

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Control de las brocas y barras cónicas para  
incrementar la vida útil de los aceros de  
perforación EN Minera Aurífera Retamas S.A**

Abel Luis Flores Ochoa  
Giancarlo Ruffi Martinez Neira

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

**A** : Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Jesús Fernando Martínez Ildelfonso  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 20 de Julio de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "CONTROL DE LAS BROCAS Y BARRAS CÓNICAS, PARA INCREMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN, EN MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Abel Luis Flores Ochoa, Giancarlo Ruffi Martínez Neira, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI  NO   
(Nº de palabras excluidas: 20)
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Abel Luis Flores Ochoa, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 45515079, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "CONTROL DE LAS BROCAS Y BARRAS CÓNICAS, PARA INCREMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN, EN MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.



20 de julio de 2023.

---

Abel Luis Flores Ochoa

DNI. No. 45515079

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Giancarlo Ruffi Martinez Neira, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 41741236, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "CONTROL DE LAS BROCAS Y BARRAS CÓNICAS, PARA INCREMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN, EN MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

20 de julio de 2023.



---

Giancarlo Ruffi Martinez Neira

DNI. No. 41741236

---

# CONTROL DE LAS BROCAS Y BARRAS CÓNICAS, PARA INCREMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN, EN MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.

---

## ORIGINALITY REPORT

---

16%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

---

## PRIMARY SOURCES

---

1

[fr.slideshare.net](http://fr.slideshare.net)

Internet Source

2%

2

[repositorio.unsaac.edu.pe](http://repositorio.unsaac.edu.pe)

Internet Source

2%

3

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Internet Source

2%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Student Paper

1%

5

Submitted to Universidad Nacional de Trujillo

Student Paper

1%

6

[1library.co](http://1library.co)

Internet Source

1%

7

[repositorio.unheval.edu.pe](http://repositorio.unheval.edu.pe)

Internet Source

1%

8

[vdocuments.es](http://vdocuments.es)

Internet Source

1%

---

[renati.sunedu.gob.pe](http://renati.sunedu.gob.pe)

9	Internet Source	1 %
10	repositorio.uni.edu.pe Internet Source	1 %
11	pdfcookie.com Internet Source	1 %
12	repositorio.unap.edu.pe Internet Source	1 %
13	vsip.info Internet Source	<1 %
14	repositorio.unsa.edu.pe Internet Source	<1 %
15	Submitted to Universidad Continental Student Paper	<1 %
16	idoc.pub Internet Source	<1 %
17	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
18	doku.pub Internet Source	<1 %
19	es.scribd.com Internet Source	<1 %
20	pt.scribd.com Internet Source	<1 %

21	<a href="http://upc.aws.openrepository.com">upc.aws.openrepository.com</a> Internet Source	<1 %
22	<a href="http://repositorio.une.edu.pe">repositorio.une.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
23	<a href="http://repositoriodemo.continental.edu.pe">repositoriodemo.continental.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
24	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
25	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Student Paper	<1 %
26	Submitted to Universidad Privada del Norte Student Paper	<1 %
27	<a href="http://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Internet Source	<1 %

Exclude quotes  On  
Exclude bibliography  On

Exclude matches < 20 words

## **ASESOR**

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra alma mater: Universidad Continental.

A los ingenieros de la EAP Ingeniería de Minas, por sus valiosas enseñanzas y experiencia profesional.

## DEDICATORIA

Yo Abel, dedico esta tesis a Dios, ya que gracias a él logre concluir mi carrera.

A mis hijos: Farid, Matthias y mi esposa Mirian, que con su apoyo y paciencia me encaminaron al triunfo, fue el ingrediente ideal para conseguir y lograr esta dichosa y muy digna victoria en la vida.

A mis padres: Silvia y Abel, por haberme forjado cómo la persona que soy, muchos de mis logros se los debo a ustedes.

Yo Giancarlo, dedico esta tesis, a mis padres: Ruffi y Admira, por su incondicional apoyo, muchos de mis logros se los debo a ustedes en los que incluye esta tesis.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	i
ASESOR.....	viii
AGRADECIMIENTO .....	ix
DEDICATORIA .....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xix
CAPÍTULO I.....	21
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	21
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	21
1.1.1 Planteamiento del problema .....	21
1.1.2 Formulación del problema.....	22
1.2 Objetivos.....	22
1.2.1 Objetivo general .....	22
1.2.2 Objetivos específicos .....	23
1.3 Justificación e Importancia .....	23
1.4 Hipótesis.....	23
1.4.1 Hipótesis general .....	23
1.4.2 Hipótesis específicas .....	24
1.5 Identificación de las variables.....	24
1.5.1 Variable independiente .....	24
1.5.2 Variable dependiente .....	24
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables .....	25
CAPÍTULO II.....	26
MARCO TEÓRICO .....	26
2.1 Antecedentes del problema .....	26
2.1.1 Antecedentes nacionales .....	26
2.2 Generalidades de la minera aurífera Retamas S. A. ....	30
2.2.1 Ubicación y accesibilidad .....	30
2.2.2 Geología.....	32

2.2.2.1. Geología regional .....	32
2.3 Bases teóricas .....	37
2.3.1 Método de minado por corte y relleno.....	37
2.4 Equipo Manual Perforadora Jack Leg .....	39
2.4.1 Partes principales de una máquina perforadora .....	40
2.4.2 Accesorios de perforación.....	41
2.5 Utilización de la barra cónicas en la perforación, con el equipo Jackleg RMP – S83FX.....	43
2.6 Fallas por el control de parámetros y factores de perforación deficientes en las barras cónicas y brocas.....	45
2.7 Perforación y voladura con equipo manual – Jackleg .....	46
2.8 Evaluación de la estructura de costos para una galería.....	47
2.9 Definición de términos .....	49
CAPÍTULO III.....	51
MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO .....	51
3.1 Método y alcances de la investigación .....	51
3.1.1 Método general o teórico de la investigación.....	51
3.1.2 Alcance de la investigación.....	51
3.2 Diseño de la investigación .....	52
3.3 Población y muestra .....	52
3.3.1 Población .....	52
3.3.2 Muestra .....	52
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	52
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	52
CAPÍTULO IV .....	54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	54
4.1 Evaluación del control de las brocas y barras cónicas para incrementar la vida útil en la minera aurífera retamas S. A.....	54
4.1.1 Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas.....	55
4.1.2 Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas.....	55
4.2 Evaluación del control de las brocas y barras cónicas para la reducción de pérdidas prematuras de las piezas de perforación en la minera aurífera Retamas S. A.....	57
4.2.1 Análisis geomecánico del nivel 2950 del XC 1140 S .....	57
4.2.2 Análisis de los aceros de perforación barra y broca cónica para el avance lineal del XC 1140 S.....	60

4.3 Análisis del control de las brocas y barras cónicas para la reducción del costo unitario de perforación en la minera aurífera Retamas S. A.....	66
CONCLUSIONES .....	71
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
ANEXOS.....	76
Anexo 1.....	77
Anexo 2.....	78
Anexo 3.....	80
Anexo 4.....	83
Anexo 5.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	25
Tabla 2. Ubicación y accesibilidad de la minera aurífera Retamas S. A. ....	32
Tabla 3. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jackleg RMP – S83FX 40	
Tabla 4. Parámetros de perforación y voladura con equipo manual - Jackleg.....	46
Tabla 5. Criterios esenciales para la evaluación del costo por metro lineal.....	48
Tabla 6. Estructura de costos para una galería de 2.2 m x 2.4 m con Jackleg.....	48
Tabla 7. Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas.....	55
Tabla 8. Descarte de herramientas de perforación - barras cónicas.....	56
Tabla 9. Descarte herramientas de perforación de las brocas cónicas – evaluación situacional.....	60
Tabla 10. Descarte herramientas de perforación de las barras cónicas – evaluación situacional.....	61
Tabla 11. Rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en – evaluación situacional.....	62
Tabla 12. Descarte herramientas de perforación de las brocas cónicas – evaluación óptima.....	63
Tabla 13. Descarte herramientas de perforación de las barras cónicas – evaluación óptima.....	64
Tabla 14. Rendimiento de las herramientas cónicas barra y broca – evaluación óptima .....	65
Tabla 15. Comparación del costo total del consumo de la broca y barra cónica (\$)....	67
Tabla 16. Comparación en base a costos unitarios del metro perforado con barra y broca cónica (\$).....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la minera aurífera Retamas S. A. ....	31
Figura 2. Columna estratigráfica regional.....	33
Figura 3. Métodos de explotación subterránea - cut and fill.....	39
Figura 4. Realización de la perforación, con máquina Jackleg, galería Norte1.....	40
Figura 5. Ciclo de minado con equipo Scooptram de 3.5 yd <sup>3</sup> y la perforadora Jackleg	42
Figura 6. Partes de una barra cónica .....	43
Figura 7. Sistema de adaptación de la barra cónica y la broca.....	43
Figura 8. Importancia de la conicidad de la barra de perforación.....	44
Figura 9. Partes de una broca para una barra cónica .....	44
Figura 10. Características generales de la estructura de la barra de perforación.....	45
Figura 11. Pérdidas prematuras por la deficiencia del control de la barra cónica como la broca de perforación .....	46
Figura 12. Diseño de malla de perforación con Jackleg y distribución de taladros.....	47
Figura 13. Parámetros de perforación con el equipo manual Jackleg, en la minera aurífera Retamas S. A.....	54
Figura 14. Longitud de avance del XC 1140 S, en la minera aurífera Retamas S. A... 58	
Figura 15. Diseño de la malla de perforación con Jackleg sección 2.40 x 2.40 metros longitud de perforación 6 pies, del XC 1140 S en la minera aurífera Retamas S. A. ....	59
Figura 16. Comparación del rendimiento de las herramientas cónicas barra y broca - evaluación situacional.....	62
Figura 17. Comparación del rendimiento de las herramientas cónicas barra y broca - evaluación optima .....	65

## RESUMEN

La minera aurífera Retamas S.A., como toda unidad minera, cuenta con la operación un tanto de mayor importancia que es la perforación, también la calidad y la precisión determinan los buenos resultados de una buena voladura y así obtener una adecuada fragmentación del macizo rocoso (1).

Hoy día existe un problema en el paralelismo de los taladros, cuando mayor sea la longitud mayor es la desviación del taladro, esto también trae pérdidas de las piezas de perforación, el barreno tiende a doblarse o romperse en el peor de los casos y la broca por ser la primera pieza de perforación tiende a desgastarse prematuramente, además de romperse los insertos de la broca, generando así pérdidas prematuras de las piezas de perforación.

Esto repercute en el avance de la labor: menor avance y menor productividad, generando pérdidas económicas en el replanteo de la voladura secundaria o mayor sostenimiento por la sobre rotura que pueda existir.

La comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca permitieron la evaluación situacional. Esta indica que se tuvo un avance de 90 metros lineal del XC 1140 S, los metros perforados en total es de 3,780 metros perforados. En las brocas cónicas, se tiene una pérdida de 148 metros perforados por cada broca cónica, por debajo del rendimiento de la vida útil. Esto se debe a las malas prácticas operativas en la perforación. En las barras cónicas, se tiene una pérdida de 427.50 metros perforados por cada broca cónica por debajo del rendimiento de la vida útil. Esto se debe a los errores en el emboquillado y en el empuje de avance que se debe controlar, ya que la perforación se está realizando en roca regular B y la presencia de fallas es recurrente.

La comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca permitieron la evaluación situacional. Este indica que

se tuvo un avance de 103 metros lineal del XC 1140 S, los metros perforados en total es de 4,326 metros perforados. En las brocas cónicas, se incrementó en 32.60 metros perforados para cada broca cónica por encima del rendimiento de la vida útil. Esto refleja el control en el emboquillado de la perforación. En las barras cónicas, se incrementó en 181.50 metros perforados por cada barra cónica por encima del rendimiento de la vida útil. Esto refleja el control de los errores en el emboquillado y el control en el empuje de avance en la perforación con el equipo manual.

**Palabras clave:** control de las brocas y barras cónicas

## ABSTRACT

Minera Aurífera Retamas S.A., like any mining unit, has the most important drilling operation, also the quality and precision determine the good results of a good blasting and thus obtain an adequate fragmentation of the rock mass (1).

Nowadays there is a problem in the parallelism of the drill holes, the greater the length the greater the deviation of the drill, this also brings losses of the drilling pieces, the drill tends to bend or break in the worst case and the drill bit as the first piece of drilling tends to wear prematurely and also to break the inserts of the drill bit, thus generating premature losses of the drilling pieces.

This has repercussions on the progress of the work: less progress and lower productivity, generating economic losses in the setting out of the secondary blasting or greater support for the over breakage that may exist.

The comparison of the performance of the conical tools, drill rod and drill bit, for the situational evaluation, there was an advance of 90 linear meters of the XC 1140 S, the total drilled meters is 3,780 drilled meters, in the conical drill bits, there is a loss of 148 drilled meters for each conical drill bit below the performance of the useful life, this is reflected to the bad operational practices in the drilling. In the conical rods, there is a loss of 427.50 meters drilled for each conical bit below the useful life performance, this is reflected by the errors in the grouting and in the advance thrust, this must be controlled since the drilling is being done in regular B. rock and the presence of failures is recurrent.

The comparison of the performance of the conical drilling tools, rod and bit, For the situational evaluation, there was an advance of 103 linear meters of the XC 1140 S, the total meters drilled is 4,326 meters drilled. In the conical bits, there was an increase of 32.60 meters drilled for each conical bit over the useful life performance, this reflects the control in the drilling bushing. In conical rods, it increased by 181.50 meters drilled for each conical rod above the lifetime performance, reflecting the control of the errors in the grouting and the control in the feed thrust in the drilling with the manual equipment.

**Key words:** drill bit and taper rod control.

## INTRODUCCIÓN

Las empresas mineras en el Perú, en la operación de perforación, siguen unos rigurosos parámetros de perforación para luego estandarizarlos y seguir optimizando el proceso. La reducción del costo por metro perforado nos ayuda a reducir el costo final de perforación lo cual es beneficioso para la empresa minera

La Minera Aurífera Retamas S.A., como toda unidad minera, cuenta con la operación un tanto de mayor importancia que es la perforación, también la calidad y la precisión determinan los buenos resultados de una buena voladura y así obtener una adecuada fragmentación del macizo rocoso (1).

Hoy día existe un problema en el paralelismo de los taladros, cuando mayor sea la longitud mayor es la desviación del taladro. Esto trae pérdidas de las piezas de perforación, el barreno tiende a doblarse o romperse en el peor de los casos y la broca por ser la primera pieza de perforación tiende a desgastarse prematuramente, además de romperse los insertos de la broca, generando así pérdidas prematuras de las piezas de perforación.

La comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca permitieron la evaluación situacional. Esta indica que se tuvo un avance de 90 metros lineal del XC 1140 S, los metros perforados en total es de 3,780 metros perforados. En las brocas cónicas, se tiene una pérdida de 148 metros perforados por cada broca cónica, por debajo del rendimiento de la vida útil. Esto se debe a las malas prácticas operativas en la perforación. En las barras cónicas, se tiene una pérdida de 427.50 metros perforados por cada broca cónica por debajo del rendimiento de la vida útil. Esto se debe a los errores en el emboquillado y en el empuje de avance que se debe controlar, ya que la perforación se está realizando en roca regular B y la presencia de fallas es recurrente.

La comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca permitieron la evaluación situacional. Este indica que se tuvo un avance de 103 metros lineal del XC 1140 S, los metros perforados en total es de 4,326 metros perforados. En las brocas cónicas, se incrementó en 32.60 metros perforados para cada broca cónica por encima del rendimiento de la vida útil. Esto refleja el control en el emboquillado de la perforación. En las barras cónicas, se incrementó en 181.50 metros perforados por cada barra cónica por encima del rendimiento de la vida útil. Esto refleja el control de los errores en el emboquillado y el control en el empuje de avance en la perforación con el equipo manual.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

La mayoría de las compañías o empresas mineras, a nivel mundial, están sometidas a los precios de los metales del mercado internacional. La reducción de los costos operativos es fundamental y de suma importancia. Los trabajos de perforación en toda empresa minera se realizan en el día a día por ser una de las operaciones principales.

