el uso del equipo mecanizado <i>small bolter</i> en las actividades de colocación de pernos helicoidales con mallas electrosoldadas en las labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael - Minsur S.A.</p>	<p>Variables Independiente Optimización de los costos de sostenimiento mecanizado en helicoidales con malla electrosoldada en la mina San Rafael Minsur S.A.</p>	<p>Variable Independiente Rendimiento de instalación</p> <p>Variable Dependiente Costo de sostenimiento</p>	<p>Es descriptivo, porque el presente trabajo fue desarrollado siguiendo el método descriptivo, ya que se refiere a la optimización de costos en sostenimiento en colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas usando el equipo <i>small bolter</i> en las labores de preparación de la unidad de la mina San Rafael Minsur S.A. El tipo de investigación es aplicada que se ubica dentro del nivel descriptivo. En cuanto al diseño de investigación, se trata de un diseño descriptivo comparativo.</p>	<p>Los instrumentos para el estudio son resultados de costos operativos mensuales, reporte diario de operación, reporte geomecánico, tabla de control operacional, cronometro y fotografías para la evaluación.</p>
<p>Problemas Específicas ¿Cuál es el costo total de propiedad y operación al utilizar exclusivamente el equipo mecanizado <i>small bolter</i> sin grúas, en la colocación de pernos helicoidales con mallas electrosoldadas en las labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael-Minsur S.A.?</p>	<p>Hipótesis Específicas Los costos totales de propiedad y operación son menores al utilizar exclusivamente el equipo mecanizado <i>small bolter</i>, en la colocación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas en el sostenimiento de las labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael - Minsur S.A.</p>	<p>Objetivos Específicas Estimar el costo total de propiedad y operación al utilizar exclusivamente el equipo mecanizado <i>small bolter</i> sin grúas, en la colocación de pernos helicoidales con mallas electrosoldadas en las labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael-Minsur S.A.</p>	<p>Variables Dependiente Reducción de los costos del sostenimiento mecanizado en colocación de pernos helicoidales con malla electrosoldada en la mina San Rafael Minsur S.A.</p>			
<p>¿Cuál es el nivel de sostenimiento de la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas a través del uso exclusivo del equipo mecanizado <i>small bolter</i> en las labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael-Minsur S.A.?</p>	<p>La realización de la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas a través del uso exclusivo del equipo mecanizado <i>small bolter</i> nos permitirá optimizar el costo de sostenimiento en labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael - Minsur S.A.</p>	<p>Estimar el nivel de sostenimiento de la instalación de pernos helicoidales y mallas electrosoldadas a través del uso exclusivo del equipo mecanizado <i>small bolter</i> en las labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael - Minsur S.A.</p>	<p>electrosoldada en la mina San Rafael Minsur S.A.</p>			
<p>¿Cuál es el tiempo de perforación y traslape con el uso exclusivo del equipo mecanizado <i>small bolter</i> en las labores de preparación del nivel 4185 de la Mina San Rafael- Minsur S.A.?</p>	<p>Con el uso exclusivo del equipo mecanizado <i>small bolter</i> nos permitirá reducir los tiempos de perforación y traslape en las labores de preparación del nivel 4185 de la Mina San Rafael - Minsur S.A.</p>	<p>Estimar el tiempo de perforación y traslape con el uso exclusivo del equipo mecanizado <i>small bolter</i> en las labores de preparación del nivel 4185 de la mina San Rafael- Minsur S.A.</p>				

Anexo 2. Colocación de malla electrosoldada con equipo mecanizado grúa



Anexo 3. Instalación de perno con malla con equipo mecanizado *small bolter*



Anexo 4. Cálculo de beneficios sociales.

Jornal Básico - Trabajo de Riesgo (ejemplo)	S/.	75.00
Asignación Familiar	S/.	2.33
Sub Total	S/.	77.33

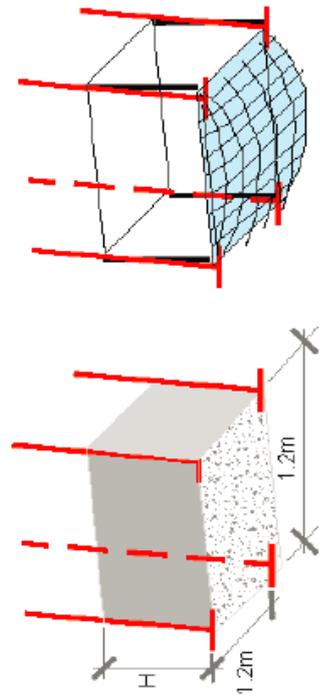
Costos sociales pensionables	Días	Referencia	Anual
Remuneración por días laborables en el año	275.0	(275)*(77.33)	S/.
Domingos pagados	48.0		21,265.75
Feridos pagados	13.0		
Vacaciones pagadas	30.0		
Días feriados generados Jornada Atípica	18.0		
Sub total	109.0	(109)*(77.33)	S/.
Gratificaciones Fiestas Patrias, Navidad	60.0	(60)*(77.33)	S/.
Total Costos Sociales	169.0	(169)*(77.33)	S/.
Total días pagados al trabajador	444.0	(444)*(77.33)	S/.

