

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Mejora de la perforación con barras cónicas, mediante la
minimización de errores de desviación de taladros,
Unidad Minera San Juan de Chorunga**

Christian Edwards Limas Samaniego
Rusvel Molina Vera

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme el conocimiento necesario para cumplir este objetivo profesional.

A mis padres, por su dedicación, enseñanzas y recomendaciones, para formarme profesionalmente.

A la universidad Continental, por brindarme una formación integral y de calidad.

A los docentes de la EAP de Ingeniería de Minas por darme los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

DEDICATORIA

Le dedicamos este trabajo a nuestros padres y familiares, por su apoyo desinteresado, para el logro de este objetivo. A nuestro Asesor, que con su conocimiento y experiencia ha aportado a nuestra investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
ASESOR.....	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	14
1.1 Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1 Planteamiento del problema	14
1.1.2 Formulación del problema	15
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 Justificación e importancia	16
1.3.1 Justificación práctica.....	16
1.3.2 Justificación teórica	16
1.3.3 Justificación metodológica	17
1.4 Hipótesis.....	17
1.4.1 Hipótesis general.....	17
1.4.2 Hipótesis específicas	17
1.5 Identificación de variables.....	17
1.5.1 Variable independiente	17
1.5.2 Variable dependiente.....	17
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Antecedentes del problema	19
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	19
2.2 Generalidades unidad minera San Juan de Chorunga.....	23

2.2.1 Ubicación y accesibilidad.....	23
2.2.2 Geología.....	25
2.3 Bases teóricas	29
2.3.1 Mapeo geomecánico de la unidad minera San Juan de Chorunga	29
2.3.2 Clasificación geomecánica geological Strength Index (G.S.I.)	29
2.3.3 Tiempos de autosporte	30
2.4 Equipo manual perforadora Jack leg.....	30
2.4.1 Partes principales de la máquina perforadora Jack Leg.....	32
2.4.2 Accesorios de perforación	32
2.5 Utilización de la barra cónicas en la perforación con el equipo Jack Leg RMP – S83FX.....	33
2.6 Fallas por el control de parámetros y factores de perforación deficientes en las barras cónicas y brocas.....	36
2.7 Perforación y voladura con equipo manual – Jack Leg	37
2.8 Evaluación de la estructura de costos para una galería	38
2.9 Definición de términos	40
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	42
3.1 Método y alcances de la investigación.....	42
3.1.1 Método de la investigación	42
3.1.2 Alcances de la investigación.....	42
3.2 Diseño de la investigación	43
3.3 Población y muestra	43
3.3.1 Población.....	43
3.3.2 Muestra	43
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos	43
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos	44
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1 Evaluación de la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga	45
4.2 Evaluación de la perforación con barras cónicas para la disminución de perdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg, unidad minera San Juan de Chorunga.....	47

4.2.1 Evaluación de las herramientas de perforación barra y broca cónica en el año 2019.....	48
4.2.2 Evaluación de las herramientas de perforación barra y broca cónica, en el año 2020.....	51
4.3 Análisis de la minimización de los errores de desviación de taladros para la reducción del costo unitario de perforación, unidad minera San Juan de Chorunga	54
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	18
Tabla 2. Accesibilidad de la unidad minera San Juan de Chorunga	25
Tabla 3. Reservas de mineral probadas y probables	29
Tabla 4. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jack Leg RNP – s83fx	31
Tabla 5. Parámetros de perforación y voladura con equipo manual Jack Leg	37
Tabla 6. Criterios esenciales para la evaluación del costo por metro lineal	39
Tabla 7. Estructura de costos para una galería de 2.2 m x 2.4 m, con Jack Leg	39
Tabla 8. Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas	46
Tabla 9. Descarte de herramientas de perforación - barras cónicas.....	47
Tabla 10. Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas en el año 2019	48
Tabla 11. Descarte de herramientas de perforación - barras cónicas en el año 2019.....	49
Tabla 12. Rendimiento de las herramientas cónicas-barra y broca,2019	49
Tabla 13. Descarte herramientas de perforación-brocas cónicas en 2020	51
Tabla 14. Descarte de herramientas de perforación-barras cónicas, 2020.....	52
Tabla 15. Rendimiento de las herramientas cónicas-barra y broca, 2020	53
Tabla 16. Datos técnicos de perforación y voladura, incluye la limpieza con scooptram 3.5 yd ³ , para el Nivel 724 labor GA 9281, 2019.....	58
Tabla 17. Estructura de costos de perforación y voladura para el Nivel 724, labor GA 9281, en el año 2019.....	59
Tabla 18. Datos técnicos de perforación y voladura, incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd ³ , para el Nivel 724 labor GA 9281, 2020	61
Tabla 19. Estructura de costos de perforación y voladura para el Nivel 724, labor GA 9281, en el año 2020.....	62
Tabla 20. Optimización de la perforación y voladura con broca y barra cónica	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación general	23
Figura 2. Campamento minero San Juan de Chorunga, vista Sur Oeste- Nor Este	24
Figura 3. Columna estratigráfica local	26
Figura 4. Realización de la perforación con máquina Jack Leg.....	31
Figura 5. Ciclo de minado con equipo scooptram de 3.5 yd ³ y la perforadora Jack Leg.....	33
Figura 6. Partes de una barra cónica	34
Figura 7. Sistema de adaptación de la barra cónica y la broca	34
Figura 8. Importancia de la conicidad de la barra de perforación	35
Figura 9. Partes de una broca para una barra cónica.....	35
Figura 10. Características generales de la estructura de la barra de perforación	36
Figura 11. Pérdidas prematuras por la deficiencia del control de la barra cónica	37
Figura 12. Diseño de malla de perforación con Jack leg y distribución de taladros	38
Figura 13. Comparación del rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2019.....	50
Figura 14. Comparación del rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2020.....	53
Figura 15. Rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2019 del Nivel 724, labor GA 9281.....	54
Figura 16: Rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2020 del Nivel 724, labor GA 9281.....	55
Figura 17. Diseño de malla de perforación y voladura con el equipo manual Jack Leg utilizada para el Nivel 724, labor GA 9281 Este, de la unidad minera San Juan de Chorunga.....	57