Las empresas mineras en el Perú, durante la perforación siguen rigurosos parámetros, para luego estandarizarlos y seguir optimizando el proceso. La reducción del costo por metro perforado ayuda a reducir el costo final de perforación que es beneficioso para la empresa minera.

La minera aurífera Retamas S. A., como toda unidad minera, cuenta con la operación unitaria de perforación, también la calidad y la precisión determinan los buenos resultados de una buena voladura para obtener una adecuada fragmentación del macizo rocoso (1).

Hoy día existe un problema en el paralelismo de los taladros, cuando mayor sea la longitud, mayor es la desviación del taladro, esto también trae pérdidas de las piezas de perforación, el barreno tiende a doblarse o romperse en el peor

de los casos, y la broca por ser la primera pieza de perforación tiende a desgastarse prematuramente, además de romperse los insertos de la broca, generando así pérdidas prematuras de las piezas de perforación.

Esto repercute en el avance de la labor: menor avance y menor productividad, generando pérdidas económicas en el replanteo de la voladura secundaria o mayor sostenimiento por la sobre rotura que pueda existir.

Esta investigación busca disminuir la desviación de taladros en la perforación, y así obtener una mejor voladura, disminución de pérdidas prematuras de las piezas de perforación utilizadas en el equipo manual Jackleg, maximizar la productividad, disminuir la sobre excavación en el contorno de la labor y disminuir el costo por tonelada.

### **1.1.2 Formulación del problema**

#### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo se realizará el control de las brocas y barras cónicas, para incrementar la vida útil de los aceros de perforación en minera aurífera Retamas S. A.?

#### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo se realizará el control de las brocas y barras cónicas, para reducir las pérdidas prematuras de las piezas de perforación en minera aurífera Retamas S. A.?
- ¿Cómo se realizará el control de las brocas y barras cónicas, para reducir el costo unitario de perforación en minera aurífera Retamas S. A.?

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo general**

Realizar el control de las brocas y barras cónicas, para incrementar la vida útil de los aceros de perforación en minera aurífera Retamas S. A.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar el control de las brocas y barras cónicas para reducir las pérdidas prematuras de las piezas de perforación en minera aurífera Retamas S. A.
- Realizar el control de las brocas y barras cónicas para reducir el costo unitario de perforación en minera aurífera Retamas S. A.

### **1.3 Justificación e Importancia**

En la minera aurífera Retamas S. A. existe un problema en el paralelismo de los taladros, cuando mayor sea la longitud, mayor es la desviación del taladro, esto también trae pérdidas de las piezas de perforación, el barrenado tiende a doblarse o romperse en el peor de los casos y la broca por ser la primera pieza de perforación tiende a desgastarse prematuramente, además de romperse los insertos de la broca, generando así pérdidas prematuras de las piezas de perforación.

Esto repercute en el avance de la labor: menor avance y menor productividad, generando pérdidas económicas en el replanteo de la voladura secundaria o mayor sostenimiento por la sobre rotura que pueda existir.

Esta investigación busca disminuir la desviación de taladros en la perforación, y así obtener una mejor voladura, disminución de pérdidas prematuras de las piezas de perforación utilizadas en el equipo manual Jackleg, maximizar la productividad, disminuir la sobre excavación en el contorno de la labor y disminuir el costo por tonelada.

### **1.4 Hipótesis**

#### **1.4.1 Hipótesis general**

El control de las brocas y barras cónicas influye positivamente, para incrementar la vida útil de los aceros de perforación en minera aurífera Retamas S. A.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- El control de las brocas y barras cónicas influye positivamente para reducir las pérdidas prematuras de las piezas de perforación en minera aurífera Retamas S. A.
- El Control de las brocas y barras cónicas es factible y viable para reducir el costo unitario de perforación en minera aurífera Retamas S. A.

### **1.5 Identificación de las variables**

#### **1.5.1 Variable independiente**

Control de las brocas y barras cónicas

#### **1.5.2 Variable dependiente**

Incrementar la vida útil de los aceros de perforación

### 1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I: Control de las brocas y barras cónicas	Es el seguimiento del funcionamiento de las brocas y barras cónicas, con el objetivo de reducir las pérdidas prematuras de los aceros de perforación, relacionado con el tipo de roca a perforar y al factor operativo del equipo manual (Jackleg), ejecutado por el operador del equipo.	<p>Evaluación de la caracterización geomecánica</p> <p>Evaluación del procedimiento adecuado para la perforación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso</li> <li>• Familias de discontinuidades</li> <li>• Parámetros de las discontinuidades</li> <li>• Factores y parámetros de perforación</li> <li>• Metros perforados</li> <li>• Cantidad de aceros de perforación</li> </ul>
V.D: Incrementar la vida útil de los aceros de perforación	Es la mejora en el aumento del rendimiento, en función a los metros perforados de las piezas de perforación: barreno y broca del equipo manual Jackleg, evaluando la caracterización geomecánica, para los factores y parámetros de control de la operación unitaria de perforación del macizo rocoso.	<p>Evaluación de pérdidas prematuras de los aceros de perforación</p> <p>Evaluación del costo unitario de perforación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de descartes de broca</li> <li>• Tipos de descartes de barra</li> <li>• Metros perforados de los aceros de perforación</li> <li>• Tipo de broca</li> <li>• Tipo de barra</li> <li>• P.U. de la broca (\$/m)</li> <li>• P.U. de la barra (\$/m)</li> <li>• P.U. del equipo de perforación Jack Leg (\$/m)</li> <li>• Costo de metro perforado (\$/m)</li> </ul>

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del problema

##### 2.1.1 Antecedentes nacionales

a) Tesis titulada: «*Optimización del avance lineal en las labores de exploración y desarrollo de la Unidad Minera Santa María - Compañía Minera Poderosa S.A. con la aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de la voladura*» realizada en la facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para análisis de los parámetros que intervienen en las estimaciones matemáticas para el diseño de la malla de perforación y voladura en roca diorita, tipo III, para incrementar el avance lineal en las zonas de desmonte (cortadas), el cual depende directamente del diámetro de los taladros de alivio en el arranque y la desviación de perforación de los mismos. (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2):

- Se rediseñó la malla de perforación y voladura considerando las dos variables mencionadas en la primera conclusión y también el tipo de explosivo a utilizar. De esta manera, se disminuyó de 45 a 39 la cantidad de taladros cargados y de los 5 taladros de alivio de 38 mm, se modificó a 2 taladros de alivio de 64 mm, con 3 taladros de alivio de 38 mm (Figura 25). De este modo, se aumentó el avance promedio a 2.10 m/disparo, con barrenos de 8 pies, frente al avance de 1.51 m/disparo, con barrenos de 6 pies. Esto contribuyó a que el costo por metro de avance disminuya de S/.1,344.86 a S/.1,140.85 (2).

- En esta instancia, se consiguió bajar el factor de potencia (kg/t) de 1.23 a 1.15, y el factor de carga lineal (kg/m) se redujo de 23.24 a 21.02. La eficiencia de perforación y la eficiencia de voladura aumentaron, obteniendo así los siguientes indicadores: 87.93 % a 89.54 % y 93.92 % a 96.31 %, respectivamente (2).
  - Se concluye que aplicando correctamente los modelos matemáticos de Holmberg y sus colaboradores; y bajo los parámetros de estos, es posible obtener un mejor diseño de malla de perforación y voladura, reflejándose significativamente en un mayor avance lineal por guardia de trabajo. No obstante, cabe recalcar que existen otros métodos para poder realizar el mismo objetivo de esta presente investigación (2).
- b) Tesis titulada: *«Análisis y optimización de las operaciones de perforación y voladura para el desarrollo de estándares técnicos e incremento de utilidades en mina Tambomayo»*, realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para analizar y optimizar la perforación y voladura de rocas, para maximizar utilidades en la mina Tambomayo (3). Además, la metodología tiene las siguientes características (3):
- Para mejorar el diseño de la malla de perforación, optimizando los costos unitarios para el incremento de utilidades en la U.M. Tambomayo, donde el costo mostrado como línea base, fue de 153,26 \$/m, optimizando los costos en 135,47 \$/m. generándose una ganancia de 17,79 \$/m, repercutiendo favorablemente en el cash cost del área de mina, incrementando las utilidades en la U.M. Tambomayo (3).
  - De acuerdo con el diseño de malla de perforación optimizada se reducen 3 taladros de 14 pies, por consiguiente, los costos unitarios de avance en mina se optimizan en 0,12 \$/m con respecto a los costos iniciales de la U.M. Tambomayo (3).

- De acuerdo con el diseño de perforación y voladura propuesta los costos de explosivos se optimizan de 109,52 \$/m a 95,53 \$/m, reduciendo los costos en 13,99 \$/m. siendo favorable para la U.M. Tambomayo (3).
  - La optimización es real con el replanteo en el diseño de la malla de perforación, estandarizando la carga del explosivo en los taladros y el secuenciamiento de salida.
  - De acuerdo con los costos unitarios dados anteriormente, se observó que un 38 % se invierte en explosivos en un frente de voladura, un 15 % en mano de obra y 47 % en equipos y accesorios en la U.M. Tambomayo (3).
- c) Tesis titulada: «*Control de aceros de perforación de jumbos para su optimización y reducción de costos en la Compañía Minera Casapalca S.A.*» realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para implementar un control adecuado en el uso de los aceros, que involucra todo el trabajo de perforación para reducir el consumo elevado de aceros en la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochirí – Lima (4). Además, la metodología tiene las siguientes características (4):
- La Compañía Minera Casapalca quien explora, prepara, desarrolla y explota minerales polimetálicos, hoy en día se tiene una mejora en sus procesos específicamente en perforación y voladura y todo aquello que está relacionado a dichos procesos, desde que se ha aplicado los controles de aceros de perforación se tiene resultados favorables para la empresa, tanto en costos como en los procesos diarios, los rendimientos de los aceros tanto de las brocas, barras *shank* y *coupling* (vida útil) es mayor que antes por ende el costo es menor. La aplicación de estos controles es diaria, hasta la fecha, lo que permite saber con mayor detalle todos los estatus de los aceros de perforación y como también de los equipos. Si falla alguno de los controles es cuando se tiene mayor problema en lo habitual se procura no tener estos descontroles para eso la supervisión tiene que estar controlando e informando los trabajos de control (4).

- La empresa anteriormente invertía una fuerte suma de dinero en adquisición de aceros de perforación por el alto consumo de estos (se muestran en las tablas presentadas anteriormente), aplicando estos controles se tuvo una disminución de consumo de aceros y con ello se ha disminuido los costos de perforación que es favorable para la empresa y se ha mejorado los trabajos en las operaciones con menos horas muertas o menos tiempos improductivos (4).

d) Tesis titulada: «*Mejora de la perforación con barras cónicas, mediante la minimización de errores de desviación de taladros, Unidad Minera San Juan de Chorunga*» realizada en la Universidad Continental. El objetivo del estudio fue obtener la mejora de la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga (5). Además, la metodología tiene las siguientes características (5):

- Las cuatro funciones para realizar la perforación con el equipo manual Jackleg son percusión, rotación, empuje de avance y el barrido (5).
- Las deficiencias se inician con el emboquillado, el mal control del empuje de avance, el mal control de la presión de agua y aire, estos factores generan la desviación de taladros en la perforación con la barra y broca cónicas (5).
- Se realizó capacitaciones al maestro y ayudante perforista a fin de minimizar estos errores cometidos. Se logró para el año 2020 mejores rendimientos en las herramientas de perforación llegando a sobrepasar la vida útil de la barra y broca cónica (5).
- La comparación de las herramientas de perforación broca y barra cónicas para el año 2019 y 2020, se tiene: rendimiento de la broca cónica: 159 metros perforados por encima de la vida útil y por encima del rendimiento del año 2019 (5). Rendimiento de la barra cónica: 324 metros perforados por encima de la vida útil y por encima del rendimiento del año 2019 (5).

e) Tesis titulada: «*Influencia de la supervisión de las brocas de botones para evaluar su vida útil en la Unidad Minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A.*» realizada en la Universidad Continental. El objetivo del estudio fue determinar

cómo influye la supervisión de las brocas de botones para evaluar su vida útil en la unidad minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A. (6). Además, la metodología tiene las siguientes características (6):

- La supervisión influye directamente en hacer llegar el rendimiento máximo de vida útil que puede tener una broca, por lo que se obtiene como resultado un 18.9 % más de rendimiento que en un inicio (tabla 11). Dicho resultado final se llegó a tener gracias a un seguimiento oportuno de las diferentes actividades como: el correcto afilado, la operatividad de los equipos y tener conocimiento de las características de la roca (6).
- Teniendo como resultado un correcto afilado de brocas, a partir de conocer el procedimiento adecuado y todos los criterios a considerar (ángulo de afilado, centralización de la muela con el inserto, refrigeración, etc.), nos ha servido para mejorar en el comportamiento de la cantidad de metros perforados. Respecto al punto mencionado se llegó incrementar los metros perforados desde el mes de marzo del 2019 hasta la actualidad julio del 2019 en un 5.6 %, 6.4 %, 8.9 %, 0.9 %, 1.1 % respectivamente por cada mes (tabla 31) (6).
- Saber con exactitud el rendimiento de la vida útil de las brocas fue muy importante, porque nos ayuda a brindar el juego correcto de brocas. Asimismo, la finalidad de dicho trabajo es que los operadores lleguen a devolver todas las brocas que se le otorgó a inicio de guarda y no escondiéndolas o votándolas en las labores por exceso de peso, también para realizar la rotación adecuada de las brocas sin necesidad de ser sobreperforada (6).

## **2.2 Generalidades de la minera aurífera Retamas S. A.**

### **2.2.1 Ubicación y accesibilidad**

La minera aurífera Retamas S. A. pertenece al anexo de Llacuabamba distrito de Parcoy provincia de Pataz departamento de la Libertad; está en el flanco oeste de la cordillera oriental a 180 km hacia el este de la ciudad de Trujillo, a una altura de 3900 m s. n. m.



**Figura 1. Ubicación de la minera aurífera Retamas S. A.  
 Tomada del departamento de Administración de la minera aurífera Retamas S. A. (6)**

La accesibilidad desde el departamento de Lima a la minera aurífera Retamas S. A. se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2. Ubicación y accesibilidad de la minera aurífera Retamas S. A.**

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo aproximado (h)
Lima - Trujillo	562	Asfaltado	7.5 horas.
Trujillo – Chirán	34	Asfaltada	1 horas.
Chirán – Chagual	307	Afirmada	8 horas
Chagual – Mina Marsa	69.2	Afirmada	3 horas
<b>TOTAL</b>	<b>972.2</b>		<b>19.5 horas</b>

*Tomada del Departamento de Administración de la minera aurífera Retamas S. A. (6)*

## 2.2.2 Geología

### 2.2.2.1. Geología regional

La parte de la Geología comprende rocas volcánicas sedimentarias plutónicas y metamórficas, las rocas más antiguas están representada por las filitas proterozoicas (7). Las deformaciones plásticas de las filitas denotan cuatro eventos tectónicos:

- Metamorfismo que debe haber tenido lugar alrededor de la transición precámbrica (7).
- Paleozoico donde las rocas volcánicas se encuentran solo en la parte superior fracturadas pizarras ordoviciense con graptolites. Formación Contaya que sobreyasen en los volcánicos que casi no han sufrido deformaciones (7).
- El Paleozoico Medio Superior y el Triásico Inferior están representados por sedimentos con movimientos (grupo Ambo). De carbonífero y el grupo Mito del Pérmico Superior y el Triásico Inferior después de la deposición de los carbonatos marinos moricosliásicos (grupo Pucará) (7).
- El desarrollo geológico está caracterizado desde el Jurásico Medio por el levantamiento de la cordillera oriental y una escasa sedimentación donde se distingue el grupo Goyllarisquizga del Neociano, formación Crisnejas del

Albiano Medio y formación Chuta del Santón Eoceno, con intrusiones sub volcánicas y un volcanismo ácido, que han atribuido al ácido andino como volcanismo LAVASEN (7).