Aportes por leyes sociales	% Tributo	Referencia	Anual
Aportes a Essalud	9.00%	39.96	
CTS	8.33%	31.99	
Asistencia Médica a EPS	1.40%	6.22	
Seguro Vida Ley	1.46%	5.61	
SCTR	7.00%	31.08	
Jubilación Anticipada	2.00%	7.68	
Contribución al SENATI	0.75%	2.88	
Total Beneficios Sociales		125.42	(125.42*77.33) S/.
Costo de planilla anual		569.42	(34334.52+9698.73) S/.
Costos Sociales de la planilla		294.420	(13068.77+9698.73) S/.
Total Aportes y Beneficios Sociales - Obreros			(22767.5/21265.75) 107.06%

Fuente: MINSUR (2017)

Anexo 5: Capacidad de la malla metálica para retener rocas sueltas entre pernos.

SOSTENIMIENTO - MALLA ELECTROSOLDADA - CALIBRE # 6

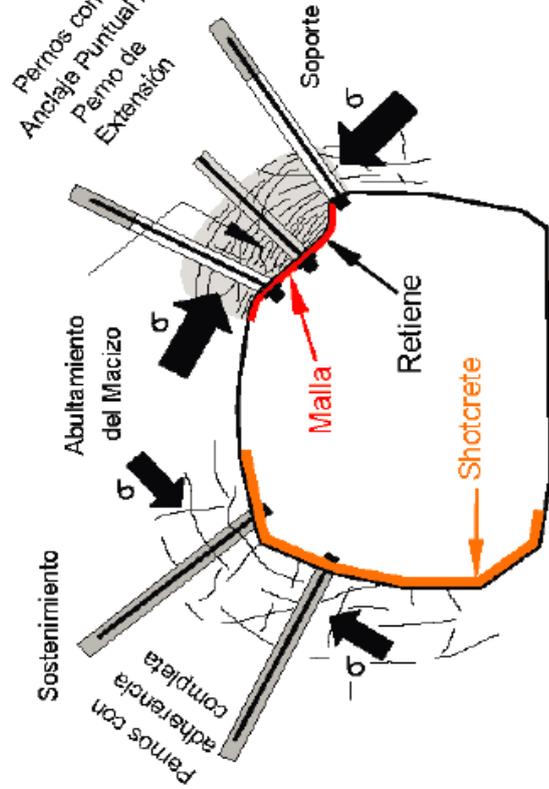


Resistencia a cargarse de malla electrosoldada calibre

#6 (0.2"diámetro) 4"x4" 3.3 toneladas

H x 1.2m x 1.2m *2.6t/m³=3.3 toneladas. Capacidad de cargarse resultando en altura de la carga abultada (profundidad de la carga abultada) de 0.9m. Notar que se utilizó el peso unitario para un resultado conservador, es decir, si utilizamos el peso unitario de la roca quebrada la altura sería mayor. Se recomienda cortar/rehabilitar la malla cuando el abultamiento sea de 0.3-0.6m
 * Basado en roca de gravedad específica de 2.6.

a)



b)

a) Empleo de malla metálica de: 10cm x 10cm N°6 para suspender bloques sueltos que se encuentran entre perno y perno. "H" m x 1.2m x 1.2 m x 2.6 t/m³ = 3T (la altura H ha sido estimada en 0-9m). Para un diseño convencional mantener H entre 0.3 a 0.6.

b) Malla metálica empleada para retener los bloques de roca eyectados por la actividad microsísmica. En este caso la malla metálica tiene una capacidad de absorción de energía de 3-6kj/m².

Fuente: Loayza, (2006)

Anexo 6. Estructura de precio unitario de perno helicoidal de 7 pies con *small bolter*.

Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Utilización/Vida Util	Costo/Guardia	Costo/perno
PERSONAL						
Operador de Jumbo SB	Tarea	3.00	1,676.61	105.6%	5,312.86	
Ayudante de operador jumbo SB	Tarea	3.00	1,104.41	105.6%	3,499.66	2.62
PERFORACION						
Barra speed rod T38-H35-R32 de 8"	pza	1.00	204.50	5,916.00 pies	13.48	
Acople T38/R32	pza	1.00	71.00	3,500.00 pies	7.91	
Broca R28 x 38 mm	pza	1.00	76.00	900.00 pies	32.93	
SHANK T38 HLX5/T D45 L500	pza	1.00	295.00	6,000.00 pies	19.18	
Afiladora de brocas	pza	1.00	1,750.00	100,000.00 pies	6.83	
Copas de afilado	pza	1.00	140.00	10,000.00 pies	5.46	85.79
HERRAMIENTAS						
Llave Stilson de 14"	pza	1.00	28.48	175.00 disparos	0.16	
Llave Francesa 12"	pza	1.00	21.31	175.00 disparos	0.12	
Barretilla de aluminio de 1.8 m	pza	2.00	30.00	75.00 disparos	0.80	
Barretilla de aluminio de 2.4 m	pza	2.00	33.00	75.00 disparos	0.88	
Barretilla de aluminio de 3.0 m	pza	2.00	36.00	75.00 disparos	0.96	
Barretilla de aluminio de 3.6 m	pza	2.00	39.50	75.00 disparos	1.05	
Pintura para perforación	gal	1.00	10.44	15.00 disparos	0.70	
Gas	bal	1.00	11.00	30.00 disparos	0.37	
Soplete	pza	1.00	24.00	500.00 disparos	0.05	
Varios					0.05	5.14
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
Ropa de agua Punto Azul	jgo	2.00	22.14	90.00 guardias	0.49	
Bota de jebe	pza	2.00	0.46	60.00 guardias	0.02	
Lentes de seguridad	pza	2.00	5.46	90.00 guardias	0.12	
Lentes panorámicos	und	2.00	4.35	90.00 guardias	0.10	
Guante de jebe hycron	par	2.00	3.20	12.00 guardias	0.53	
Mameluco con cintas fosforescentes	pza	2.00	32.43	180.00 guardias	0.36	
Protector con portalámpara	pza	2.00	32.43	180.00 guardias	0.36	
Tafílete para protector	pza	2.00	5.23	360.00 guardias	0.03	
Portalámpara para protector	pza	2.00	32.43	180.00 guardias	0.36	
Respirador 3M	pza	2.00	18.27	180.00 guardias	0.20	
Filtro contra el polvo - Respirador 3M	pza	2.00	7.12	10.00 guardias	1.42	
Correa de seguridad	pza	2.00	2.57	180.00 guardias	0.03	
Tapón para oído	pza	2.00	0.66	20.00 guardias	0.07	
Uniforme de drill con cinta reflexiva	pza	2.00	16.29	60.00 guardias	0.54	
Lámpara Minera Northen Light	pza	2.00	307.00	1,200.00 guardias	0.51	
Repuestos y mantenimiento lámparas			50.0%		0.26	
Varios			3%		0.16	5.56
MAQUINARIA Y EQUIPO						
Small Bolter - Propiedad	hora	1.00	51.25	4.55 hora	233.00	
Small Bolter - Operación	hora	1.00	52.98	4.41 hora	233.66	466.66
PERNO Y ACCESORIOS						
Perno helicoidal de 2.1 m	pza	60.00	7.78	1.00 guardias	466.80	
Cartucho Cementante Aguiluc	cart	420.00	0.38	1.00 guardias	159.60	
Resina de fragua rápida	cart	120.00	0.53	1.00 guardias	63.60	690
TOTAL COSTO DIRECTO						23.51
UTILIDAD						2.82
TOTAL						26.33

Fuente: MINSUR (2017)

Anexo 7. Estructura de precio unitario de malla electrosoldada con *small bolter*.