RESUMEN

La unidad minera San Juan de Chorunga es una de las unidades de la compañía minera Century Mining Perú S.A, como toda unidad minera cuenta con la operación unitaria 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.

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 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 y esto ocasiona que se rompan sus insertos, generando así pérdidas prematuras de las piezas de perforación.

Las cuatro funciones para realizar la perforación con el equipo manual con *Jack Leg*, son: percusión, rotación, empuje de avance y barrido. Las deficiencias inicia 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 brocas cónicas. Se realizaron 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. 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.
- Rendimiento de la barra cónica 324 metros perforados por encima de la vida útil y por encima del rendimiento del año 2019.

La reducción del costo total de la valorización por metro lineal de avance, es de S/28.89 nuevos soles con respecto al año 2020. El incremento de la utilidad que se obtuvo para el año 2020 es del 1.5% más que en el año 2019,

tras la reducción del costo total, dicha utilidad se incrementó a S/9.08 nuevos soles más por metro lineal en comparación del año 2019.

Palabras clave: Mejora de la perforación con barra cónica

ABSTRACT

The San Juan de Chorunga Mining Unit is one of the units of Compañía Minera Century Mining Peru SA, as every mining unit has the most important unit operation which is drilling, quality and precision also determine the good results of a good blasting and thus obtain an adequate fragmentation of the rocky massif.

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

The 4 functions to perform drilling with manual equipment with Jack leg, are: Percussion, rotation, forward thrust and sweep. The deficiencies start with the hole, the bad control of the forward thrust, the bad control of the water and air pressure, these factors generate the deviation of holes in the drilling with the bar and conical bits. Trainings were carried out for the master and assistant driller in order to minimize these errors, better performances were achieved in the drilling tools by 2020, exceeding the useful life of the bar and conical drill. Comparison of the drill and tapered bar drilling tools for the year 2019 and 2020, we have:

- Performance of the conical drill 159 meters drilled over the useful life and above the performance of the year 2019.
- Yield of the conical bar 324 meters drilled above the useful life and above the yield of the year 2019.

The reduction in the total cost of the valuation per linear meter of advance is S / 28.89 nuevos soles with respect to 2020. The increase in profit obtained for 2020 is 1.5% more than in 2019, After reducing the total cost, this profit increased to S / 9.08 new soles per linear meter compared to 2019.

Keywords: Tapered Bar Drilling Improvement.

INTRODUCCIÓN

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 en la preparación y desarrollo.

La unidad minera San Juan de Chorunga es una de las unidades de la compañía minera Century Mining Perú S.A, como toda unidad minera cuenta con la operación unitaria 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.

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 y esto ocasiona que se rompan sus insertos, generando así pérdidas prematuras de las piezas de perforación.

En la perforación es evidente la desviación de taladros 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 *Jack Leg*, el cual cumple con cuatro funciones: la percusión, rotación, empuje de avance y el barrido. Esto nos lleva a un análisis más completo involucrando factores operativos del equipo, herramientas de perforación y el personal a cargo en realizar la perforación: maestro y ayudante perforista.

Toda mejora tiene que estar sustentado con costos en la valorización por avance lineal, para esta investigación se pasó a reducir los errores de perforación que generaban desviación de taladros, esto enlaza a la voladura como la limpieza de la labor ya que la perforación es la primera etapa en este proceso.

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 en la preparación y desarrollo.

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

La unidad minera San Juan de Chorunga, es una de las unidades de la compañía minera Century Mining Perú S.A, como toda unidad minera, cuenta con la operación unitaria 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.