Dentro del contexto regional se aprecian rocas que abarcan desde el precámbrico con el complejo Marañón de edad Precámbrica, sobre estas rocas se han determinado rocas Mesozoicas correspondientes a los grupos Mitú y Pucará, las formaciones Goyllarisquizga, Crisnejas, Chota, depósitos recientes, y rocas intrusivas del Paleozoico (7)



**Figura 2. Columna estratigráfica regional**  
 Tomada del Departamento de Administración de la minera aurífera Retamas S. A. (6)

### **2.2.2.2. Geología local**

La zona se halla mayormente cubierta por depósitos Cuaternarios; las rocas y estructuras mineralizadas se encuentran poco expuestas, en la mina El Gigante, debajo de la cubierta Cuaternaria se extiende el intrusivo de Pataz, de naturaleza félsica a metafélsica; en este se hospedan las vetas auríferas (7).

Al NE, cerca del campamento San Andrés, floran rocas metamórficas del complejo del Marañón, y al SW del Tambo, ocurrencias de arenisca limonitas – volcánicas (capas rojas), pertenecientes al grupo Mitú (7).

#### **a) Rocas intrusivas**

El intrusivo está constituido por 2 facies plutónicas: 1ra facie, microdiorita – diorita; 2da facie, granodiorita-granito (7).

La primera facie son las rocas más favorables para el depósito de las soluciones mineralizantes; en ellas se emplazan el mayor número y las principales estructuras mineralizadas, las que actualmente se hallan en exploración y explotación; la segunda facie, son poco favorables para la formación de estructuras mineralizadas, encontrándose vetas delgadas, ramaleadas (stockwork) y discontinuas (7).

El intrusivo de Pataz se extiende como una franja longitudinal de rumbo N 60°W y ancho promedio de 2.5 km. El contacto NE con el Complejo del Marañón se caracteriza por una franja de enclaves de ancho variable, constituidos por fragmentos alargado de filitas pizarras, meta volcánicos y microdiorita; mientras que el contacto SW está marcado por la falla Huinchus (7).

#### **b) Rocas metamórficas**

Representada por el complejo del Marañón. Constituida por pizarras oscuras y filitas grisáceos, intercaladas con pequeñas capas de esquistos cloritizadas y meta volcánicos; se hallan expuestas en lado NE del batolito de Pataz”, en las quebradas Ventanas, Mushmush, Molinetes, Los Loros y San Vicente; encontrándose plegadas, falladas y/o perturbadas por varios eventos de metamorfismo dinámico e ígneo; asociados a este callamiento aparecen ciertas

estructuras auríferas de características similares y/o diferentes a las estructuras emplazadas en el intrusito (7).

### **c) Rocas sedimentarias**

Conformada por la secuencia sedimentaria del Paleozoico y Mesozoico que aflora al SW del “batolito de Pataz”, desde Alaska por el sur hasta Cachica por el norte (correspondiente a nuestra zona de interés). Esta secuencia está constituida por la unidad Volcano sedimentaria (areniscas, limonitas, micro conglomerados a conglomerados, tobas riolíticas y brechas – aglomerados de riolitas dacitas), pertenecientes al grupo Mitú (Pérmico) y calizas del grupo Pucará (Triásico – Jurásico) (7).

### **d) Depósitos cuaternarios**

Los depósitos Cenozoicos, constituidos por suelos residuales, coluviales, fluvio-glaciares y aluviales, se extienden cubriendo gran parte del área con espesores que varían de 1 a 50 m, formando un relieve abrupto con vegetación de Puna (7).

### **2.2.2.3. Geología estructural**

Se considera una asociación típica mesotermal con temperatura en el rango de 250 – 350 centígrados se presenta una serie de vetas auríferas a partir de una intrusión calco – alcalinas de batolito de Pataz con una removilización en las rocas encajonantes (7).

Pero cabe mencionar que los yacimientos de Pataz se deben a procesos hidrotermales postmagmáticos o sea cuando el proceso de recristalización ha concluido con lo fundamental (7).

Los yacimientos minerales magmatogenos según las condiciones de su formación están relacionados con los procesos geoquímicas de las partes profundas de la corteza terrestre (7).

El sistema hidrotermal ha estado activo por mucho tiempo en varias etapas de reactivación tectónica y depósitos de cuarzo y sulfuros (7).

#### 2.2.2.4. Mineralogía

La mineralogía del yacimiento incluye los siguientes minerales:

- Sulfuros: pirita, calcopirita, galena, esfalerita.
- Óxidos: cuarzo, limonita, magnetita
- Sulfosales: arsenopirita
- Carbonatos: calcita, sericita

Dentro de las vetas de cuarzo aurífero, la pirita es el sulfuro más abundante, la arsenopirita es el mineral que le sigue en abundancia, la galena, que es típica en esta asociación mineral se observa en zonas de oxidación de los filones, formando agregados de grano fino y otros en forma masiva; la esfalerita no es muy frecuente, se presenta en la zona de sulfuros, acompañando a la galena y pirita (7). El oro y electrum se hallan al borde o dentro de las microfracturas de la pirita.

- Oro: macroscópicamente el oro se observa en forma libre en el cuarzo y raramente en la pirita o arsenopirita (7).
- Pirita: se observa pirita de varias generaciones, una pirita probablemente de la primera generación, macroscópicamente se encuentra bien cristalizado en pequeños cubos generalmente dentro de las cajas o en la estructura mineralizada (7).
- Galena: la galena es regularmente frecuente en todas las vetas de región (7).
- Esfalerita: por lo común está en la variedad de marmatita, microscópicamente se le observa en pequeños cristales de color marrón que se encuentran rellenas en las microfracturas de cuarzo, así como la pirita en la cual se observa que tiene inclusiones de oro nativo (7).
- Calcopirita: después de la pirita es uno de los minerales más frecuentes en las vetas de Pataz, se le observa en agregados de grano medio a grueso (7).

## **2.3 Bases teóricas**

### **2.3.1 Método de minado por corte y relleno**

En la clasificación de los métodos subterráneos, dentro de la clase de métodos americanos y en la subclase de gradines invertidos se tiene el método de corte y relleno (cut and fill), que también se clasifica dentro de los métodos con sostenimiento artificial (8)

#### **a) Preparación del método corte y relleno**

Se divide el filón(veta) o manto, en bloques de mineral (ore body) de acuerdo a las “Reglas generales para la división de un yacimiento para su explotación”; aprovechando de dos galerías consecutivas: inferior y superior y a ambos costados por chimeneas laterales, quedando delimitados los ore body para empezar con la explotación propiamente dicha, en los que se establece un orden determinado de acuerdo a un planeamiento elaborado (leyes, volumen ciclo de minado, relleno etc.) (8).

#### **b) Explotación del método corte y relleno**

En la explotación por corte y relleno, se empieza generalmente por la parte inferior del block de mineral dejando un puente de mineral sobre la galería inferior y corriendo una franja horizontal (subnivel) dentro de los límites del block o cuartel, cuando el mineral es de alta ley, existen alternativas para no dejar el puente y se utiliza sostenimiento artificial para recuperar el puente (lozas de concreto armado u otros tipos de sostenimiento) (8).

Cuando se ha arrancado la primera franja de mineral, se rellena el volumen correspondiente, este material sirve como plataforma para el laboreo de la franja siguiente a la vez como sostenimiento de los hastiales (cajas) (8).

#### **c) El ciclo de minado en este método corte y relleno**

##### **1. Perforación**

Taladros horizontales, se tiene dos caras libres y el rendimiento por metro perforado es mayor, así como el consumo de explosivos es menor, la perforación se efectúa con máquinas Jackleg (8).

Taladros verticales, se tiene que preparar inicialmente una pasadura como cara libre y luego efectuar la perforación con máquinas Stoper o Jack Leg, es más cómodo para perforar (8)

Taladros inclinados, que es una variación de los taladros verticales y tiene más ventaja en cuanto a la formación de la cara libre (8).

De acuerdo con la potencia del filón o manto, la perforación de los taladros se efectúa en filas, cuyas mallas pueden ser en zigzag, triangulares o cuadradas (8)

## 2. Relleno

- **Detrítico:** el material para el relleno se puede obtener de la misma área de explotación (interno) - labores de preparación en mineral pobre o roca estéril - o creadas in situ -cortadas hacia la caja techo - y fuera del área de explotación(externo) en canteras diseñadas para este fin, preparación de glory hole. El relleno se introduce al área de explotación a través de chimeneas auxiliares construidas para este fin, luego se uniformiza a manera de franjas horizontales con los equipos adecuados (manual o mecánico) dejando la altura necesaria para continuar con el ciclo de minado (8).
- **Hidráulico:** consiste en transportar un relleno constituido por material de grano fino, suspendido en una pulpa en base a agua, que se deja decantar en el tajeo relleno (8).

## 3. Voladura

Para el éxito de la voladura, es importante determinar el trazo de malla de perforación óptimo, con lo cual se logrará el grado de fragmentación adecuado del mineral para el manipuleo (carguío y transporte). Los explosivos más usados son la dinamita, el anfo, emulsiones y como accesorios de voladura el fanel, cordón detonante, conectores, etc. Los cuales se usan de acuerdo con que si el método es el convencional o mecanizado ya que tienen sus propios parámetros (8).





**Figura 4. Realización de la perforación, con máquina Jackleg, galería Norte1  
Tomada de unidad minera Poderosa S. A.**

**Tabla 3. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jackleg RMP – S83FX**

Jackleg RNP - s83fx		
Especificaciones	US/IMP	Métrico
Diámetro del cilindro	3.00"	76.2 mm
Carrera del pistón	2.519"	64 mm
Frecuencia del impacto	2200 gpm	2200gpm
Longitud de la perforadora	27.25"	62mm
Torque	90 lb-ft	122.04 Nm
Peso de la perforadora	111.11 lbs	50.4 kg
Longitud pie de avance contraído	73"	1854 mm
Longitud pie de avance extendido	128"	3250 mm
Consumo de aire(90 PSI)	110 cfm	51.9 lts/sec
Tamaño de barrena (estándar)	7/8 * 4	22*108 mm
Revoluciones	250 RPM	250 RPM

*Tomada de Fernandez y Javier (9)*

#### **2.4.1 Partes principales de una máquina perforadora**

Toda máquina perforadora se divide en tres partes principales: frontal, cilindro y cabezal; estas tres partes van unidas entre sí por medio de dos pernos largos con tuercas llamados tirantes (9).

## 2.4.2 Accesorios de perforación

Entre los accesorios de perforación tenemos:

- **Barras cónicas**

Son varillas de acero que tienen por objeto transmitir el golpe al terreno por intermedio de la broca donde se realiza la perforación. La perforación de los taladros de cierta longitud se realiza con juegos de barras, empezando la perforación con el patero de 4', seguidor de 6' y pasador de 8' (9).

- **Brocas descartables**

Son los elementos del cuerpo de perforación que realizan el trabajo de trituración de la roca. La broca que está en contacto con la roca es un metal de carburo de tungsteno y cobalto, que pueden ser de 36 – 37 mm. a más. (9)

El ciclo de trabajo utilizando perforadoras Jackleg está compuesto por las siguientes etapas:

- **Perforación**

Se realiza utilizando 2 perforadoras Jackleg por frente con barrenos de 4 y 6 pies y su malla de perforación consta de 52 a 57 taladros dependiendo del tipo de roca, el tiempo promedio de perforación es de 3:00 h, debido a que las labores son de sección de 3.5 x3 m, para poder perforar la parte superior del frente (coronas), se utilizan plataformas de perforación las cuales facilitan la actividad, estas plataformas constan de dos caballetes de metal y 8 tablas de 3m de longitud (9).

- **Voladura**

El explosivo que se utiliza es el Emulex de 45 %, y 80 %, de una pulgada y como accesorios de voladura se utiliza el explosivo tipo carmex, armadas con fulminante y conector (9).

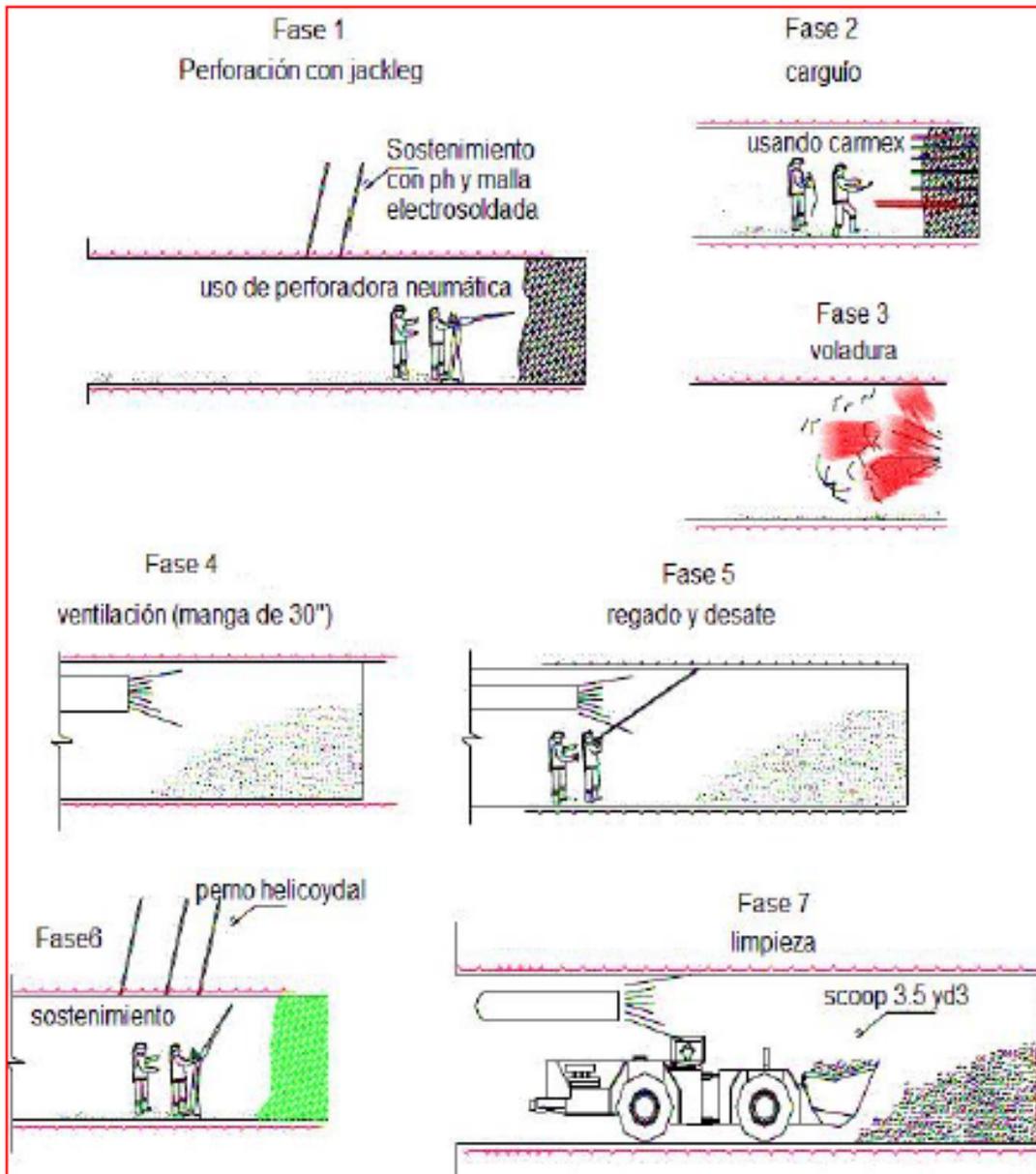
- **Limpieza**

Para realizar la limpieza del material volado se utiliza un scooptram de 3.5 yd<sup>3</sup> (9).