Labor		Instalación mallas con Small Bolter						
Largo			7.50	m				
Ancho			2.40	m				
Avance / guardia			11.0	Und				
					Beneficios obreros	107.06%		
Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Utilización/Vida Util		Costo/Guardia	Costo/malla	
PERSONAL						US \$		
Operador de grúa	Tarea	1.00	56.68	105.6%		59.86		
Ayudante de Perforista	Tarea	1.00	42.48	105.6%		44.87	104.73	9.52
HERRAMIENTAS								
Llave Stilson de 14"	pza	1.00	28.48	175.00	disparos	0.16		
Llave Francesa 12"	pza	1.00	21.31	175.00	disparos	0.12		
Barretilla de aluminio de 1.8 m	pza	2.00	30.00	75.00	disparos	0.80		
Barretilla de aluminio de 2.4 m	pza	2.00	33.00	75.00	disparos	0.88		
Barretilla de aluminio de 3.0 m	pza	2.00	36.00	75.00	disparos	0.96		
Barretilla de aluminio de 3.6 m	pza	2.00	39.50	75.00	disparos	1.05		
Cizalla 18"	pza	1.00	74.92	70.00	disparos	1.07		
Alambre negro N° 12	kg	0.60	1.24	1.00	disparos	0.74		
Varios						0.05	5.84	0.53
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD								
Bota de jebe	par	2.00	14.57	90.00	guardias	0.32		
Lentes de seguridad	pza	2.00	5.46	90.00	guardias	0.12		
Lentes panorámicos	und	1.00	4.35	90.00	guardias	0.05		
Lunas claras Uvextreme	pza	2.00	3.60	30.00	guardias	0.24		
Guante de jebe hycron	par	2.00	3.20	12.00	guardias	0.53		
Mameluco con cintas fosforescentes	pza	2.00	32.43	180.00	guardias	0.36		
Protector con portalámpara	pza	2.00	8.08	360.00	guardias	0.04		
Tafílete para protector	pza	2.00	5.23	360.00	guardias	0.03		
Barbiquejo	pza	2.00	0.46	60.00	guardias	0.02		
Respirador 3M	pza	2.00	18.27	180.00	guardias	0.20		
Filtro contra el polvo - Respirador 3M	pza	2.00	7.12	10.00	guardias	1.42		
Correa de seguridad	pza	2.00	2.57	180.00	guardias	0.03		
Arnés de Seguridad de 03 anillos	pza	2.00	29.75	180.00	guardias	0.33		
Línea de vida	pza	2.00	56.86	180.00	guardias	0.63		
Tapón para oído	pza	2.00	0.66	20.00	guardias	0.07		
Uniforme de drill con cinta reflexiva	pza	2.00	16.29	60.00	guardias	0.54		
Lámpara Minera Northen Light	pza	2.00	307.00	1,200.00	guardias	0.51		
Repuestos y mantenimiento lámparas			50.0%			0.26		
Varios			3%			0.17	5.88	0.53
INSTALACION								
Malla Prodac 2.4x6.0	pza	11.00	42.12	1.00	guardias	463.32	463.32	42.12
TOTAL COSTO DIRECTO								52.71
UTILIDAD				12%				6.32
TOTAL								59.03

Fuente: MINSUR (2017)

Anexo 8. Diseño de sostenimiento en labores de avance

Anexo 9. Programa de avances

Sección	Equipo mecanizado para sostenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Juni	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Incidencia
5.0 x 4.0	Con Grúa y Small Bolter	161	125	113	113	135	0	0	0	55	188	241	103	1,234	5.1%
4.0 x 4.0	Con Grúa y Small Bolter	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0.2%
3.5 x 3.5	Small Bolter	1,217	835	883	883	803	824	998	1,108	916	563	553	706	8	42.7%
3.2 x 3.3	Small Bolter	594	888	1,010	0	1,089	1,116	7	910	996	1,265	1,159	1,221	5	51.0%
3.0	Small Bolter	0	20	20	20	0	29	10	13	0	0	9	0	120	0.5%
1.5 x 2.0	Convencional	2	3	12	12	11	5	13	8	6	21	12	9	112	0.5%
Total		1,973	1,907	2,038	2,038	1,973	2,038	1,973	2,038	1,973	2,037	1,973	2,038	24,065	100.0%

Fuente: MINSUR (2017)

Anexo 10. Programa de pernos helicoidales de 7 pies

Sección	Equipo mecanizado para sostenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
5.0 x 4.0	Con Grúa y Small Bolter	983	763	692	692	827	0	0	0	335	1,150	1,471	627	7,540
4.0 x 4.0	Con Grúa y Small Bolter	0	222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222
3.5 x 3.5	Small Bolter	6,085	4,174	4,414	4,414	4,013	4,121	4,988	5,541	4,581	2,814	2,764	3,530	51,438
3.2 x 3.3	Small Bolter	2,969	4,441	5,048	5,048	5,446	5,579	5,087	4,551	4,981	6,325	5,793	6,105	61,373
3.0 x 3.0	Small Bolter	0	78	78	78	0	112	38	49	0	0	35	0	467
1.5 x 2.0	Convencional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		10,037	9,677	10,232	10,232	10,286	9,811	10,114	10,141	9,897	10,289	10,062	10,261	121,040

Fuente: MINSUR (2017)

Anexo 11. Programa de mallas electrosoldadas 2.4 x 7.5 m

Sección	Equipo mecanizado para sostenimiento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
5.0 x 4.0	Con Grúa y Small Bolter	146	113	103	103	123	0	0	0	50	171	219	93	1,120
4.0 x 4.0	Con Grúa y Small Bolter	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
3.5 x 3.5	Small Bolter	863	592	626	626	569	584	707	785	649	399	392	500	7,291
3.2 x 3.3	Small Bolter	400	598	680	680	733	751	685	613	670	851	780	822	8,261
3.0 x 3.0	Small Bolter	0	11	11	11	0	16	6	7	0	0	5	0	67
1.5 x 2.0	Convencional	1	1	4	4	4	2	4	3	2	7	4	3	37
Total		1,409	1,345	1,423	1,423	1,428	1,353	1,402	1,408	1,372	1,428	1,399	1,418	16,807