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 y esto ocasiona que se rompan sus insertos, 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 perdidas prematuras de las piezas de perforación utilizadas en el equipo manual Jack Leg, 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 será la mejora de la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo será la mejora de la perforación con barras cónicas para la disminución de perdidas prematuras de las piezas de la perforadora *Jack Leg*, unidad minera San Juan de Chorunga?
- ¿Cómo influye la minimización de los errores de desviación de taladros en la reducción del costo unitario de perforación, unidad minera San Juan de Chorunga?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Mejorar la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mejorar la perforación con barras cónicas para la disminución de pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora *Jack Leg*, unidad minera San Juan de Chorunga.
- Minimizar los errores de desviación de taladros para la reducción del costo unitario de perforación, unidad minera San Juan de Chorunga.

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación práctica

La unidad minera San Juan de Chorunga presenta deficiencias en las actividades de perforación, asimismo en las capacitaciones de los operadores del equipo manual *Jack Leg*, y también en el cuidado y manejo del equipo. Otro de los temas importantes es la movilización del personal de perforación, ya que se toma mucho tiempo en trasladarse desde superficie a la mina y de mina a su respectiva labor.

Se observó también que en los frentes no se pinta la malla de perforación, hay que recalcar que el pintado de esta es muy importante para la perforación porque así se evita desviaciones de taladros.

Las deficiencias más resaltantes son las pérdidas por motivos operacionales de las piezas de perforación, desgaste prematuro y roturas de barreno, producto de la flexión del barreno, tipo de roca y habilidad del operador. El control de estos factores es primordial para aumentar la vida útil de cada pieza de perforación.

1.3.2 Justificación teórica

En la perforación es evidente la desviación de taladros cuando la voladura está realizada. Frente a esto 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 *Jack Leg*, esto nos lleva un análisis más completo involucrando factores operativos del equipo, herramientas de

perforación y el personal a cargo en realizar la perforación maestro y ayudante perforista.

1.3.3 Justificación metodológica

Las cuatro funciones para realizar la perforación con el equipo manual con *Jack Leg* son percusión, rotación, empuje de avance y barrido. 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. Frente esto se realizó capacitaciones al maestro y ayudante perforista a fin de minimizar estos errores cometidos. Así, 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.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La mejora de la perforación con barras cónicas influye positivamente en la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La mejora de la perforación con barras cónicas influye positivamente en la disminución de perdidas prematuras de las piezas de la perforadora *Jack Leg*, unidad minera San Juan de Chorunga.
- La minimización de los errores de desviación de taladros influye positivamente en la reducción del costo unitario de perforación, unidad minera San Juan de Chorunga.

1.5 Identificación de variables

1.5.1 Variable independiente

Mejora de la perforación con barras cónicas.

1.5.2 Variable dependiente

Minimización de errores de desviación de taladros.

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Mejora de la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I: Mejora de la perforación con barras cónicas	Es la mejora en el aumento del rendimiento en función a los metros perforados de las piezas de perforación, como es el barreno y la broca del equipo manual Jack Leg, evaluando la caracterización geomecánica, para los factores y parámetros de control de la operación unitaria de perforación del macizo rocoso.	<p>Evaluación de la caracterización geomecánica</p> <p>Evaluación del procedimiento adecuado para la perforación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso • Familias de discontinuidades • Parámetros de las discontinuidades • Factores y parámetros de perforación. • Metros perforados • Cantidad de aceros de perforación.
V.D: Minimización de errores de desviación de taladros.	Es la reducción de las desviaciones de los taladros, está relacionado al tipo de roca a perforar, a las fallas y discontinuidades que generan el desvío del taladro, y al factor operativo del equipo manual (Jack Leg), ejecutado por el operador del equipo.	Evaluación de errores de desviación de taladros	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud de desviación de taladros (cm) • Error de posicionamiento del equipo manual • Error de alineamiento del equipo manual • Error del emboquillado del equipo manual • Error en la percusión del equipo manual • Error en el avance del equipo manual.

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. (1).

Además, la metodología tiene las siguientes características: (1)

- 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. (1)

- 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. (1)
 - 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. (1)
- 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. (2)

Además, la metodología tiene las siguientes características: (2)

- 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. (2)

- De acuerdo al diseño de malla de perforación optimizada se reducen tres 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. (2)
 - De acuerdo al 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. (2)
 - 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 a 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. (2)
- c) Tesis titulada “*Optimización de las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción de la minería de mediana escala (unidad minera Macdesa)*” realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para optimizar las prácticas de perforación y voladura en los avances y la producción en la mina modelo de mediana escala MACDESA. (3)

Además, la **metodología** tiene las siguientes características (3):

- El trabajo se realiza en las operaciones unitarias, donde están implicados desde un obrero hasta el superintendente, ya que todos tienen el mismo fin de realizar la perforación y voladura de manera correcta y sin incidentes en avance y producción. (3)
- Diseñar una malla de perforación y voladura en base a las clasificaciones geomecánicas, permite optimizar la distribución de energía, con mucha más

precisión, que de manera común o empleando otros modelos matemáticos.