- **Sostenimiento**

Para realizar el sostenimiento con perno helicoidal, se utilizan perforadoras Jackleg y para ganar altura plataformas de perforación (9).

Ciclo de minado utilizando perforadoras Jackleg.

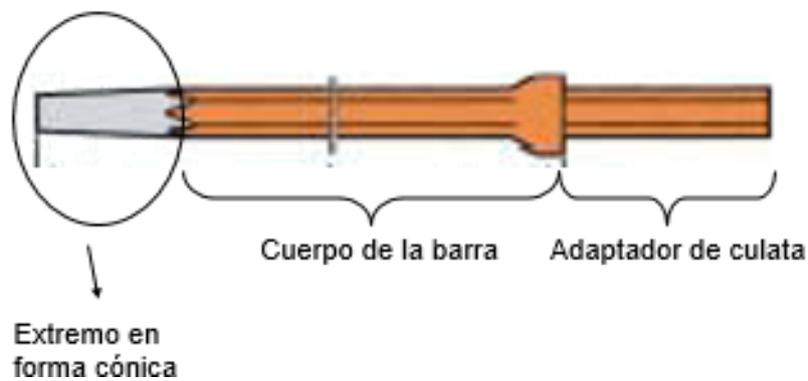


**Figura 5. Ciclo de minado con equipo Scooptram de 3.5 yd<sup>3</sup> y la perforadora Jackleg Tomada de Fernandez y Javier (9)**

## 2.5 Utilización de la barra cónicas en la perforación, con el equipo Jackleg RMP – S83FX

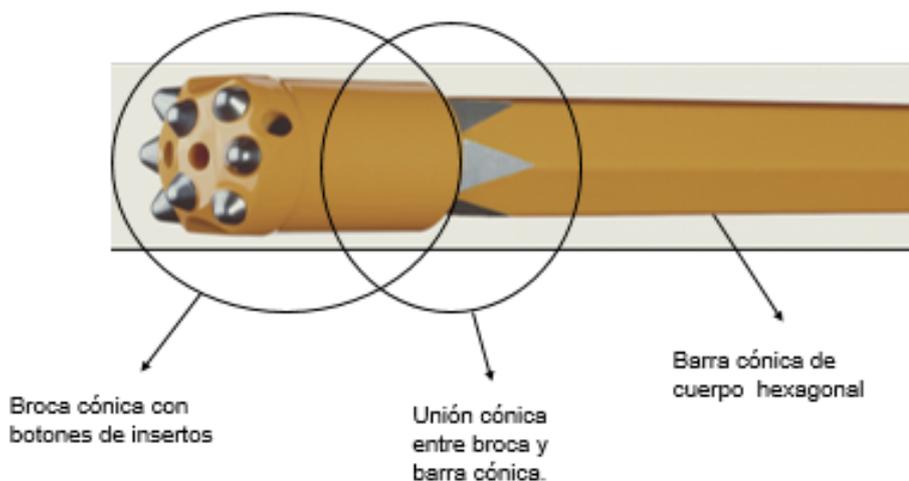
Existen una variedad de barras cónicas para la perforadora Jackleg RMP – S83FX. Hoy en día el mercado se ha diversificado por lo cual, el uso de barras cónicas se puede encontrar en varias empresas distribuidoras como Sandvik, Epiroc Perú S.A, Rock Tools Perú SAC, entre otros.

En la siguiente figura se muestra las partes esenciales de una barra cónica.



**Figura 6. Partes de una barra cónica**  
Tomada de Epiroc Perú S.A. Herramientas de perforación manual. Lima: Rock Drilling Tools, 2015

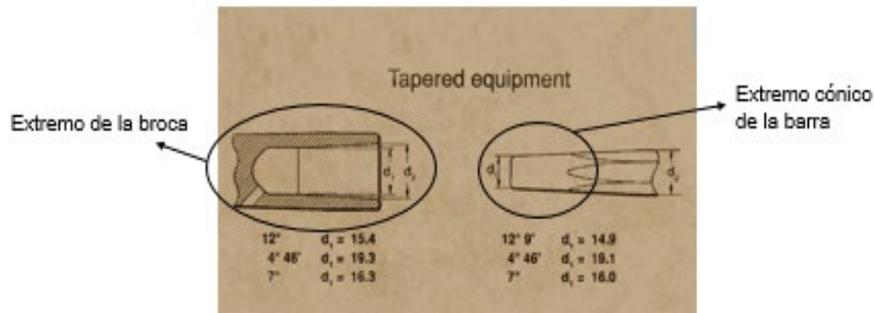
En la siguiente figura se muestra el sistema de adaptación de la barra cónica y la broca.



**Figura 7. Sistema de adaptación de la barra cónica y la broca**  
Tomada de Epiroc Perú S.A. Herramientas de perforación manual. Lima: Rock Drilling Tools, 2015

### 2.5.1. Importancia de la conicidad de la barra de perforación en relación con la broca

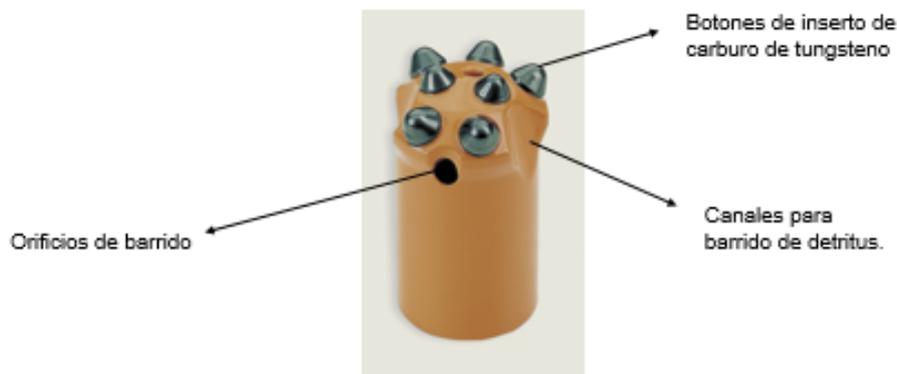
Las barras cónicas requieren ser empatadas con brocas cónicas cuya conicidad sea la misma.



**Figura 8. Importancia de la conicidad de la barra de perforación**  
Tomada de Epiroc Perú S.A. Herramientas de perforación manual. Lima: Rock Drilling Tools, 2015

### 2.5.2. Partes de una broca para una barra cónica

En la siguiente figura, se muestra las partes de una broca para una barra cónica.



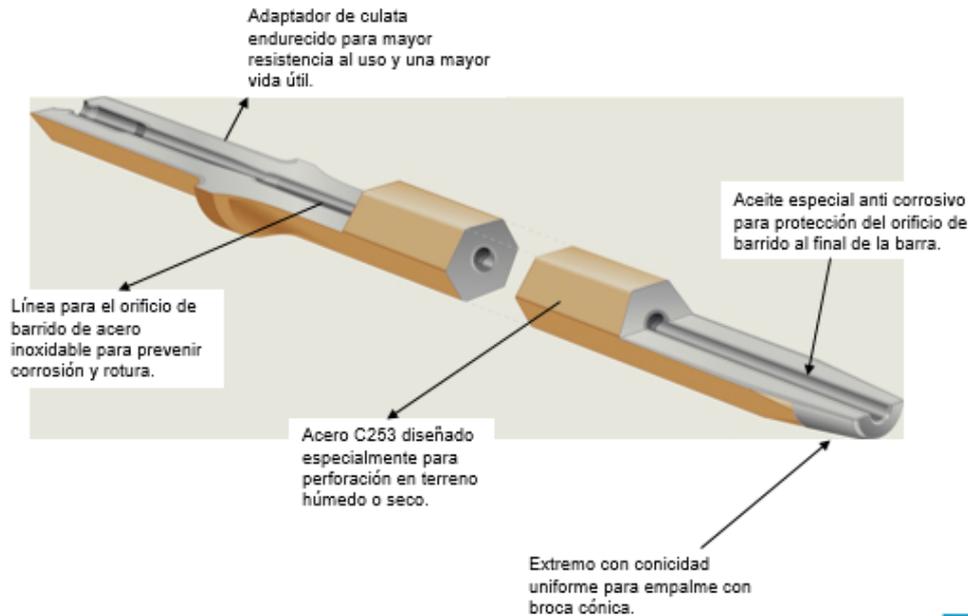
**Figura 9. Partes de una broca para una barra cónica**  
Tomada de Epiroc Perú S.A. Herramientas de perforación manual. Lima: Rock Drilling Tools, 2015

Es el nivel 724 labor GA 9281 este de la unidad minera San Juan de Chorunga, se viene usando brocas cónicas de mayor rotación en ACP cuyas características son:

- Número de botones: 07
- Distribución de botones: 05 periféricos y 02 centrales
- Orificios de barrido: 02
- Conicidad: 11 grados

### 2.5.3. Características generales de las barras cónicas

En la siguiente figura se muestra las características generales de la estructura de la barra de perforación.



**Figura 10. Características generales de la estructura de la barra de perforación Tomada de Epiroc Perú S.A. Herramientas de perforación manual. Lima: Rock Drilling Tools, 2015**

Consideraciones para elegir una barra cónica:

- El varillaje cónico brinda una mayor velocidad de penetración.
- El control logístico que requieren las brocas cónicas es bastante exigente.
- No se recomienda el uso de varillaje cónico en terrenos demasiado deleznable, en donde el taladro tenga derrumbes.
- El mercado nacional tiene mayor afinidad y costumbre en el uso de barrenos integrales.
- Esto también se debe en parte a que no se conocen a profundidad las bondades técnicas del varillaje cónico.

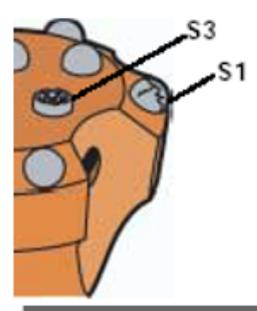
### 2.6 Fallas por el control de parámetros y factores de perforación deficientes en las barras cónicas y brocas

En la siguiente figura, se muestra los tipos de fallas que generan la rotura de las barras cónicas

Causa	solución
Rotura desde el interior, debido probablemente a corrosión sobre acero usado y posteriormente almacenado.	Limpiar y lubricar el material antes de almacenar si se detectan signos de posible corrosión.
Rotura desde el lado del hexágono, probablemente por golpe externo.	Manipular cuidadosamente las barras para que no sufran golpes directos.
Rotura desde una esquina del hexágono, probablemente a golpe externo.	No utilizar martillos ni combas para separar brocas y barras, usar el sacabrocas.



Causa	Soluciones
Botón quebrado debido a sobre perforación	Reducir intervalo entre afilados o dar de baja broca una vez llegado a su vida útil.
Botón quebrado debido a mal equipo o método de afilado.	Usar método y equipo apropiados para el afilado.
Botón quebrado debido a presencia de "piel de serpiente".	Revisar barrido y adecuarlo para eliminar sobrecalentamiento del botón.



**Figura 11. Pérdidas prematuras por la deficiencia del control de la barra cónica como la broca de perforación**  
**Tomada de Epiroc Perú S. A. Herramientas de perforación manual. Lima: Rock Drilling Tools, 2015**

## 2.7 Perforación y voladura con equipo manual – Jackleg

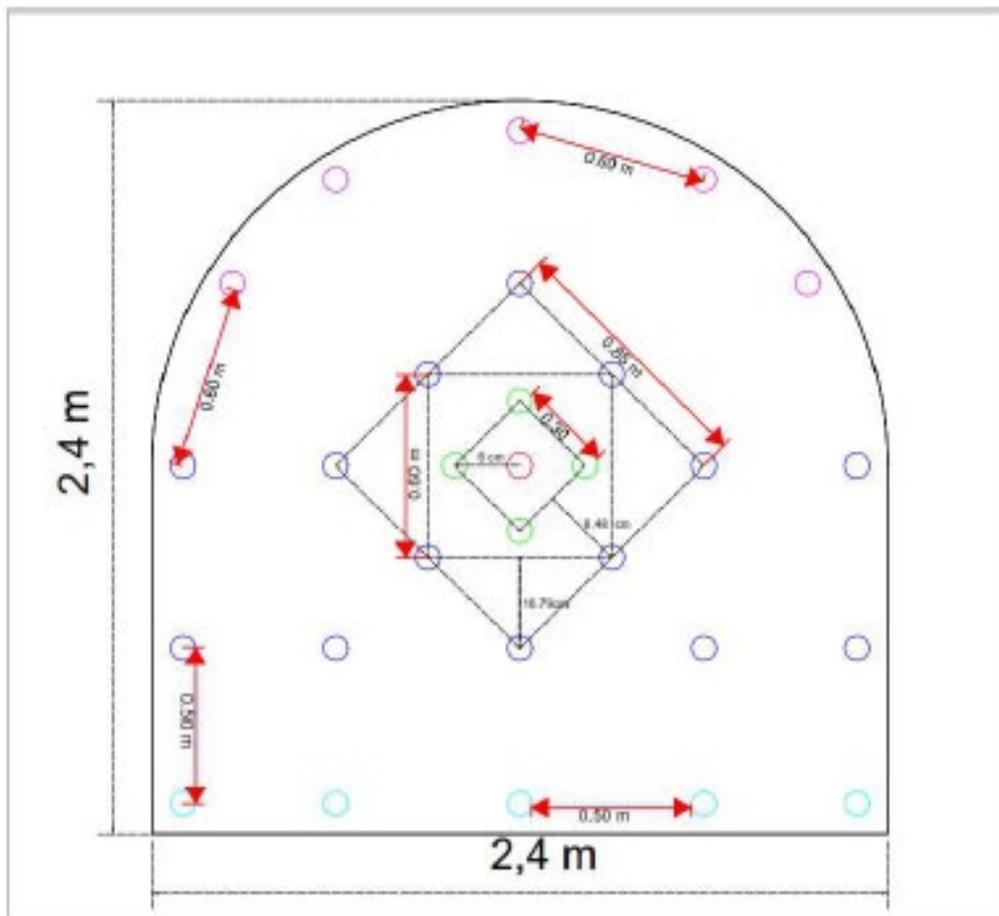
Actualmente se está realizando los trabajos con los siguientes parámetros de perforación y voladura. En la siguiente tabla, se muestra los parámetros de perforación y voladura con equipo manual – Jackleg.

**Tabla 4. Parámetros de perforación y voladura con equipo manual - Jackleg**

Datos	
Ancho de labor	2,40 m
Altura de labor	2,40 m
Tipo de roca	Competente
Longitud de perforación	6 pies
Eficiencia de perforación	94%
Eficiencia de voladura	91%
Explosivo	Semexa 65 (7"x7/8")
Longitud de inclinado	140 m
Peso específico del mineral	3,0 t/m <sup>3</sup>
Peso específico del desmonte	2,5 t/m <sup>3</sup>

**Tomada de Fernandez y Javier (9)**

En la siguiente figura, se muestra el diseño de malla con la distribución de taladros respectivamente.