Fuente: MINSUR (2017)

Anexo 12. Tabla de control de instalación de pernos helicoidales de 7 pies y mallas electrosoldadas de 2,4 m x 7,5 m

LABOR	EQUIPO	MES	SECCIÓN	CALIDAD DE ROCA (R.M.F)	RMR	NUMERO DE MALLA INSTALADO	NUMERO DE PERNO INSTALADO	TIEMPO DE PERFORACIÓN DEL TALADRO	TIEMPO DE INYECCIÓN	INSTALACIÓN DE PERNO	TIEMPO DE POSICIONAMIENTO	TIEMPO TRASLADO DE EQUIPO	TIEMPO TOTAL DE INSTALACIÓN DE PERNO	RESINAS	CEMBOLT
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:20	00:00:17	00:00:20	00:00:24	00:01:29	00:03:50	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:27	00:00:17	00:00:14	00:00:26	00:01:29	00:03:53	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:07	00:00:17	00:00:26	00:00:50	00:01:29	00:04:09	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:14	00:00:17	00:00:31	00:00:28	00:01:29	00:03:59	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:13	00:00:17	00:00:30	00:00:41	00:01:29	00:04:10	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:29	00:00:17	00:00:25	00:00:25	00:01:29	00:04:05	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:03	00:00:17	00:00:19	00:01:04	00:01:29	00:04:12	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:22	00:00:17	00:00:24	00:00:59	00:01:29	00:04:31	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:30	00:00:17	00:00:37	00:00:16	00:01:29	00:04:09	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:12	00:00:17	00:00:44	00:00:30	00:01:29	00:04:12	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:09	00:00:17	00:00:34	00:01:09	00:01:29	00:04:38	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:12	00:00:17	00:00:35	00:00:39	00:01:29	00:04:12	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:13	00:00:17	00:00:23	00:00:33	00:01:29	00:03:55	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:00:58	00:00:17	00:00:31	00:01:10	00:01:29	00:04:25	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:17	00:00:17	00:00:53	00:00:57	00:01:29	00:04:53	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	1	00:01:19	00:00:17	00:00:39	00:00:47	00:01:29	00:04:31	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	0.5	00:00:41	00:00:17	00:00:54	00:00:30	00:01:29	00:03:51	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	0.5	00:01:21	00:00:17	00:00:39	00:01:02	00:01:29	00:04:48	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	0.5	00:00:30	00:00:17	00:00:05	00:00:12	00:01:29	00:02:33	2	7
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	0.5	00:00:34	00:00:17	00:00:09	00:00:14	00:01:29	00:02:43	2	7

LABOR	EQUIPO	MES	SECCIÓN	CALIDAD DE ROCA (R.M.R)	RMR	NUMERO DE MALLA INSTALADO	NUMERO DE PERNO INSTALADO	TIEMPO DE PERFORACION DEL TALADRO	TIEMPO DE INYECCION	INSTALACION DE PERNO	TIEMPO DE POSICIONAMIENTO	TIEMPO DE TRASLADO DE EQUIPO	TIEMPO TOTAL DE INSTALACION DE PERNO	RESINAS	CEMBOL
Estocada 4239 - 866 SW	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	BUENA (R-I)	66	0.17	0.5	00:00:16	00:00:17	00:00:21	00:00:14	00:01:29	00:02:37	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:21	00:00:11	00:00:55	00:00:34	00:01:47	00:04:48	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:36	00:00:11	00:00:25	00:00:31	00:01:47	00:04:30	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:06	00:00:11	00:00:16	00:00:21	00:01:47	00:03:41	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:10	00:00:11	00:00:04	00:00:44	00:01:47	00:03:56	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:02:14	00:00:11	00:00:31	00:00:59	00:01:47	00:05:42	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:07	00:00:11	00:00:42	00:00:35	00:01:47	00:04:22	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:08	00:00:11	00:00:36	00:00:31	00:01:47	00:04:13	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:11	00:00:11	00:00:34	00:00:31	00:01:47	00:04:14	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:26	00:00:11	00:00:01	00:00:14	00:01:47	00:03:39	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:00	00:00:11	00:00:05	00:01:32	00:01:47	00:04:35	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:09	00:00:11	00:00:35	00:00:21	00:01:47	00:04:03	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:13	00:00:11	00:01:29	00:00:29	00:01:47	00:05:09	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:30	00:00:11	00:01:35	00:00:58	00:01:47	00:06:01	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:00:58	00:00:11	00:00:11	00:00:21	00:01:47	00:03:27	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:10	00:00:11	00:00:34	00:00:28	00:01:47	00:04:10	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:00	00:00:11	00:00:18	00:00:42	00:01:47	00:03:59	2	7
Estocada 4340 - 369 NW	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	MALA (R-II)	40	0.17	1	00:01:20	00:00:11	00:00:34	00:00:29	00:01:47	00:04:21	2	7