(3)

- El diseño y marcado de malla de perforación, así como el uso de guidores en las diferentes labores son el punto de inicio de una buena voladura y por consecuencia tener un material cuya granulometría es la óptima. (3)

- Al optimizar estas operaciones unitarias y tener un material mejor fragmentado facilita la limpieza, carguío, acarreo, transporte y molienda del material. (3).

d) Tesis titulada *"Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura"* realizada en la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo del estudio fue obtener la reducción de los costos operativos de mina, aplicando para ello un control y seguimiento operativo de las operaciones unitarias de perforación y voladura. Control que permite la optimización de los estándares de perforación y voladura, y el incremento del rendimiento⁶ en cada una de las operaciones unitarias del ciclo de minado, lográndose de esta manera que la empresa minera obtenga una mayor utilidad bruta. (4)

Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- La reducción de los costos operativos de mina es directamente proporcional a la magnitud de producción de la mina (tonelaje de mineral a producir, metros de avance programados en desarrollos o metros cúbicos de roca estéril a desplazar); por ende, es proporcional al consumo de explosivos y a la cantidad de áreas de perforación. (4)
- La capacitación y creación de conciencia de los trabajos en los temas de optimización de la perforación y voladura, debe darse de manera constante, fomentando la comunicación entre todos los niveles de la organización, propiciando ideas novedosas que mejoren los procedimientos de trabajo. (4)

- Realizar pruebas de voladura por lo menos tres veces por mes, de tal forma que permita solucionar problemas que por la rutina de la misma operación son dejados de lado. En tales pruebas hacer un estudio de la granulometría del material obtenido. (4)

2.2 Generalidades unidad minera San Juan de Chorunga

2.2.1 Ubicación y accesibilidad

La unidad minera San Juan de Chorunga, de propiedad de la compañía minera Century Mining Perú S.A.C, se ubica en la quebrada del Valle San Juan de Chorunga, distrito de Rio Grande, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa.

En la siguiente figura se muestra el plano de ubicación general.



Figura 1. Plano de ubicación general
 Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Chorunga

La unidad minera San Juan de Chorunga está enmarcada dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud 15° 56' 17" S
- Longitud 73° 0' 47" W

Coordenadas UTM

- Coordenada Este 712473, coordenada Norte 8236528
- Coordenada Este 712987, coordenada Norte 8236070

Zona 18 Banda L, altitud promedio 750 m.s.n.m. Datum WGS 84



Figura 2. Campamento minero San Juan de Chorunga, vista Sur Oeste- Nor Este Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Chorunga

Es accesible desde la ciudad de Arequipa mediante la carretera Panamericana Sur hasta el poblado de Ocoña, pasando previamente por la ciudad de Camaná; a partir de este lugar se prosigue por trocha carróza con dirección NW hasta llegar a la mina, el recorrido es de 330 km.

En la siguiente tabla se muestra la ubicación y accesibilidad de la compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Chorunga. (5)

Tabla 2. Accesibilidad de la unidad minera San Juan de Chorunga

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo aproximado
Lima - Ocoña	1011	Asfaltada	15 h
Ocoña – Mina San Juan	80	Afirmada	3 h
Total	1811		18 h

2.2.2 Geología

2.2.1.1. Geología local

a) Gneis (pe-gn)

La extensa de estas rocas metamórficas se encuentra a lo largo del río Ocoña. Mineralógicamente estos gneis son de composición granítica, mayormente de tono gris verdoso oscuro con bandas claras y oscuras, que tienen aproximadamente 0.5 a 0.2 cm de grosor, los estudios petrográficos demuestran que están constituidos por ortosa 15 % - 20 %, plagioclasas aproximadamente 10%, en la margen izquierda del río Ocoña, al sur del pueblo de Piuca. (5)

b) Rocas intrusivas

- **Granodiorita (km-gd/to-in)**

Zonas las granodioritas se encuentran englobando xenolitos dioríticos. La zona de investigación, está constituida por rocas de tipo batolito de la costa, de color gris claro a blanquecino en superficie fresca y un color grisáceo en superficie intemperada, en algunas partes.

- **Intrusiones menores**

Dique de Andesita (Tms-an), se encuentran intruyendo a las rocas granodioritas con direcciones predominantes E-W, con buzamientos variables, a veces verticales; presentan longitudes y anchos diferentes que se encuentran asociados a las estructuras mineralizadas, presumiendo que estos diques hayan sido portadores de las soluciones mineralizadas con contenido aurífero.