**Figura 12. Diseño de malla de perforación con Jackleg y distribución de taladros**

## 2.8 Evaluación de la estructura de costos para una galería

En la siguiente tabla, se muestra la evaluación de la estructura de costos para una galería, realizado con equipos de perforación manual Jackleg y un Scooptram de 3.5 yd<sup>3</sup>,

**Tabla 5. Criterios esenciales para la evaluación del costo por metro lineal**

<b>Labores 2.2 m x 2.4 m</b> <b>Perforación con Jackleg - Limpieza con Scooptram 3.5yd3</b> <b>(Extracción del desmonte hasta 150 metros)</b>						
Datos Técnicos:						
Tipo de roca:	Dura					
Ancho Labor:	2.2	m		Efic.Perf.	90%	
Alto Labor:	2.4	m		Efic.Disp.	90%	
Long. Barra (pie)	6.0	pies		Long. Carga	1.10	m
NºTal. Frente	29	tal		Avanc.Efect.	1.48	m
NºTal. Cargados	28.0	tal		m³ / Disp.	7.82	m3
Factor de carga:	22.0	Kg/m	Longitud de avance de perforación		1.65	mts
kg explosivo	24.1	Kg	kilogramos/ taladro		0.86	

**Tabla 6. Estructura de costos para una galería de 2.2 m x 2.4 m con Jackleg**

**ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL 2.2 x 2.4 (JACKLEG)**

Taladros Perforados /disparo	<b>29.0</b>	Longitud efectiva Perforación mts	<b>1.65</b>
Taládras cargados	<b>28.0</b>	Eficiencia perforación	<b>90%</b>
Factor de carga (Kg/taladro) :	<b>0.9</b>	Rendimiento (m/disparo):	<b>1.48</b>

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/./Unid	S/.	S/./MET.
<b>1.1 Mano de Obra</b>						<b>537.78</b>
Capataz	tarea	0.2	1.42	191.06	54.17	
Bodeguero	tarea	0.2	1.42	135.26	38.35	
Mecánico	tarea	0.4	2.84	212.94	241.50	
electricista Mina	tarea	0.2	1.42	169.18	47.97	
Operador Scoop	tarea	1.30	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1.30	80%	144.02	149.78	
Ayudante	tarea	1.30	80%	135.26	140.67	
<b>1.2 Aceros de perforación</b>						<b>53.61</b>
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación conicas	pp	156.60	100%	0.29	44.97	
Brocas de perforación 45 mm	pp	156.60	100%	0.19	28.97	
<b>1.3 Herramientas</b>						<b>13.46</b>
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	28.00	100%	0.20	5.60	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	10.00	1.30	
Escaleras telescopicas	pieza	1.00	100%	5.59	5.59	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	
<b>1.4 Implementos de Seguridad</b>						<b>16.62</b>
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	8.59	5.58	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.08	100%	9.15	19.03	
<b>1.5 Equipos en Operación</b>						<b>176.40</b>
Perforadora	pp	156.60	100%	0.38	60.07	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.10	2.91	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.04	1.26	
Scooptram Sandvick	Hm	1.00	100%	197.07	197.07	
<b>(A) Total Costo Directo</b>						<b>797.87</b>
<b>(B) UTILIDAD</b>		<b>8.5%</b>				<b>67.82</b>
<b>(C) Explosivos y Acc. Voladura</b>						<b>167.70</b>
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	kg	24.14	100%	6.24	150.54	
Carmex	und	2.00	100%	1.50	2.99	
Mininel	und	28.00	100%	2.93	82.01	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	10.00	100%	1.08	10.75	
<b>(D) Combustible</b>						<b>31.54</b>
Petroleo Scoop	Gln	4.00	100%	11.68	46.72	
<b>COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+D)</b>						<b>897.22</b>

(\*) EXPLOSIVOS/ACCESORIOS DE VOLADURA Y COMBUSTIBLES NO APLICA UTILIDAD

## 2.9 Definición de términos

- **Contrato metro perforado**

Es un método de gestión (control) del varillaje utilizado, el cual permite reducir los costos de perforación a través de la supervisión, control y distribución de los aceros al cliente, con un equipo especializado de personas que se encargarán de optimizar al máximo los recursos con el fin fundamental de incrementar la productividad (10).

- **Mantenimiento de aceros**

El mantenimiento de los aceros se realiza mediante el aguzado de brocas. el objetivo del afilado es devolver la forma al inserto y quitar la piel de serpiente (microfracturas) de la superficie del inserto (10).

- **Columna de perforación**

Es el conjunto de broca, barra, acople y shank, de las cuales la broca es la pieza de alto costo de la columna de perforación por eso es muy importante su control y mantenimiento (10).

- **Supervisión de campo**

Es la visita o revisión de las condiciones de funcionamiento de los equipos para la detección de problemas oportunos: (columna de perforación, regulación de presiones, dowell, centralizadores, etc.) (10).

- **Evaluación de roturas y daños**

El personal de campo tiene la capacidad de realizar las evaluaciones respectivas en caso de roturas prematuras o daños ocasionado a los aceros, ya sea por operación, regulación de presiones, mantenimiento de los equipos, condiciones geológicas, etc. (10).

- **Sobreperforación**

Cuando las brocas presentan más del 1/3 de desgaste, se le denomina sobreperforación lo que origina una vida más corta de brocas y brocas rimadoras (10).

- **Estadísticas de vida útil**

Si realizamos una rotación de brocas de manera adecuada y de acuerdo con el tipo de dureza de la roca, el rendimiento de los aceros serán los óptimos y además reduciremos los tiempos de perforación y se reducirán el costo de mantenimiento del equipo es el sistema de perforación (10).

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1 Método general o teórico de la investigación**

###### **a) Método general o teórico de la investigación**

En esta investigación se empleó el método científico, porque se desarrolló a partir de datos empíricos como la información general de Geología, Geomecánica y el análisis y evaluación del área de operaciones para luego registrar el resultado de la perforación realizada en campo, controlando los aceros de perforación como brocas y barras cónicas para incrementar la vida útil en la minera aurífera Retamas S. A.

###### **b) Método específico de la investigación**

El método específico utilizado fue el método experimental deductivo, porque mediante el control de los aceros de perforación como brocas y barras cónicas se logrará incrementar la vida útil en la minera aurífera Retamas S. A.

##### **3.1.2 Alcance de la investigación**

###### **a) Tipo de investigación**

Es aplicada, porque el objetivo de la investigación es controlar los aceros de perforación como brocas y barras cónicas mediante estrategias técnicas por medio de la supervisión a fin de incrementar la vida útil en la minera aurífera Retamas S. A.

## **b) Nivel de investigación**

Es explicativo para la realización de los controles de las variables técnicas operacionales del equipo manual de perforación Jack Leg para incrementar la vida útil en la Minera Aurífera Retamas S. A.

### **3.2 Diseño de la investigación**

Es experimental.

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Todos los frentes de trabajo de minera aurífera Retamas S. A.

#### **3.3.2 Muestra**

Es el nivel 2950 del XC 1140 – S de minera aurífera Retamas S. A.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos.**

Observación: se realizará la recolección de datos *in situ*, mediante la técnica observacional y procesamiento de datos actuales de la perforación realizada en el nivel 2950 del XC 1140 - S de la minera aurífera Retamas S. A.

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, flexómetro, y herramientas de gestión de la Cía. Minera Poderosa S. A.

Recopilación: recolección de datos de la perforación, factores y parámetros, control de uso y consumo, utilizando programa Excel, y hacer uso de tesis, libros y laptop para el procesamiento de los datos.

#### **3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.**

- Informes
- Publicaciones
- Tesis

- Planos
- Fichas
- Libros
- Internet
- PC

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Evaluación del control de las brocas y barras cónicas para incrementar la vida útil en la minera aurífera retamas S. A.

Se realizó el análisis en función a las 4 funciones primordiales de la perforación:



**Figura 13. Parámetros de perforación con el equipo manual Jackleg, en la minera aurífera Retamas S. A.**

#### 4.1.1 Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas

Los descartes de las herramientas de perforación en función de las brocas cónicas son los siguientes:

**Tabla 7. Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas**

Nº	Tipo de Descarte	Causa de falla
1	Desgaste diametral	Rotura transversal y/o longitudinal de broca en el faldón por uso de barras coneadas inadecuadamente
2	Insertos rotos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Botón quebrado debido a sobre perforación</li><li>• Botón quebrado debido a mal equipo o método de afilado.</li><li>• Botón quebrado debido a presencia de "piel de serpiente"</li></ul>
3	Insertos diametrales expulsados	
4	Insertos centrales expulsados	
5	Insertos se salen de la matriz	
6	Pérdida total de insertos	
7	Fractura transversal	Rotura transversal y/o longitudinal debido a golpeo con objeto contundente (martillo o comba) para separarlo de la barra.
8	Fractura longitudinal	
9	Rajadura de brocas	
10	Obstrucción de orificios de barrido	Debido a un mal barrido en la perforación
12	Pérdida en frente de trabajo	Debido a malas prácticas de perforación y voladura.
13	Desgaste de matriz	Dar de baja barras que hayan cumplido su vida útil normal.

#### 4.1.2 Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas

Los descartes de las herramientas de perforación en función de las barras cónicas son los siguientes:

**Tabla 8. Descarte de herramientas de perforación - barras cónicas**

<b>N°</b>	<b>Tipo de Descarte</b>	<b>Causa de falla</b>
1	Desgaste de hexagonales	Debido a la mala práctica operática, producto de fallas en el macizo rocoso.
2	Torcedura de barras	Deformación en el hexágono del culatín debido a problemas en la bocina.
5	Daño en la cara de impacto	Deformación en la cara de golpeo del pistón.
6	Fractura en la parte del cono	Rotura desde el interior, debido probablemente a corrosión sobre acero usado y posteriormente almacenado.
7	Fractura en la parte de culatín	
8	Plantado en frente de trabajo	Debido a la mala práctica operativa por la torcedura de la columna de perforación o por la perforación sin el control de los parámetros de perforación manual.
9	fractura en zona intermedia	Rotura desde el lado del hexágono, probablemente por golpe externo.
10	Rajadura de barras	Rotura desde una esquina del hexágono, probablemente a golpe externo

Para poder realizar un buen control de las herramientas de perforación es necesario realizar el control de los 13 items de los descartes de la broca cónica, al igual de los 10 items de los descartes de las barras cónicas esto ayudara a mejorar, el consumo de las herramientas de perforación como alargar la vida útil de ellos mismos.

## **4.2 Evaluación del control de las brocas y barras cónicas para la reducción de pérdidas prematuras de las piezas de perforación en la minera aurífera Retamas S. A.**

### **4.2.1 Análisis geomecánico del nivel 2950 del XC 1140 S**

El nivel 2950 del XC 1140 S se encuentra en roca granodiorita, con alteraciones, con RMR 41-50, catalogado de acuerdo con el GSI como un macizo rocoso Muy Fracturado malo (MF/M).

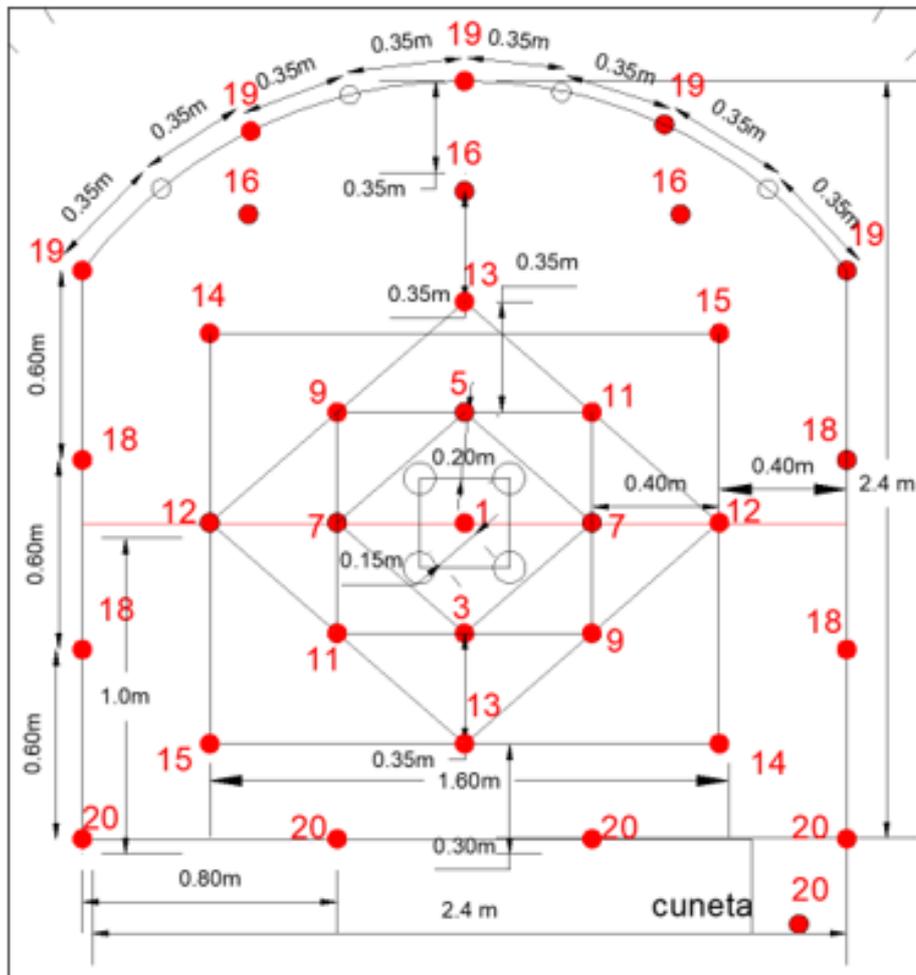
Según la tabla geomecánica considera que la roca es de un tipo Regular “B” III B por consecuencia se realiza un sostenimiento con malla de 4”x4” no galvanizada y barra helicoidal de 5 pie, intermediando con slip set de 5 pies, distribución de pernos en cocada.

El control de los parámetros de perforación en función a los 4 parámetros analizados del equipo manual Jackleg analizadas influyen significativamente en el aumento o disminución de la vida útil de las herramientas de perforación en función a la barra y broca cónica. La deficiencia en la perforación hace que el disparo sea deficiente el cual genera voladuras secundarias que llevan a incrementar el costo de avance generando pérdidas económicas.

Se realizó el análisis comparativo en promedio mensual del año 2021 y el año 2022 en función a la minimización de los errores de perforación por medio de las pérdidas prematuras de las herramientas de perforación barra y broca cónica, lo cual es un indicador fundamental para encontrar el problema raíz y mejorar.

En la siguiente figura se muestra la longitud de avance del XC 1140 S, en la minera aurífera Retamas S. A.





DISTRIBUCION DE CARGA Y DATOS TECNICOS									
TALADROS	N° Taladros Cargados	Emulnor 5000	Semexa 45%	Emulnor 3000	Total Cartuchos por tal.	Emulnor 5000	Semexa 45%	Emulnor 3000	Tipo de Explosivos
		1 1/4 * 12	7/8 * 7	1 * 8		1 1/4 * 12	7/8 * 7	1 * 8	
Arranque	5	1		10	11	5		50	und
1ra ayuda	4	1		10	11	4		40	und
2da ayuda	4	1		8	9	4		32	und
3ra ayuda	4	1		8	9	4		32	und
Ayuda corona	3	1		6	7	3		18	und
Hastiales	4	1		6	7	4		24	und
Corona	5		5	1	1	0	25	5	und
Arrastres	5	1		8	9	5		40	und
<b>Total</b>	<b>34</b>					<b>29</b>	<b>25</b>	<b>241</b>	<b>N° Cart.</b>
Total Taladros	42								
		7.71	1.98	26.43					Kg
		kilos de explosivos		36.12					kg / disp.

**Figura 15. Diseño de la malla de perforación con Jackleg sección 2.40 x 2.40 metros longitud de perforación 6 pies, del XC 1140 S en la minera aurífera Retamas S. A. Tomada del área de Planeamiento de la minera aurífera Retamas S. A.**

### Interpretación:

El avance lineal del XC 1140 S es de 193 metros con una sección de labor de 2.4 x 2.4 metros y el número de taladros en total es de 42, esto llevaría al análisis

de los metros perforados en total es de 8,106 metros perforados, para toda la longitud del XC 1140 S respecto al diseño de malla de perforación.