LABOR	EQUIPO	MES	SECCIÓN	CALIDAD DE ROCA (R.M.R.)	RMR	NUMERO DE MALLA INSTALADO	NUMERO DE PERNO INSTALADO	TIEMPO DE PERFORACION DEL TALADRO	TIEMPO DE INYECCION	INSTALACION DE PERNO	TIEMPO DE POSICIONAMIENTO	TIEMPO TRASLADO DE EQUIPO	TIEMPO TOTAL DE INSTALACION DE PERNO	RESINAS	CEMBOLT
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:01:00	00:00:15	00:00:45	00:00:59	00:01:36	00:04:35	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:52	00:00:15	00:01:45	00:00:48	00:01:36	00:05:16	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:50	00:00:15	00:00:35	00:00:47	00:01:36	00:04:03	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:51	00:00:15	00:01:45	00:00:59	00:01:36	00:05:26	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:53	00:00:15	00:00:44	00:00:48	00:01:36	00:04:16	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:52	00:00:15	00:00:45	00:00:47	00:01:36	00:04:15	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:50	00:00:15	00:00:44	00:00:59	00:01:36	00:04:24	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:51	00:00:15	00:00:45	00:00:48	00:01:36	00:04:15	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:53	00:00:15	00:00:45	00:00:47	00:01:36	00:04:16	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:52	00:00:15	00:00:45	00:00:45	00:01:36	00:04:13	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:50	00:00:15	00:00:45	00:00:48	00:01:36	00:04:14	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:51	00:00:15	00:00:44	00:00:31	00:01:36	00:03:57	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:53	00:00:15	00:00:44	00:00:48	00:01:36	00:04:16	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:52	00:00:15	00:00:30	00:00:59	00:01:36	00:04:12	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:50	00:00:15	00:00:30	00:00:48	00:01:36	00:03:59	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	1	00:00:51	00:00:15	00:00:31	00:00:59	00:01:36	00:04:12	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	0.5	00:00:20	00:00:15	00:00:15	00:00:15	00:01:36	00:02:41	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	0.5	00:00:25	00:00:15	00:00:00	00:00:20	00:01:36	00:02:36	2	7
Estocada 4070 - 194 SE	SMALL BOLTER 12	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	60	0.17	0.5	00:00:20	00:00:15	00:00:05	00:00:20	00:01:36	00:02:36	2	7
Rampa (+) 3925	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	47	0.17	1	00:01:07	00:00:17	00:00:26	00:00:31	00:01:30	00:03:51	2	7
Rampa (+) 3925	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	47	0.17	1	00:01:14	00:00:17	00:00:31	00:00:28	00:01:30	00:04:00	2	7
Rampa (+) 3925	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	47	0.17	1	00:01:14	00:00:17	00:00:31	00:00:28	00:01:30	00:04:00	2	7
Rampa (+) 3925	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	47	0.17	1	00:01:13	00:00:17	00:00:30	00:00:41	00:01:30	00:04:11	2	7
Rampa (+) 3925	SMALL BOLTER 15	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	47	0.17	1	00:01:29	00:00:17	00:00:25	00:00:25	00:01:30	00:04:06	2	7
Rampa (+) 3925	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	47	0.17	1	00:00:58	00:00:11	00:00:11	00:00:21	00:01:50	00:03:30	2	7
Rampa (+) 3925	SMALL BOLTER 14	Febrero	3.5 x 3.5	REGULAR (R-II)	47	0.17	1	00:01:10	00:00:11	00:00:34	00:00:28	00:01:50	00:04:13	2	7

Anexo 13. Ubicación de la mina San Rafael

Anexo 14. Estructura de precio unitario de perno helicoidal 7 pies.

Labor	Instalación perno helicoidal 2.10 m - Resina/Cembolt - Perforación Small Bolter					
Longitud	2.10 m	N° taladros	58.0	Longitud barra	8.0 pies	
Avance / guardia	58.0 pernos	Pies/guardia	377.0	Longitud taladro	6.5 pies	
	3,248.00	Beneficios obreros	107.06%			

Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Utilización/Vida Util	Costo/Guardia	Costo/perno
PERSONAL						
US \$						
Operador de Jumbo SB	Tarea	3.00	1,676.61	105.6%	5,312.86	
Ayudante de operador jumbo SB	Tarea	3.00	1,104.41	105.6%	3,499.66	8,812.52
PERFORACION						
Barra speed rod T38-H35-R32 de	pza	1.00	204.50	5,916.00 pies	13.03	
Acople T38/R32	pza	1.00	71.00	3,500.00 pies	7.65	
Broca R28 x 38 mm	pza	1.00	76.00	900.00 pies	31.84	
SHANK T38 HLX5/T D45 L500	pza	1.00	295.00	6,000.00 pies	18.54	
Afiladora de brocas	pza	1.00	1,750.00	100,000.00 pies	6.60	
Copas de afilado	pza	1.00	140.00	10,000.00 pies	5.28	82.93
HERRAMIENTAS						
Llave Stilson de 14"	pza	1.00	28.48	175.00 disparos	0.16	
Llave Francesa 12"	pza	1.00	21.31	175.00 disparos	0.12	
Barretilla de aluminio de 1.8 m	pza	2.00	30.00	75.00 disparos	0.80	
Barretilla de aluminio de 2.4 m	pza	2.00	33.00	75.00 disparos	0.88	
Barretilla de aluminio de 3.0 m	pza	2.00	36.00	75.00 disparos	0.96	
Barretilla de aluminio de 3.6 m	pza	2.00	39.50	75.00 disparos	1.05	
Pintura para perforación	gal	1.00	10.44	15.00 disparos	0.70	
Gas	bal	1.00	11.00	30.00 disparos	0.37	
Soplete	pza	1.00	24.00	500.00 disparos	0.05	
Varios					0.05	5.14
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
Ropa de agua Punto Azul	jgo	2.00	22.14	90.00 guardias	0.49	
Bota de jebe	pza	2.00	0.46	60.00 guardias	0.02	
Lentes de seguridad	pza	2.00	5.46	90.00 guardias	0.12	
Lentes panorámicos	und	2.00	4.35	90.00 guardias	0.10	
Guante de jebe hycron	par	2.00	3.20	12.00 guardias	0.53	
Mameluco con cintas fosforescer	pza	2.00	32.43	180.00 guardias	0.36	
Protector con portalámpara	pza	2.00	32.43	180.00 guardias	0.36	
Tafílete para protector	pza	2.00	5.23	360.00 guardias	0.03	
Portalámpara para protector	pza	2.00	32.43	180.00 guardias	0.36	
Respirador 3M	pza	2.00	18.27	180.00 guardias	0.20	
Filtro contra el polvo - Respirador	pza	2.00	7.12	10.00 guardias	1.42	
Correa de seguridad	pza	2.00	2.57	180.00 guardias	0.03	
Tapón para oído	pza	2.00	0.66	20.00 guardias	0.07	
Uniforme de drill con cinta reflexiv	pza	2.00	16.29	60.00 guardias	0.54	
Lámpara Minera Northen Light	pza	2.00	307.00	1,200.00 guardias	0.51	
Repuestos y mantenimiento lámparas			50.0%		0.26	
Varios			3%		0.16	5.56
MAQUINARIA Y EQUIPO						
Small Bolter - Propiedad	hora	1.00	51.25	4.55 hora	233.00	
Small Bolter - Operación	hora	1.00	52.98	4.00 hora	211.94	444.94
PERNO Y ACCESORIOS						
Perno helicoidal de 2.1 m	pza	58.00	7.78	1.00 guardias	451.24	
Cartucho Cementante Aguiluc	cart	406.00	0.38	1.00 guardias	154.28	
Resina de fragua rápida	cart	116.00	0.53	1.00 guardias	61.48	667.00
TOTAL COSTO DIRECTO						23.50
UTILIDAD						12%
TOTAL						26.32

Fuente: MINSUR (2017)

Anexo 15. Estructura de precio unitario de malla electrosoldada con grúa.