ERA	SIST	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ESP (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	EDAD	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Aluviales	150		Clastos de roca de diferente composición (andésita, anfíbolita, tufos dacíticos, domerados volcánicos, calizas, areniscas)	2.0	
		PLIOCENO	Volcánico Sencca	80		Tobas y brechas tobaceas de naturaleza dacítica a riolítica.	12.5	
	TERTIARIO	EOCENO	Formación Caraveli	Miembro Altos de Calpa	710		Conglomerados heterogeneos poco consolidados y mal clasificados, con areniscas y piroclastos que presenta niveles de tobas blanquecinas.	58.0
		FALEOCENO		Miembro Cuno Cuno			Clastos bien estratificados y compactos que alterna con niveles de conglomerados finos y limonitas.	
	Miembro Cruz Blanca			Conglomerados redondeados a subredondeados que son de origen intrusivo, volcánico, sedimentario y metamórfico.				
MESOZOICO	JURASICO	MALM	Grupo Yura	280		COMPLEJO BELLA UNION Areniscas grises de grano medio, interestratificadas con cuarcitas blanquecinas de 10-50cm de grosor con niveles delgadas de lutitas de color grises oscuras a negras	250	
		Formación	Labra Cachios					
NEOPROTEROZOICO	PRECAMBRIANO		Complejo Basal	?		BATOLITO DE LA COSTA Diorita Granito	2000	

Figura 3. Columna estratigráfica local
Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Chorunga

2.2.1.2. Geología estructural

La más importante se ubica en la zona de la falla Choclón y sus sistemas de fracturas más importantes tienen rumbo NO – SE con variaciones de N 80° O y N 75° O, buzamiento vertical; el sistema de fracturas es seguido por la zona de cizallamiento. Este gran sistema de fracturas se distribuye en un espacio muy corto, acompañado de otro sistema de fracturas en sentido casi perpendicular. (5)

La falla Choclón viene a constituir el conducto y localizador del emplazamiento de las vetas del sistema NO – SE, y se encuentran rellenas por soluciones mineralizadas derivadas de la intrusión, las vetas contienen cuarzo, pirita dentro de los que se distribuyen los valores de oro relleno microfracturas dentro de los cristales de pirita. (5)

SISTEMA NE- SW; Constituido por fractura, fallas y vetas de rumbos que van de N 20° E a N 70° E, y buzamientos altos al NW. Es el sistema de mayor exposición en toda el área y es de importancia económica.

SISTEMA NW- SE; son estructuras con rumbos que oscilan entre N 60° W a N 70° W, con buzamientos altos al NE.

SISTEMA E – W; estructuras con rumbo predominante E- W con buzamientos altos. (5)

2.2.1.3. Geología económica

a) Paragénesis y eventos de mineralización

Es la relación mineralógica expresada en función de un determinado tiempo (orden cronológico), si varían las condiciones progresivamente a través del tiempo aparecerá un mineral determinado como derivado de una mineral anterior, y puede por último convertirse en un tercero, siendo la recristalización el proceso responsable. (6)

Mediante los estudios de microscopía, mapeo en detalle, observación de campo e interpretación se puede discutir. La secuencia paragenética fue realizada inicialmente por el Ing. Pedro Hugo Tumialán – Abel Ballón (1982) (6), de esta manera la secuencia paragenética es como sigue:

- **Etapas 1**

Los eventos tectónicos hicieron posible las aperturas y fueron rellenadas por esta primera etapa del cuarzo, produciéndose seguidamente la seritización de las cajas (en profundidad), posteriormente en la primera etapa de la pirita, se depositaron los minerales como la pirita y cantidades mínimas de galena y calcopirita, al mismo tiempo se manifiestan alteraciones (propilítica y argílica), al producirse ello, el oro nativo se emplazó rellenando microfracturas dentro de la pirita, galena y cuarzo (por estar contenida dentro de la pirita). (6)

- **Etapa 2**

En esta etapa se produce la segunda etapa del cuarzo y segunda etapa de la pirita, en dicha etapa el oro se presenta como oro electrum y contenidos de oro muy escaso, también la pirita y cuarzo presentan concentraciones bajas de oro en comparación a la primera etapa. (6)

- **Etapa 3**

El reemplazamiento de los metales básicos se caracteriza por la deposición en algunas áreas muy localizadas y en los niveles profundos de los minerales, como la esfalerita, calcopirita, galena y trazas de pirrotita, el incremento fuerte de estos minerales en esta etapa, significaría el autosellado del sistema hidrotermal y posiblemente el final de la mineralización de oro. (6)

- **Etapa 4**

Por último, por efecto de la meteorización los minerales hipógenos se alteran dando como resultados minerales supergénicos. (5)

b) Reservas probadas y probables de mineral

Se componen por el yacimiento filoniano de oro y plata, cuyo mineral es la pirita aurífera. Los afloramientos del yacimiento están descubiertos en toda su longitud, salvo en algunas zonas o tramos, los cuales están cubiertas por material eluvial, coluvial (cuaternario), Las vetas presentan formas tabulares, lenticulares (tipo Rosario), emplazadas dentro de rocas intrusivas (granodiorita). (6)

En la siguiente tabla se muestra las reservas de mineral probado y probable.