#### 4.2.2 Análisis de los aceros de perforación barra y broca cónica para el avance lineal del XC 1140 S

##### a) Evaluación situacional

Para la evaluación situacional, se tuvo un avance de 90 metros lineal del XC 1140 S, los metros perforados en total es de 3,780. Tras las deficiencias en la perforación por el mal emboquillado y el inadecuado control de los parámetros de perforación, dio como resultado los siguientes tipos de descarte de los aceros de perforación como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 9. Descarte herramientas de perforación de las brocas cónicas – evaluación situacional**

DESCARTE DE ACEROS - BROCAS CONICAS			
N°	TIPO DE DESCARTE	CANTIDAD	%
1	Desgaste diametral	5	33.33%
2	Insertos rotos	2	13.33%
3	Insertos diametrales expulsados	1	6.67%
4	Insertos centrales expulsados	1	6.67%
5	Insertos se salen de la matriz	0	0.00%
6	Pérdida total de insertos	1	6.67%
7	Fractura transversal	1	6.67%
8	Fractura longitudinal	1	6.67%
9	Rajadura de brocas	1	6.67%
10	Obstrucción de orificios de barrido	0	0.00%
12	Pérdida en frente de trabajo	1	6.67%
13	Desgaste de matriz	1	6.67%
	Total	15	100.00%

*Tomada del Área de operaciones de la minera aurífera Retamas S. A.*

En la tabla se muestra que el tipo de descarte predominante viene a ser el desgaste diametral de la broca, que resulta por las malas prácticas operativas en la perforación por el mal emboquillado, que genera desviación del taladro, producto de la torcedura la broca tiende a desgastarse en la parte del faldón de

la broca, las pérdidas para toda la longitud de 90 metros lineales de avance del XC 1140 S, se tuvo un consumo de aceros de 15 unidades, esto nos quiere decir que ningún aceros ha llegado a su vida útil, el tipo de descarte predominante del desgaste diametral en perdida representa el 33.33 % del total,

En la siguiente tabla se muestra el descarte de la herramienta de perforación de la barra cónica para el avance lineal del XC 1140 S

**Tabla 10. Descarte herramientas de perforación de las barras cónicas – evaluación situacional**

DESCARTE DE ACEROS - BARRAS CONICAS			
N°	TIPO DE DESCARTE	CANTIDAD	%
1	Desgaste de hexagonales	3	37.50%
2	Torcedura de barras	2	25.00%
5	Daño en la cara de impacto	1	12.50%
6	Fractura en la parte del cono	0	0.00%
7	Fractura en la parte de culatín	0	0.00%
8	Plantado en frente de trabajo	1	12.50%
9	fractura en zona intermedia	0	0.00%
10	Rajadura de barras	1	12.50%
Total		8	100.00%

**Tomada del Área de operaciones de la minera aurífera Retamas S. A.**

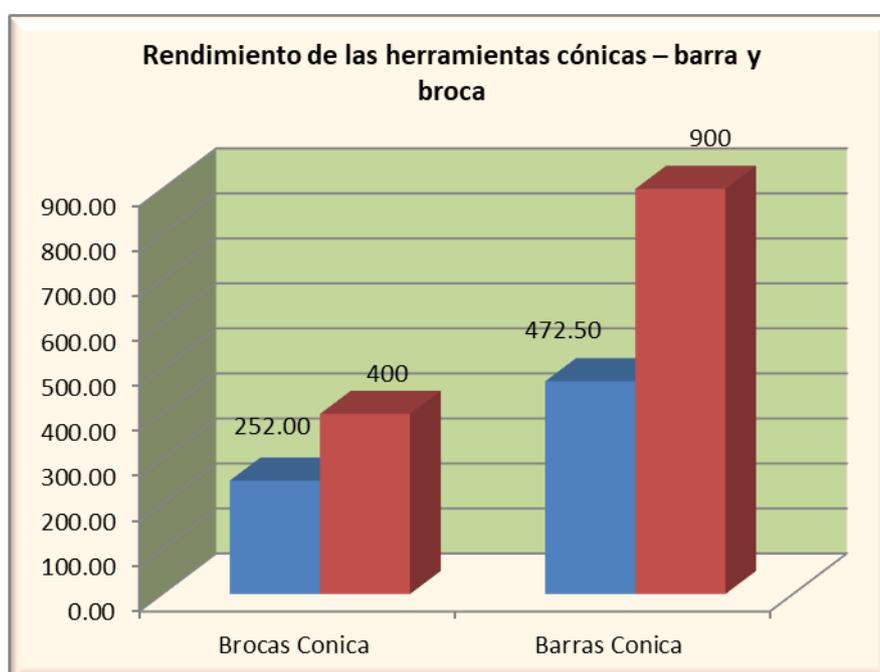
En la tabla se muestra que el tipo de descarte predominante viene a ser el desgaste hexagonal de la barra, que resulta por las malas prácticas operativas en la perforación por el mal emboquillado y el empuje de avance, que genera desviación del taladro, producto de la torcedura la barra tiende a desgastarse hexagonalmente en toda la extensión de la misma, las pérdidas para toda la longitud de 90 metros lineales de avance del XC 1140 S, se tuvo un consumo de aceros de 8 unidades, esto nos quiere decir que ningún aceros ha llegado a su vida útil, el tipo de descarte predominante del desgaste hexagonal en perdida representa el 37.50 % del total,

En la siguiente tabla se muestra el rendimiento de dichas herramientas de perforación.

**Tabla 11. Rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en – evaluación situacional.**

Accesorios	Cantidad (unid.)	Rendimiento Campo (m p)	Rendimiento Contrato (m p)	Cumplimiento (%)
Brocas cónicas	15	252.00	400	63.00%
Barras cónicas	8	472.50	900	52.50%

*Tomada del Área de operaciones de la minera aurífera Retamas S. A.*



**Figura 16. Comparación del rendimiento de las herramientas cónicas barra y broca - evaluación situacional**

*Tomada del Área de operaciones de la minera aurífera Retamas S. A.*

### **Interpretación:**

La comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca, Para la evaluación situacional, se tuvo un avance de 90 metros lineal del XC 1140 S, los metros perforados en total es de 3,780 metros perforados.

- En las brocas cónicas, se tiene una pérdida de 148 metros perforados por cada broca cónica por debajo del rendimiento de la vida útil, esto se debe a las malas prácticas operativas en la perforación.

- En las barras cónicas, se tiene una pérdida de 427.50 metros perforados por cada broca cónica por debajo del rendimiento de la vida útil, esto se debe a los errores en el emboquillado y en el empuje de avance. Esto se debe controlar, ya que la perforación se está realizando en roca regular B y la presencia de fallas es recurrente.

## b) Evaluación óptima

Para la evaluación óptima, se tuvo un avance de 103 metros lineal del XC 1140 S, los metros perforados en total es de 4,326 metros perforados. Tras el control del emboquillado y el control de los parámetros de perforación, se dio como resultado los siguientes tipos de descarte de los aceros de perforación como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 12. Descarte herramientas de perforación de las brocas cónicas – evaluación óptima**

DESCARTE DE ACEROS - BROCAS CONICAS			
N°	TIPO DE DESCARTE	CANTIDAD	%
1	Desgaste diametral	3	30.00%
2	Insertos rotos	1	10.00%
3	Insertos diametrales expulsados	1	10.00%
4	Insertos centrales expulsados	1	10.00%
5	Insertos se salen de la matriz	0	0.00%
6	Pérdida total de insertos	0	0.00%
7	Fractura transversal	0	0.00%
8	Fractura longitudinal	1	10.00%
9	Rajadura de brocas	1	10.00%
10	Obstrucción de orificios de barrido	0	0.00%
12	Pérdida en frente de trabajo	1	10.00%
13	Desgaste de matriz	1	10.00%
<b>Total</b>		<b>10</b>	<b>100.00%</b>

En la tabla se muestra que el tipo de descarte predominante viene a ser el desgaste diametral de la broca. Tras el control del emboquillado, se corrigió la desviación del taladro. Para toda la longitud de 103 metros lineales de avance

del XC 1140 S se tuvo un consumo de aceros de 10 unidades, esto quiere decir que todos los aceros de perforación han llegado a su vida útil, el tipo de descarte predominante del desgaste diametral en pérdida representa el 30 % del total.

El consumo de los aceros de perforación en función a las brocas cónicas es eficiente, ya todos los aceros de perforación han cumplido su vida útil inclusive algunos en su mayoría han sobrepasado en rendimiento en función a los metros perforados.

En la siguiente tabla se muestra el descarte de la herramienta de perforación de la barra cónica para el avance lineal del XC 1140 S

**Tabla 13. Descarte herramientas de perforación de las barras cónicas – evaluación óptima**

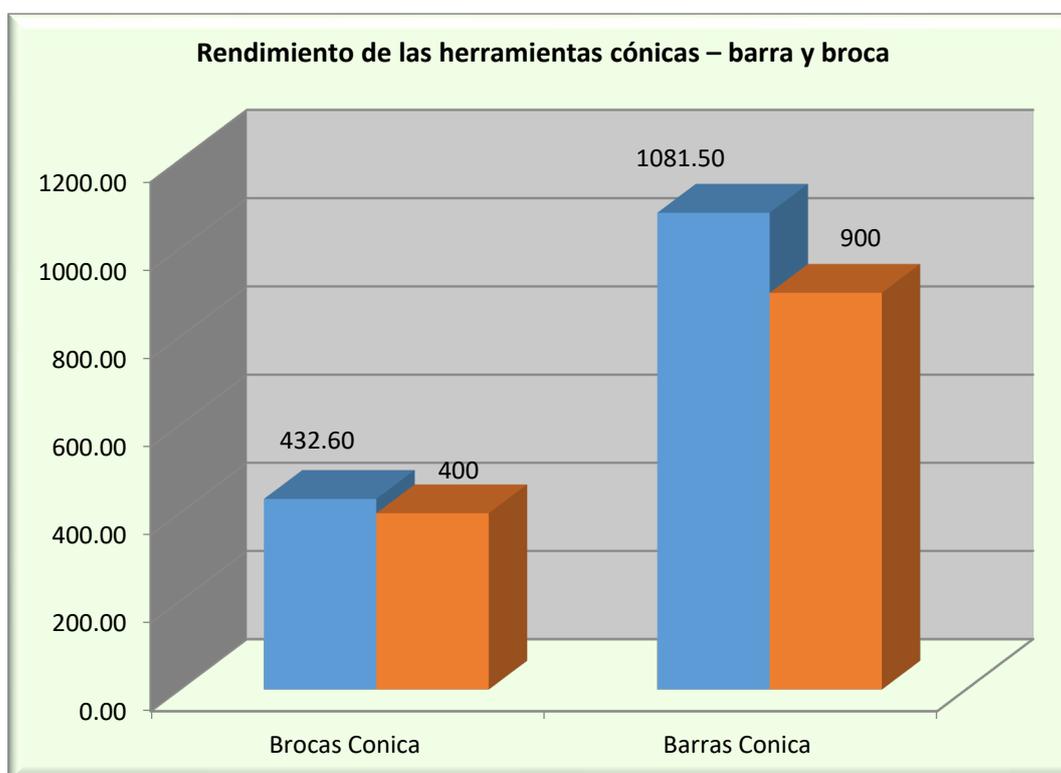
DESCARTE DE ACEROS - BARRAS CONICAS			
N°	TIPO DE DESCARTE	CANTIDAD	%
1	Desgaste de hexagonales	2	50.00%
2	Torcedura de barras	1	25.00%
5	Daño en la cara de impacto	0	0.00%
6	Fractura en la parte del cono	0	0.00%
7	Fractura en la parte de culatín	0	0.00%
8	Plantado en frente de trabajo	0	0.00%
9	fractura en zona intermedia	0	0.00%
10	Rajadura de barras	1	25.00%
	Total	4	100.00%

De la tabla, se muestra que existe el desgaste de hexagonal de la barra esto indica que, tras el control del emboquillado y el empuje de avance, se corrigió la desviación del taladro. Para toda la longitud de 103 metros lineales de avance del XC 1140 S se tuvo un consumo de aceros de 4 unidades, esto quiere decir que todos los aceros de perforación han llegado a su vida útil, el tipo de descarte predominante del desgaste de hexagonal en pérdida representa el 30 % del total.

En la siguiente tabla se muestra el rendimiento de dichas herramientas de perforación.

**Tabla 14. Rendimiento de las herramientas cónicas barra y broca – evaluación óptima**

Accesorios	Cantidad (unid.)	Rendimiento Campo (m p)	Rendimiento Contrato (m p)	Cumplimiento (%)
Brocas cónicas	10	432.60	400	108.15%
Barras cónicas	4	1081.50	900	120.17%



**Figura 17. Comparación del rendimiento de las herramientas cónicas barra y broca - evaluación óptima**  
**Tomada del Área de operaciones de la minera aurífera Retamas S. A.**

**Interpretación:**

La comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca. Para la evaluación situacional, se tuvo un avance de

103 metros lineal del XC 1140 S, los metros perforados en total es de 4,326 metros perforados.

- En las brocas cónicas, se incrementó en 32.60 metros perforados para cada broca cónica por encima del rendimiento de la vida útil, esto se refleja el control en el emboquillado de la perforación.
- En las barras cónicas, se incrementó en 181.50 metros perforados por cada barra cónica por encima del rendimiento de la vida útil, esto se refleja el control de los errores en el emboquillado y el control en el empuje de avance en la perforación con el equipo manual.

#### **4.3 Análisis del control de las brocas y barras cónicas para la reducción del costo unitario de perforación en la minera aurífera Retamas S. A.**

##### **4.3.1 Reducción del costo unitario de la perforación en el XC 1140 S de la Minera Aurífera Retamas S.A.**

Tras las mejoras realizadas en la perforación manual en la evaluación optima se procedió a realizar la comparación del costo total del consumo de la broca y barra cónica (\$).

**Tabla 15. Comparación del costo total del consumo de la broca y barra cónica (\$)**

	Evaluación Situacional		Evaluación óptima	
Accesorios	Brocas cónicas (11° x 38mm)	Barras cónicas de 6 pies (7/8" x 6' x 11°)	Brocas cónicas (11° x 38mm)	Barras cónicas de 6 pies (7/8" x 6' x 11°)
Cantidad (unid.)	15	8	10	4
Rendimiento Campo (m p)	252	472.5	432.60	1081.50
Rendimiento Contrato (m p)	400	900	400	900
Cumplimiento (%)	63.00%	52.50%	108.15%	120.17%
costo unitario por acero de perforación (\$)	24.86	111.48	24.86	111.48
Costo total del consumo de aceros (\$)	\$372.90	\$891.84	\$248.60	\$445.92
<i>Reducción de costo total del consumo de la broca cónica (\$)</i>				\$124.30
<i>Reducción de costo total del consumo de la barra cónica (\$)</i>				\$445.92

**Interpretación:**

La comparación del costo total del consumo de la broca y barra cónica se obtuvieron lo siguiente:

- En la evaluación actual, se consumieron 15 brocas cónicas y 8 barras cónicas. El rendimiento en metros perforados por cada herramienta de perforación se obtuvo en broca cónica 252 metros perforados, la vida útil es de 400 metros perforados y en barra cónica 472.5 metros perforados, la vida útil es de 900 metros perforados respectivamente, siendo el costo total del consumo de aceros en dólares de \$ 372.90 para las brocas cónicas y \$ 891.84 para las barras cónicas.
- En la evaluación óptima, se consumieron 10 brocas cónicas y 4 barras cónicas, el rendimiento en metros perforados por cada herramienta de perforación se obtuvo en broca cónica 432.60 metros perforados, la vida útil es de 400 metros perforados y en barra cónica 1081.50 metros perforados, la vida útil es de 900 metros perforados respectivamente, siendo el costo total del consumo de aceros en dólares de \$ 248.60 para las brocas cónicas y \$ 445.92 para las barras cónicas.

La optimización en función a la reducción de costo total del consumo de la broca cónica es de \$ 124.30 dólares americanos.

La optimización en función a la reducción de costo total del consumo de la barra cónica es de \$ 445.92 dólares americanos.

**Tabla 16. Comparación en base a costos unitarios del metro perforado con barra y broca cónica (\$)**

	Evaluación Situacional		Evaluación optima	
Accesorios	Brocas Cónica (11° x 38mm)	Barras cónicas de 6 pies (7/8" x 6' x 11°)	Brocas cónicas (11° x 38mm)	Barras cónicas de 6 pies (7/8" x 6' x 11°)
Cantidad (unid.)	15	8	10	4
Rendimiento Campo (m p)	252	472.5	432.60	1081.50
Rendimiento Contrato (m p)	400	900	400	900
<i>costo unitario por acero de perforación (\$)</i>	24.86	111.48	24.86	111.48
<i>costo total (\$/mph)</i>	\$2.68		\$0.64	
<i>Reducción del costo total (\$/mph)</i>	\$2.03			

**Interpretación:**

La comparación en base a costos unitarios del metro perforado con barra y broca cónica se obtuvieron lo siguiente:

- En la evaluación actual, se consumieron 15 brocas cónicas y 8 barras cónicas. El rendimiento en metros perforados por cada herramienta de perforación se obtuvo en broca cónica 252 metros perforados y en barra cónica 472.5 metros perforados. El costo unitario de la broca cónica es de \$ 24.86 dólares americanos y el costo unitario de la barra cónica es de \$ 111.48 dólares americanos, según esta información se procedió a calcular el costo total por metro perforado de 2.68 \$/mp.