Labor		Instalación Mallas		Beneficios obreros		107.06%	
Largo	7.50 m						
Ancho	2.40 m						
Avance / guardia	10.0 Und						
Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Utilización/Vida Útil	Costo/Guardia	Costo/malla	
PERSONAL					US \$		
Operador de grúa	Tarea	1.00	56.68	105.6%	59.86		
Ayudante de Perforista	Tarea	1.00	42.48	105.6%	44.87	104.73	10.47
HERRAMIENTAS							
Llave Stilson de 14"	pza	1.00	28.48	175.00 disparos	0.16		
Llave Francesa 12"	pza	1.00	21.31	175.00 disparos	0.12		
Barretilla de aluminio de 1.8 m	pza	2.00	30.00	75.00 disparos	0.80		
Barretilla de aluminio de 2.4 m	pza	2.00	33.00	75.00 disparos	0.88		
Barretilla de aluminio de 3.0 m	pza	2.00	36.00	75.00 disparos	0.96		
Barretilla de aluminio de 3.6 m	pza	2.00	39.50	75.00 disparos	1.05		
Cizalla 18"	pza	1.00	74.92	70.00 disparos	1.07		
Alambre negro N° 12	kg	0.60	1.24	1.00 disparos	0.74		
Varios					0.05	5.84	0.58
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD							
Bota de jebe	par	2.00	14.57	90.00 guardias	0.32		
Lentes de seguridad	pza	2.00	5.46	90.00 guardias	0.12		
Lentes panorámicos	und	1.00	4.35	90.00 guardias	0.05		
Lunas claras Uvextreme	pza	2.00	3.60	30.00 guardias	0.24		
Guante de jebe hycron	par	2.00	3.20	12.00 guardias	0.53		
Mameluco con cintas fosforescentes	pza	2.00	32.43	180.00 guardias	0.36		
Protector con portálampara	pza	2.00	8.08	360.00 guardias	0.04		
Tafílete para protector	pza	2.00	5.23	360.00 guardias	0.03		
Barbiquejo	pza	2.00	0.46	60.00 guardias	0.02		
Respirador 3M	pza	2.00	18.27	180.00 guardias	0.20		
Filtro contra el polvo - Respirador 3M	pza	2.00	7.12	10.00 guardias	1.42		
Correa de seguridad	pza	2.00	2.57	180.00 guardias	0.03		
Arnés de Seguridad de 03 anillos	pza	2.00	29.75	180.00 guardias	0.33		
Línea de vida	pza	2.00	56.86	180.00 guardias	0.63		
Tapón para oído	pza	2.00	0.66	20.00 guardias	0.07		
Uniforme de drill con cinta reflexiva	pza	2.00	16.29	60.00 guardias	0.54		
Lámpara Minera Northen Light	pza	2.00	307.00	1,200.00 guardias	0.51		
Repuestos y mantenimiento lámparas			50.0%		0.26		
Varios			3%		0.17	5.88	0.59
INSTALACION							
Malla Prodac 2.4x6.0	pza	10.00	42.12	1.00 guardias	421.20	421.20	42.12
EQUIPOS							
Grúa - Propiedad	hora	1.00	9.03	3.00 hora	27.05		
Grúa - Operación	hora	1.00	20.81	4.30 hora	89.47	116.53	11.65
TOTAL COSTO DIRECTO							65.42
UTILIDAD			12%				7.85
TOTAL							73.27

Fuente: MINSUR (2017)

Anexo 16. Valoración del macizo rocoso (R.M.R.)

Labor:	Rampa (+) 3925
Código de mapeo:	M1
Litología:	Monzogranito

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
PARÁMETROS	RANGO DE VALORES									VALORACION	
	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)		<25 (3)
RESIST. COMPRESIÓN UNIAxIAL											7
RQD %											13
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	X	0.06-0.2 (8)						8
PERSISTENCIA	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)		10-20 m (1)					> 20 m (0)	4
CONDICION APERTURA	Cerrada (6)		<0.1 mm apert. (5)	X	0.1-1.0 mm (4)					> 5 mm (0)	4
DE RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)		Rugosa (5)	X	Lig. rugosa (3)					Espejo de falla (0)	3
JUNTAS RELLENO	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)		Duro > 5mm (1)					Suave > 5 mm (0)	1
INTEMPERIZACIÓN	Sana (6)	X	Lig. Intemper. (5)		Mod. Intemper. (2)					Descompuesta (0)	5
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)		Humedo (10)	X	Mojado (7)					Flujo (0)	7
AJUSTE POR ORIENTACION	Muy favorable (0)		Favorable (-2)	X	Regular (-5)					Muy desfavorable (-12)	-5
CLASE DE MACIZO ROCOSO										47	
RMR	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0							
DESCRIPCION	I - BUENA	II - REGULAR	III - MALA	IV - MUY MALA							
Marque una "X"		X									

Fuente: MINSUR (2017)

Anexo 17. Costos de equipo grúa

		Grúa		
Precio compra		256,901		US \$/hora
Precio ligo llantas		3,158		5.49
Vida llantas (hor)		2,000		2.44
Precio stock (V)		253,743		1.10
Valor de rescate (Vr)	20%	50,749		9.03
Costo de posesión				
Vida económica en horas (n) (dato de manual)	4320	18,500		
Vida económica en años (N)		4.28		
Costo de operación				
	Consumo	Precio		US \$/hora
Combustible	gal/hora	US \$/gal		6.00
Aceite motor gal/hor	2.00	3.00		1.83
Aceite hidraulico gal/hor	0.056	7.5		1.57
Grasa lbs/hora	0.2	7.5		1.58
Filtro (0,4 * costo aceite + grasa)	0.5	2.0		0.24
Repuestos		20%		9.60
		70%		20.81
Total costo de operación				
Factor de inversión $K = (n+1)/2n$		0.62		
Intereses %		6.7%		
Seguros %		3.0%		
Total Costo de Propiedad y Operación				29.84

Fuente: MINSUR (2017)