Tabla 3. Reservas de mineral probadas y probables

Vetas	TM	Pot	Ley
Apillao	3,676	0.27	16.05
Chillihuay	10,444	0.62	16.48
Clara N	161	0.17	57.98
Diagonal 4	3,021	0.13	18.29
Jessica	6,395	0.73	7.25
LUNA	4,139	0.56	13.72
Matilde	7,640	0.13	22.68
Mercedes N	23,831	0.80	22.85
MILLONARIA	247	0.15	21.21
Rosario	6,481	0.54	8.80
S.J.NORTE	7,946	0.80	20.62
San Juan I	12,730	0.80	17.91
San Juan S	14,315	0.80	11.77
San Juan Split-N	5,431	0.29	23.37
MERCEDES RAMAL SPLIT NORTE	1,283	0.50	25.13
S.J.Sur-CERO	1,134	0.15	18.22
ZORAIDA	321	0.10	31.11
Total general	109,195	0.63	17.67

Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Chorunga

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Mapeo geomecánico de la unidad minera San Juan de Chorunga

Tanto la zona por donde se desarrollará el inclinado, como la estación superior e inferior, así como la roca por donde se ejecutará está compuesta principalmente por roca andesita, un macizo rocoso geotécnicamente competente. (7)

2.3.2 Clasificación geomecánica geological Strength Index (G.S.I.)

El macizo rocoso presenta de 2-6 fracturas por metro lineal, discontinuidades lisas, moderadamente alteradas ligeramente abiertas, se rompe con uno o dos golpes de picota, tendrá clasificación G.S.I. moderadamente fracturada (LF/R) y su valuación Rock Mass Rating (RMR) equivalente es 75. (7)

Todos estos datos se muestran en los gráficos siguiente, al lado izquierdo, la estructura con sus diversas descripciones (fracturas por metro), en la parte superior derecha la condición superficial de resistencia con golpes de picota y en la parte inferior derecha se muestran los valores de la caracterización geotécnica

del macizo rocoso, según el grado de fracturamiento y resistencia (se toma en cuenta la condición de discontinuidades). (7)

En el anexo N° 2 se muestra las tablas de la clasificación geomecánica geological Strength Index (G.S.I.)

2.3.3 Tiempos de autosoporte

En los factores influyentes en el comportamiento del macizo rocoso excavado se encuentra la presencia de agua, los esfuerzos, orientación de las discontinuidades y la excavación (aberturas, voladuras, relajamiento progresivo, cercanía de labores, colocación de soporte inadecuado y método de minado). (7)

Para adecuar el soporte obtenido en base a la condición de G.S.I. y la dimensión equivalente, si se presentaran los factores influyentes, se selecciona el sostenimiento recomendado a la condición inmediata inferior (menor calidad de G.S.I.), incluyendo la corrección al tiempo de autosoporte. Según las clasificaciones ya mencionadas en la parte superior la zona donde se va a construir el inclinado 8707, es roca competente buena, resistente levemente fracturada que puede trabajar sin soporte o con perno ocasional. (7)

Al tratarse de una labor de servicio donde transitaran personal y se acarreará mineral, estas tendrán sostenimiento enmallado para garantizar y asegurara que los colaboradores trabajen con total seguridad. (7)

2.4 Equipo manual perforadora Jack leg

Es una perforadora manual con barra de avance que puede ser usada para realizar taladros horizontales e inclinados, se usa mayormente para la construcción de galerías, subniveles, rampas y tajeos en minería convencional. (8)



Figura 4. Realización de la perforación con máquina Jack Leg
Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de
Chorunga

Tabla 4. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jack leg RNP – 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

Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de
Chorunga

2.4.1 Partes principales de la máquina perforadora Jack Leg

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. (8)

2.4.2 Accesorios de perforación

- **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`. (8)

- **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 o más. (8)

1.4.3 El ciclo de trabajo utilizando perforadoras Jack Leg está compuesto por las siguientes etapas:

- **Perforación**

Se realiza utilizando perforadora *Jack Leg* por frente con barras de 4, 6 y 8 pies, dependiendo del tipo de roca, el tiempo promedio de perforación es de 2:00 hr, debido a que las labores son de sección de 2.2 x 2.4 m. (8)

- **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. (8)

- **Limpieza**

Para realizar la limpieza del material volado, se utiliza un scooptram de 3.5 yd³. (8)

- **Sostenimiento**

Para realizar el sostenimiento con perno helicoidal, se utilizan perforadoras Jack leg y para ganar altura, plataformas de perforación. (8)