En la evaluación actual, se consumieron 10 brocas cónicas y 4 barras cónicas, el rendimiento en metros perforados por cada herramienta de perforación se

obtuvo en broca cónica 432.60 metros perforados y en barra cónica 1081.50 metros perforados, el costo unitario de la broca cónica es de \$ 24.86 dólares americanos y el costo unitario de la barra cónica es de \$ 111.48 dólares americanos, según esta información se procedió a calcular el costo total por metro perforado de 0.64 \$/mp. La optimización en función a la reducción del costo total por metro perforado es de 2.03 \$/mp respectivamente.

## CONCLUSIONES

1. Los parámetros de perforación del equipo manual con Jackleg como la percusión, rotación, empuje de avance y el barrido indican que las deficiencias inician con el emboquillado, el mal control del empuje de avance, el mal control de la presión de agua y aire. Estos factores generan la desviación de taladros en la perforación con la barra y broca cónicas. Se realizó capacitaciones al maestro y ayudante perforista a fin de minimizar estos errores cometidos, se logró mejorar los rendimientos de las herramientas de perforación llegando a sobrepasar la vida útil de la barra y broca cónica.
2. La comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca, para la evaluación situacional, se tuvo un avance de 90 metros lineal del XC 1140 S. Los metros perforados en total es de 3,780 metros perforados. En las brocas cónicas, se tiene una pérdida de 148 metros perforados por cada broca cónica por debajo del rendimiento de la vida útil. Esto se debe a las malas prácticas operativas en la perforación. En las barras cónicas, se tiene una pérdida de 427.50 metros perforados por cada broca cónica por debajo del rendimiento de la vida útil. Esto se debe a los errores en el emboquillado y en el empuje de avance. Esto se debe controlar, ya que la perforación se está realizando en roca regular B. y la presencia de fallas es recurrente.

La comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca, para la evaluación situacional, indica que se tuvo un avance de 103 metros lineal del XC 1140 S, los metros perforados en total es de 4,326 metros perforados. En las brocas cónicas, se incrementó en 32.60 metros perforados para cada broca cónica por encima del rendimiento de la vida útil, esto se refleja el control en el emboquillado de la perforación. En las barras cónicas, se incrementó en 181.50 metros perforados por cada barra cónica por encima del rendimiento de la vida útil, esto se refleja el control de los errores en el emboquillado y el control en el empuje de avance en la perforación con el equipo manual.

3. En la evaluación actual, se consumieron 15 brocas cónicas y 8 barras cónicas, el rendimiento en metros perforados por cada herramienta de perforación se obtuvo en broca cónica 252 metros perforados, la vida útil es de 400 metros perforados y en barra cónica 472.5 metros perforados, la vida útil es de 900 metros perforados respectivamente, siendo el costo total del consumo de aceros en dólares de \$ 372.90 para las brocas cónicas y \$ 891.84 para las barras cónicas, con un costo total por metro perforado de 2.68 \$/mp.

En la evaluación óptima, se consumieron 10 brocas cónicas y 4 barras cónicas, el rendimiento en metros perforados por cada herramienta de perforación se obtuvo en broca cónica 432.60 metros perforados, la vida útil es de 400 metros perforados y en barra cónica 1081.50 metros perforados, la vida útil es de 900 metros perforados respectivamente, siendo el costo total del consumo de aceros en dólares de \$ 248.60 para las brocas cónicas y \$ 445.92 para las barras cónicas. La optimización en función a la reducción de costo total del consumo de la broca cónica es de \$ 124.30 dólares americanos. La optimización en función a la reducción de costo total del consumo de la barra cónica es de \$ 445.92 dólares americanos con un costo total por metro perforado de 0.64 \$/mp. La optimización en función a la reducción del costo total por metro perforado es de 2.03 \$/mp respectivamente.

## RECOMENDACIONES

1. Es recomendable, para elegir varillaje cónico o integral, analizar los criterios en la velocidad de penetración, el control logístico que requieren las brocas y barras cónicas. No se recomienda el uso de varillaje cónico en terrenos demasiado deleznable, en donde el taladro tenga derrumbes, el mercado nacional recientemente tiene acogida el uso de barrenos integrales ya que se conocen las bondades técnicas del varillaje cónico.
2. En la perforación, es evidente la desviación de taladros, ya cuando la voladura está realizada, existen diversos controles que ayudan a llevar el paralelismo como colocar los atacadores en los taladros realizados, entre otros, pero con eso no basta se debe realizar un análisis en las funciones para realizar la perforación con el equipo manual con Jackleg, como la percusión, rotación, empuje de avance y el barrido, esto nos lleva un análisis más completo ya involucrando factores operativas del equipo, herramientas de perforación y el personal a cargo en realizar la perforación maestro y ayudante perforista.
3. Se recomienda para poder reducir el costo del consumo de los aceros de perforación, realizar un control de toda la actividad de la perforación que engloba los parámetros de perforación del equipo manual y la eficiencia del operador a fin de que se pueda incrementar la vida útil de los aceros de perforación y esto a consecuencia reducir el costo por metro perforado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERNAOLA, José, CASTILLA, Jorge y HERRERA, Juan. *Perforación y Voladura de Rocas en Minería*. Madrid : E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid, 2013.
2. DIAZ, Gianlucas y SOTELO, Cesar. Optimización del avance lineal en las labores de exploración y desarrollo de la unidad minera Santa María - Compañía Minera Poderosa S.A. con la aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de la voladura. Tesis (Título profesional de Ingeniero de Gestión Minera). Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019, 144 pp.
3. CHAMBI, Jimmy. Análisis y optimización de las operaciones de perforación y voladura para el desarrollo de estándares técnicos e incremento de utilidades en mina Tambomayo. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019, 146 pp.
4. ORTIZ, Yimson . Control de aceros de perforación de jumbos para su optimización y reducción de costos en la Compañía Minera Casapalca S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019, 165 pp.
5. LIMAS, Christian y MOLINA, Rusvel . Mejora de la perforación con barras cónicas, mediante la minimización de errores de desviación de taladros, Unidad Minera San Juan de Chorunga. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2021, 77 pp.
6. HUATUCO, Cristhian. Influencia de la supervisión de las brocas de botones para evaluar su vida útil en la Unidad Minera Colquijirca-Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2019, 166 pp.

7. DEPARTAMENTO DEL AREA DE PLANEAMIENTO. *Informe de estudio de los metodos explotacion* . Yauli - Oroya : Unidad Minera San Cristobal, 2022.
8. BERROA, Edward. Optimización de las operaciones mineras mediante la profundización de la rampa negativa entre los niveles 2900-2650 VANKAR EIRL SAC Minera Aurífera Retamas S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016, 130 pp.
9. LOPEZ, Victor. *Manual para la selección de métodos de explotación de minas*. Mexico : Facultad de ingeniería Universidad nacional Autónoma de Mexico, 1994.
10. FERNANDEZ, Javier. Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 123 pp.
11. EPIROC PERU S.A. *Herramientas de perforacion manual*. Lima : Rock Drilling Tools, 2015.

## **ANEXOS**

**Anexo 1**  
**Matriz de Consistencia**

**Control de las brocas y barras cónicas, para incrementar la vida útil de los aceros de perforación, en minera aurífera Retamas S. A.**

<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>
¿Cómo se realizará el control de las brocas y barras cónicas, para incrementar la vida útil de los aceros de perforación, en Minera Aurífera Retamas S.A.?	Realizar el control de las brocas y barras cónicas, para incrementar la vida útil de los aceros de perforación, en Minera Aurífera Retamas S.A.	El control de las brocas y barras cónicas influye positivamente, para incrementar la vida útil de los aceros de perforación, en Minera Aurífera Retamas S.A.
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>
¿Cómo se realizará el control de las brocas y barras cónicas, para reducir las pérdidas prematuras de las piezas de perforación, en Minera Aurífera Retamas S.A.	Realizar el control de las brocas y barras cónicas, para reducir las pérdidas prematuras de las piezas de perforación, en Minera Aurífera Retamas S.A.	El control de las brocas y barras cónicas influye positivamente, para reducir las pérdidas prematuras de las piezas de perforación, en Minera Aurífera Retamas S.A.
¿Cómo se realizará el control de las brocas y barras cónicas, para reducir el costo unitario de perforación, en Minera Aurífera Retamas S.A.?	Realizar el control de las brocas y barras cónicas, para reducir el costo unitario de perforación, en Minera Aurífera Retamas S.A.	El control de las brocas y barras cónicas, influye positivamente, para reducir el costo unitario de perforación, en Minera Aurífera Retamas S.A.

## Anexo 2

### Clasificación geomecánica Geological Strength Index (G.S.I.)

LABORES MINERAS DE DESARROLLO Y EXPLOTACIÓN (2.50 a 4.50 m. de Luz)		RESISTENCIA Y/O CONDICION SUPERFICIAL				
		MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) (MB)	BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (B)	REGULAR (MODER. RESIST., LEVE A MOD. ALTER.) (R)	MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) (M)	MUY MALA (MUY BLANDA, EXTREMAD. ALTERADA) (MM)
		Superficie de las discontinuidades muy rugosas e inalteradas, cerradas. (RC > 250 MPA) (se astilla con golpes de picota)	Discontinuidades rugosas, lev. alterada, manchas de oxidación, liger. abierta. (RC 100 a 250 MPA) (se rompe con varios golpes de picota)	Discontinuidades lisas, moderadamente alterada, ligeramente abiertas. (RC 50 a 100 MPA) (se rompe con uno o dos golpes de picota)	Superficie pulida o con estratificaciones, muy alterada, relleno compacto o con fragmentos de roca. (RC 25 a 50 MPA) - (se indenta superficialmente)	Superficie pulida y esfirrada, muy abierta con relleno de arcillas blandas. (RC < 25 MPA) (se disgrega o indenta profundamente)
<b>A</b>	Sin soporte o perno ocasional (control de bloques inestables)					
<b>B</b>	Perno sistematico. (1.8 x 1.8 m.) (cinta metalica o malla ocasional)					
<b>C</b>	Perno sistematico. (1.5 x 1.5 m.) (cinta metalica o malla obligatoria)					
<b>D</b>	Perno sistematico. (1.20 x 1.20 m.) Shotcrete con fibra (0.05 m.) Cuadros de madera.					
<b>D1</b>	Pernos sistematicos (1.0 x 1.0 m.) Shotcrete con fibra (0.10 m.) Cuadros de madera.					
<b>E</b>	Cimbras metalicas o Cuadros de madera.					
<b>ESTRUCTURA</b>						
<b>Abaco de relacion con RMR. LEVEMENTE FRACTURADA.</b>						
	Tres a menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre si. (LF) (2 a 6 fract. por metro) (RQD 75 - 90) (RQD = 115 - 3.3 Jn.)	100 95 A LF/MB	90 85 A LFB	80 75 A LFR		
	MODERADAMENTE FRACTURADA. Muy bien trabada, no disturbada, bloques cúbicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. (F) (RQD 50 - 75) (6 a 12 Fract. por metro)	A F/MB	70 65 A F/B	60 55 B FR	B F/M	
	MUY FRACTURADA. Moderadamente trabada, parcialmente disturbada, bloques angulosos formados por cuatro o mas sistemas de discontinuidades. (MF) (RQD 25 - 50) (12 a 20 Fract. por metro)	A MF/MB	B MF/B	55 50 B MFR	45 40 C MF/M	D MF/MM
	INTENSAMENTE FRACTURADA. Plegamiento y fallamiento, con muchas discontinuidades interceptadas formando bloques angulosos o irregulares. (IF) (RQD 0 - 25) (mas de 20 Fract. por metro)		B IF/B	C IF/R	35 30 D IF/M	E IF/MM
	TRITURADA O BRECHADA. Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos facilmente disgregables, angulosos y redondeados. (T) (sin RQD)				25 20 E T/M	15 10 E T/MM

## METODOLOGIA DE APLICACION

**EL DESPRENDIMIENTO DE ROCA SE EVITA COLOCANDO EL SOPORTE ADECUADO EN EL MOMENTO OPORTUNO.**

### PROCESO DE MAPEO GEOMECANICO

La tabla de sostenimiento según el G.S.I. se aplica de acuerdo a las condiciones geomecánicas del macizo rocoso y se subdivide de acuerdo al ancho de la excavación o minado:

1. Para la utilización de esta tabla se determina inicialmente siguiente:
  - A) Estructura: según la cantidad de fracturas por metro lineal definidas con el flexómetro.
  - B) Resistencia o condición superficial: definida por la cantidad de golpes de la picota o barrenillo con que se rompe o la profundidad de indentación. Para hallar "G.S.I." debe lavarse la zona diferenciando fracturas naturales y de voladura.
  - C) Cuando hay la presencia de alteración en las paredes, de las fracturas o el tipo de relleno: (granular, limoso o arcilloso); la forma de las fracturas (lisa, estrada, ondulada, rugosa, ligeramente rugosa) y espaciamiento de las fallas; se procede a determinar el tipo de soporte de acuerdo al ancho del minado.
2. En excavaciones que no requieran soporte según la clasificación geomecánica, pero presentan fracturas paralelas, verticales y horizontales a favor o en contra de la excavación. En labores principales el sostenimiento será en forma sistemática.
3. La clasificación y el tipo de soporte debe realizarse de inmediato, colocando el soporte adecuado en el tiempo indicado; de colocarse el soporte a destiempo es probablemente se requiere de un soporte más pesado del que se indicó.
4. Factores influyentes:
  - A) En excavaciones realizadas sobre el macizo rocoso prepreso a crujeos de roca (popping rock) o estallido de roca (rockburst), el sostenimiento determinado con la tabla GSI sufrirá modificación al inmediato inferior, es decir el sostenimiento es tipo "b" pasara a un tipo "c".
  - B) En la evaluación del sostenimiento se tendrá en cuenta: flujo de agua; el relajamiento de la Roca; voladura deficiente; presencia de fallas; zonas de intersección. El sostenimiento determinado con la tabla GSI sufrirá una modificación al inmediato inferior para su sostenimiento la tabla GSI, se ha relacionado con el índice de masa rocosa (mm) bienawski; así mismo el tipo de roca, sostenimiento a aplicarse, relacionado al tiempo de auto soporte y abertura máxima.

INDICE G.S.I.	INDICE RMR	TIPO DE SOPORTE	TIEMPO DE AUTOSOPORTE		ABERTURA MAXIMA
			LANCHOS 2.1 - 3.3 Mts.	LANCHOS 3.3 - 5.2 Mts.	
LF / MB (Levemente fracturada / Muy buena)	85-95	A	18 AÑOS	6 AÑOS	30 mts.
LF / B (Levemente fracturada / Buena)	75-85	A	5 AÑOS	3 AÑOS	15 mts.
LF / R (Levemente fracturada / Regular)	65-75	A	2 AÑOS	1 AÑO	10 mts.
F / MB (Fracturada / Muy buena)	75-85	A	5 AÑOS	3 AÑOS	15 mts.
F / B (Fracturada / Buena)	65-75	A	2 AÑOS	1 AÑO	10 mts.
F / R (Fracturada / Regular)	55-65	B	4 MESES	3 MESES	7.0 mts.
F / M (Fracturada / Mala)	45-55	C	2 SEMANAS	1 SEMANA	4.5 mts.
MF / B (Muy fracturada / Buena)	55-65	B	3 MESES	2 MESES	7.0 mts.
MF / R (Muy fracturada / Regular)	45-55	C	2 SEMANAS	1 SEMANA	4.5 mts.
MF / M (Muy fracturada / Mala)	35-45	D - D1	3 DIAS	2 DIAS	3.0 mts.
MF / MM (Muy fracturada / Muy mala)	25-35	E	2 HORAS (INMEDIATO)	4 HORAS (INMEDIATO)	2.0 mts.
IF / B (Intensamente fracturada / Buena)	45-55	C	2 SEMANAS	1 SEMANA	4.5 mts.
IF / R (Intensamente fracturada / Regular)	35-45	D - E	3 DIAS	2 DIAS	3.0 mts.
IF / M (Intensamente fracturada / Mala)	25-35	D1 - E	2 HORAS (INMEDIATO)	4 HORAS (INMEDIATO)	2.0 mts.
IF / MM (Intensamente fracturada / Muy mala)	15-25	E	(PRE SOPORTE)	(PRE SOPORTE)	1.0 mts.

5. La perforación del taladro para sostenimiento será perpendicular a las paredes y techo, salvo cuando se coloquen para asegurar bloques sueltos, siendo necesario para este caso el uso de las gatas mecánicas o puntales de seguridad.
6. En la colocación de malla se debe realizar de gradiente a gradiente, asegurándose estas al techo mediante el uso de gatas mecánicas, y luego se aseguran con los pernos de anclaje, esta operación evitará la caída de fragmentos de roca al perforista.
7. En la colocación del shotcrete se realiza después de lavar la labor con agua a presión, se requiere el uso de calibradores, la distancia para evitar el exceso de rebotes es de 1.5 mts. dentro y la preparación de la mezcla adecuada, la iluminación de la zona, uso de los manómetros en los equipos, equipo de protección personal, uso de drenes si hay presencia de agua.
8. En la colocación de cimbras metálicas o cuadro de madera, se debe considerar el correcto alineamiento y perpendicularidad deben estar bien ancladas y apoyadas a la superficie de la sección.

### MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE CONTROL

La voladura controlada: en especial en las coronas, para lo cual se deberá esparzar adecuadamente los taladros y distribuir mejor la carga explosiva.

No acumular taladros para la colocación de pernos, "taladro perforado, perno colocado". Nunca perforar taladros en la dirección de la fractura o falla.

La calidad del sostenimiento va en función a los estándares y PETS para su ejecución, capacitación permanente al personal en la aplicación de la tabla GSI, y el colocado del sostenimiento.

## Anexo 3

### Precios unitarios

#### ESCALA DE SUELDOS Y JORNALES

DESCRIPCION DEL PUESTO	JORNAL S/.	asignacion familiar	feriados con 100% 01 por mes	Total ingreso afecto	factor de leyes sociales	TOTAL (S./)
Perforista	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Operario Mina	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Operador Scooptram	85.00	2.50	6.54	94.04	103.17%	191.06
Operador Jumbo	90.00	2.50	6.92	99.42	103.17%	202.00
Enmaderador	63.00	2.50	4.85	70.35	103.17%	142.92
Compresorista y lamparero	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Chofer de mina	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Capataz	85.00	2.50	6.54	94.04	103.17%	191.06
Bombero, Herrero, Soldador	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Bodeguero	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante Perforista	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de servicios	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de mina	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de jumbo	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Ayudante de enmaderador	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante almacen	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Mecanico de equipo pesado	95.00	2.50	7.31	104.81	103.17%	212.94
Electricista mina	75.00	2.50	5.77	83.27	103.17%	169.18
Electricista de equipos	90.00	2.50	6.92	99.42	103.17%	202.00
Cuartelero	58.00	2.50	4.46	64.96	103.17%	131.98

#### ESCALA DE SUELDOS Y JORNALES

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S./)	Vida Econom.	Incidencia	Obreros Con Ropa de agua	Obreros Sin Ropa de agua	Supervisoon sin ropa de agua	Personal superficie
Botas de jebe	Par	61.980	180.00	0.34	0.34	0.32	-	-
Casco sombrero	Pza	58.091	200.00	0.29	0.29	0.19	0.19	0.19
Taflete de casco	Pza	12.710	150.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Orejas p/ Operador	Par	52.750	300.00	0.18	-	0.18	-	-
Barbiquejo	Pza	1.580	180.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Respirador 3M 7500 premium	Pza	63.560	360.00	0.18	0.18	0.18	0.18	-
Filtro alta eficiencia 3M 2097	Par	38.980	30.00	1.30	1.30	1.03	1.03	-
Cartucho Vapores Orgánicos	Par	58.200	30.00	1.94	1.94	1.94	1.94	-
Guantes de Neoprene 14"	Par	26.000	30.00	0.87	0.87	0.87	0.87	-
Guante de cuero	Par	10.310	25.00	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Correa portalampara	Pza	21.190	360.00	0.06	0.06	0.06	0.06	-
Mameluco con cinta reflectiva	Pza	83.620	100.00	0.84	0.84	0.46	0.46	0.46
Lampara minera	Pza	252.000	300.00	0.84	0.84	0.84	0.84	-
Chaleco verde c/cinta fosforescente	Pza	64.940	180.00	0.36	-	-	0.36	0.36
Lentes de seguridad	Pza	28.000	90.00	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Tapón auditivo	Pza	2.330	60.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Marbete de identificación (nombre)	Par	20.000	150.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Botín Con punta de acero Minero	Par	127.570	180.00	0.71	-	-	0.65	0.65
Saco de jebe	Pza	52.200	100.00	0.52	0.52	-	-	-
Pantalón de jebe	Pza	52.200	100.00	0.52	0.52	-	-	-
mochila de lona	Pza	38.000	180.00	0.21	0.21	0.000	0.000	0.000
Dispositivo lock out (candado gancho)	pza	150.000	360.00	0.42	-	0.42	0.42	0.65
Picota de geologo	pza	45.000	360.00	0.13	-	-	0.13	-
baston luminoso con pila	par	200.000	180.00	1.11	-	1.11	-	-
Polos de seguridad (por calor)	pza	38.000	150.00	0.25	-	-	-	-
<b>COSTO POR TAREA</b>				<b>12.01</b>	<b>9.15</b>	<b>8.59</b>	<b>8.12</b>	<b>3.31</b>

#### ACEROS DE PERFORACION

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S./)	Vida Econ. (pp)	P U
Broca escariadora 2 1/2"	Uni	387.000	600.00	0.65
Shank Adapter COP1238xT38	Uni	844.650	9,000.00	0.09
Acople T38/R38	Uni	245.830	6,000.00	0.04
Barra Ext. R38-H35-R32x12' ( 12 y 14 pies)	Uni	1,300.000	6,000.00	0.22
Broca R32x45mm.	Uni	283.610	800.00	0.35
Adaptador Piloto R32x12°	Uni	586.000	800.00	0.73
Broca Rimadora R32x102mm	Uni	616.160	800.00	0.77
Coplas de afilado	Uni	357.500	10,000.00	0.04
Adaptador Split Set / perno helicoidal	Uni	230.000	600.00	0.38
Barra de Extensión Porta Broca Conica 2'	Uni	135.440	900.00	0.15
Barra de Extensión Porta Broca Conica 4'	Uni	181.590	900.00	0.20
Barra de Extensión Porta Broca Conica 5'	Uni	240.200	900.00	0.27
Barra de Extensión Porta Broca Conica 6'	Uni	258.450	1,000.00	0.26
Barra de Extensión Porta Broca Conica 8'	Uni	275.440	900.00	0.31
Broca Conica 38 mm.	Uni	72.060	400.00	0.18
Broca Conica 41 mm.	Uni	74.000	300.00	0.25

**EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA**

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	US\$/Caja	Kg/Caja
Dinamita Semexa 45% 7/8" x 7"	Cart	0.530		
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	Cart	0.540		
Dinamita Semexa 45% 7/8" x 7"	Kg	6.172	55.11	25.00
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	Kg	6.509	58.12	25.00
Dinamita Exadit 65% 7/8" x 7"	Kg	5.899	52.67	25.00
Dinamita Semexa 65% 1 1/8" x 7"	Kg	5.803	51.81	25.00
Dinamita Semexa 80% 1 1/8" x 8"	Kg	5.918	52.84	25.00
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	Kg	6.236	55.68	25.00
Dinamita Semexa 80% 1 1/4" x 8"	Kg	6.657	59.44	25.00
Emulsiones 4500 7/8"x8"	Und	0.560		
Emulsión Iremita 62 11/2" x 12" (68)	Und	2.030		
Emulsiones 6500 1"x8"	Und	0.700		
Emulsión Iremita 62 7/8" x 7" (308)	Und	0.450		
Emulsión Iremita 62 1" x 8" (240)	Und	0.700		
Emulsiones 6500 1"x8"	Und	0.700		
Emulsiones 8000 1"x8"	Und	0.590		
Anfo	Kg	1.740		
Examon	Kg	2.128		
Fulminante N° 8	Pza	0.308		
Fanel	Pza	3.338		
Mininel	Pza	2.929	261.5	250 pza/caja
Guía Seguridad	m	0.254	90.63	1000 m/caja
Carmex 8'	Pza	1.497	160.43	300 pza/caja
Igniter Cord	m	1.064		
Pentacord	m	1.075	575.72	1500 m/caja

## HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	Vida Econom.	PU
Corvina de 36 "	Pza	178.20	100.00	1.78
Lampa	Pza	26.46	50.00	0.53
Pico	Pza	29.57	50.00	0.59
Combo 4 Lbs	Pza	19.24	90.00	0.21
Combo 6 Lbs	Pza	34.70	90.00	0.39
Combo 8 Lbs	Pza	41.04	90.00	0.46
Combo 10 Lbs	Pza	51.57	90.00	0.57
Combo 16 Lbs	Pza	78.79	90.00	0.88
Llave Stilson de 8"	Pza	27.41	100.00	0.27
Llave Stilson de 10"	Pza	73.52	100.00	0.74
Llave Stilson de 14"	Pza	87.36	100.00	0.87
LLave Francesa 8"	Pza	24.03	100.00	0.24
Maquina Ban Dit	Pza	325.00	180.00	1.81
Formon 1"	Pza	23.80	50.00	0.48
Azuela (de 3Lbs.)	Pza	26.81	80.00	0.34
Barretilla de aluminio de 4'	Pza	59.40	60.00	0.99
Barretilla de aluminio de 6'	Pza	70.20	60.00	1.17
Barretilla de aluminio de 8'	Pza	78.00	60.00	1.30
Barretilla de aluminio de 10', 12'	Pza	85.80	60.00	1.43
Barretilla de aluminio de 14'	Pza	98.20	60.00	1.64
Atacador	pza	9.84	20.00	0.49
Pasteca (rondana) 6" diam.	und	497.50	300.00	1.66
Cable de acero 3/8 "	mt	2.26	100.00	0.02
Cizalla de 24	Pza	114.80	100.00	1.15
Ganchos de 1.5	Pza	19.99	50.00	0.40
Carretilla buggy	Pza	185.00	60.00	3.08
Flexometro 5m	Pza	13.47	30.00	0.45
Lámpara	Pza	234.50	720.00	0.33
Detector de Energia	Pza	43.00	180.00	0.24
Lámpara CEAG MLC 5.2	Pza	1,224.00	2,400.00	0.51
Baston luminoso con pilas recargables	Pza	100.00	180.00	0.56
Lámpara (Alquiler)	Pza/mes	41.75	25.00	1.67
Disco de jebe	Pz	5.00	25.00	0.20
Manguera Jebe 1"	Mts	14.55	150.00	0.10
Manguera Jebe 1/2"	Mts	6.28	150.00	0.04
Aceite de perforacion	Glns	21.91	1.00	21.91
Cinta Ban Dit 1/2	rollo	77.24	40.00	1.93
Cinta Ban Dit 3/8	rollo	65.00	40.00	1.63
Escalera Telescopica de 4mts	Uni	502.83	90.00	5.59
Escalera Telescopica de 3mts	Uni	625.00	90.00	6.94
Ocre Polvo Rojo	Kg	10.00	1.00	10.00
arco de sierra + hoja	uni	39.00	60.00	0.65
Boa de 2"	m	45.00	150.00	0.30
Boa de 2"	m	53.30	150.00	0.36
Tubo PVC 1 1/2 x 3.00 Mts.	uni	3.60	-	-
PETROLEO-DIESEL	Glns	11.68	-	-

## Anexo 4

### Costo de equipos

#### COSTO DE EQUIPOS

EQUIPO O MAQUINARIA	COSTO	UNIDAD	OBSERVACIONES
Jumbo Electrohidraulico Sandvick	236.48	S/. / Hrs	no incluye combustible ni operador
Scooptram Sandvick	197.07	S/. / Hrs	no incluye combustible ni operador

COSTO EQUIPOS MENORES	COSTO	UNIDAD	OBSERVACIONES
BOMBA AGUA MASTER	8.0	S/. / Hrs	no incluye bombero
BOMBA AGUA MATADOR	11.7	S/. / Hrs	no incluye bombero
BOMBA AGUA MAXI	20.1	S/. / Hrs	no incluye bombero
BOMBA AGUA MAJOR	5.1	S/. / Hrs	no incluye bombero
MOTOSIERRA NEUMATICA	11.0	S/. / Hrs	
PERFORACION POR PIE	0.38	S/. / P.P.	
SHOCRETERA	52.0	S/. / Hrs	
PATILLADORA	10.2	S/. / Hrs	
MAQUINA SOLDAR	5.1	S/. / Hrs	
VENTILADOR 50 HP	7.0	S/. / Hrs	
VENTILADOR 86HP	8.2	S/. / Hrs	

#### INDICES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EXPLOSIVOS

##### Combustible

Jumbo Electrohidraulico Sandvick Mod. D05	1.50	Gln / Hora
scoopTram Sandvick Mod. Lh 307	4.00	Gln / Hora

##### Explosivos

Rampa de 4.50 m x 4.00 m	38.00	Kg / m
Labores de 3.0 m x 3.0 m	32.00	Kg / m
Subnivel de 1.50 m x 2.10 m	22.40	Kg / m
Subnivel de 1.20 m x 2.40 m	8.70	Kg / m
Explotación Veta	1.12	Kg / ton

## Anexo 5

### Descripción técnica del equipo Scooptram LH 307 3.5 yd<sup>3</sup>

Scooptram LH 307 3.5 yd <sup>3</sup>				
<b>Precio compra (\$)</b>		<b>467,455</b>	<b>Costo de Propiedad</b>	<b>US \$/hora</b>
Precio jgo llantas		<b>16,167</b>	Costo por depreciación	27.08
Vida llantas (hor)		<b>1,500</b>	Costo por intereses	7.46
Precio stock (V)		451,288	Costo por seguro	-
Valor de rescate (Vr)	10%	45,129	<b>Total costo de Propiedad</b>	<b>34.54</b>
Vida económica en horas (n)	3960	15,000	<b>Costo de operación</b>	<b>US \$/hora</b>
Vida económica en años (N)		3.8	Combustible	17.97
	<b>Consumo</b>	<b>Precio</b>	Lubricantes (aceite grasa)	2.25
	gal/hora	US \$/gal	Costo filtros	4.04
Combustible	4.00	4.49	Costo llantas	10.78
Aceite motor gal/hor	0.14	7.45	Reparación llanta (15%)	1.62
Aceite hidraulico gal/hor	0.14	7.45	Repuestos	22.56
Grasa lbs/hora	0.08	2.10	<b>Total costo de operación</b>	<b>59.23</b>
Filtro (0,4 * costo aceite + grasa)		20%		
Repuestos		75%	<b>Total Costo de Propiedad y Operación (\$/hr)</b>	<b>93.76</b>
Factor de inversión K = (n+1)/2n		0.63	<b>Total Costo de Propiedad y Operación (\$/hr)</b>	<b>243.79</b>
Intereses %		10.0%	<b>COSTO DIRECTO SIN OPERADOR, NI COMBUSTIBLE (\$/hr)</b>	<b>197.07</b>
Seguros %		0.0%		