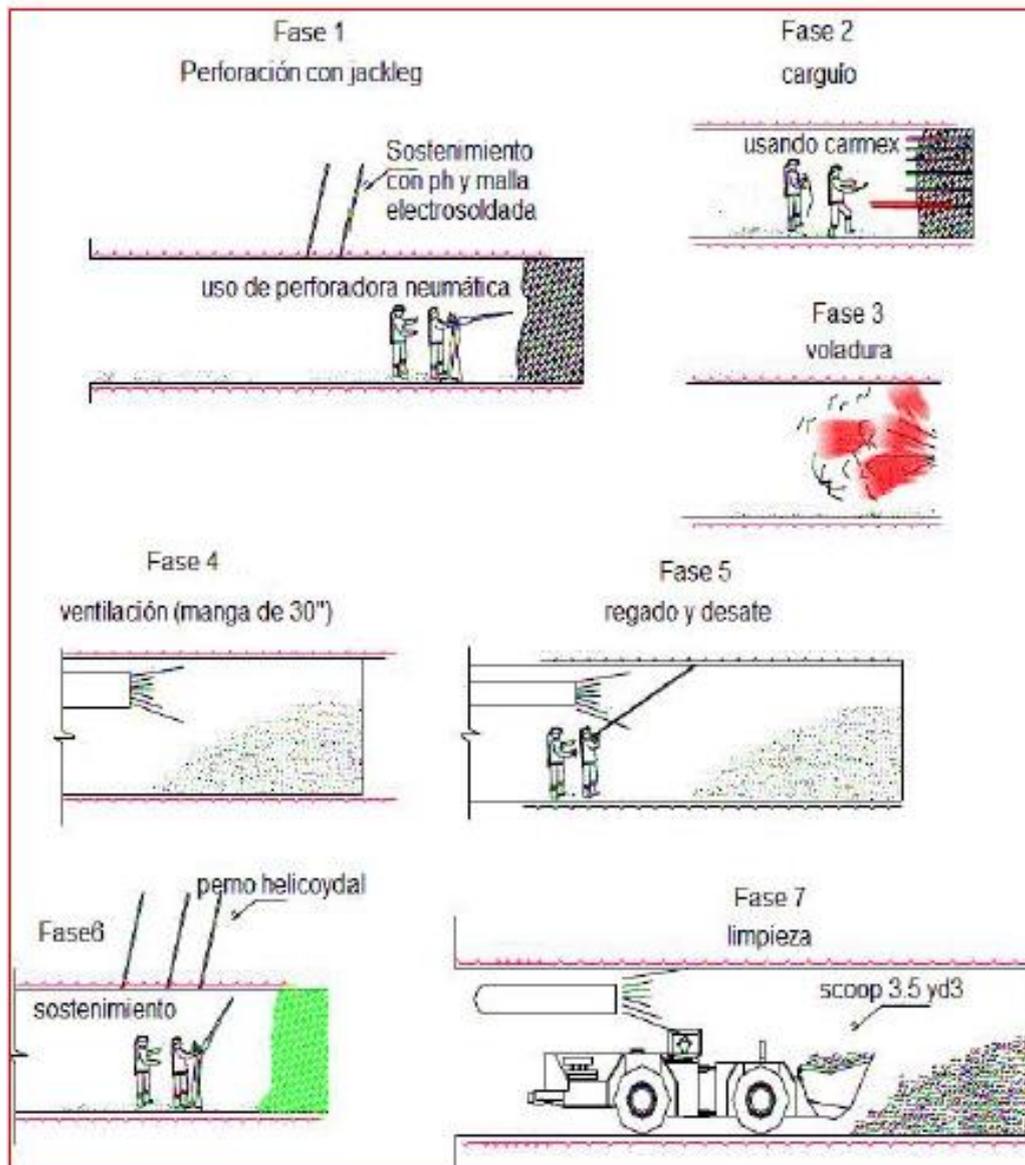


Figura 5. Ciclo de minado con equipo scooptram de 3.5 yd³ y la perforadora Jack Leg Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Chorunga

2.5 Utilización de la barra cónicas en la perforación con el equipo Jack Leg RMP – S83FX

Existen una variedad de barras cónicas para la perforadora Jack leg RMP – S83FX, hoy en día en el mercado se ha diversificado bastante 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.

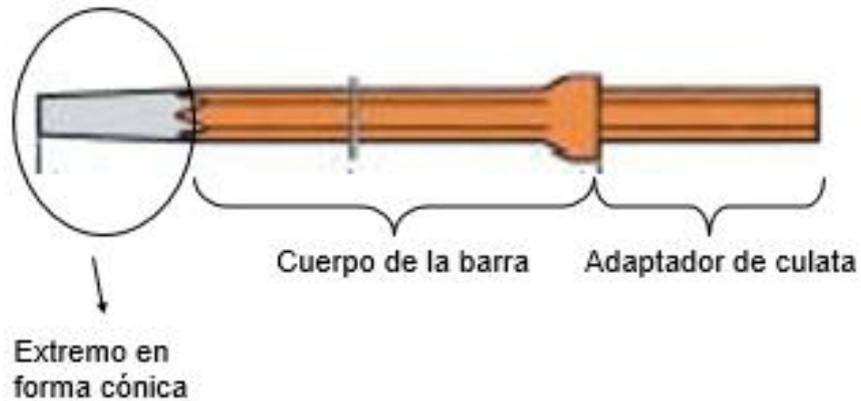


Figura 6. Partes de una barra cónica
Tomado de Epiroc Perú S. A.

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

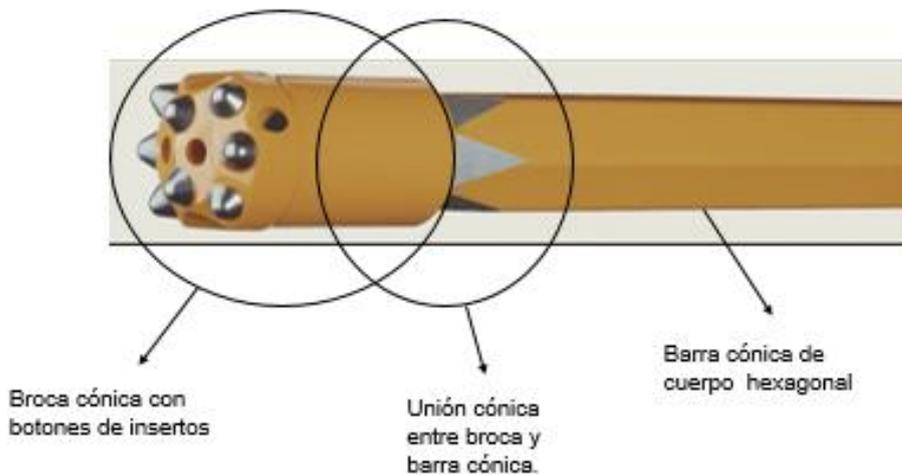
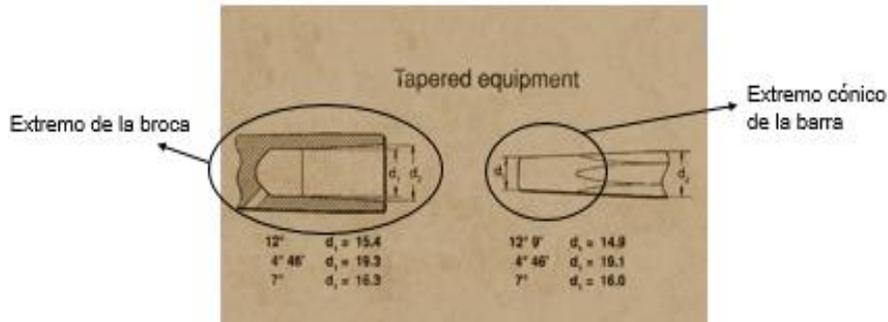


Figura 7. Sistema de adaptación de la barra cónica y la broca
Tomado de Epiroc Perú S. A.

2.5.1. Importancia de la conicidad de la barra de perforación en relación a la broca

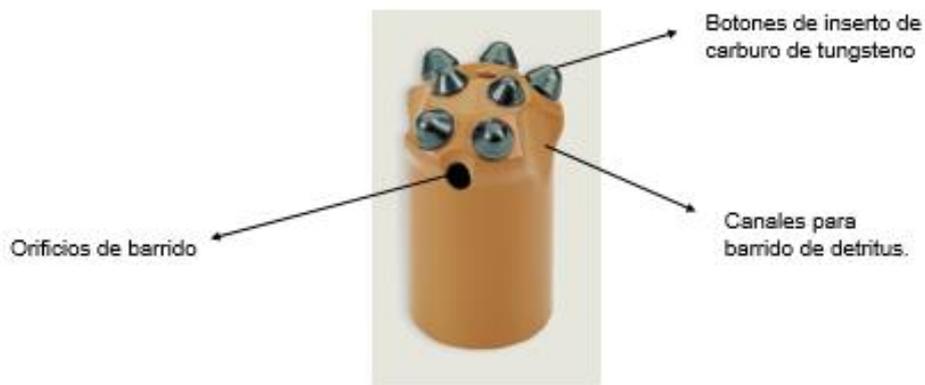
Las barras cónicas requieren ser empatadas con brocas cónicas cuya conicidad sea la misma.



**Figura 8. Importancia de la conicidad de la barra de perforación
Tomado de Epiroc Perú S. A.**

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
Tomado de Epiroc Perú S.A.**

Es el Nivel 724 labor GA 9281 Este, de la Unidad Minera San Juan de Chorunga, en donde 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.

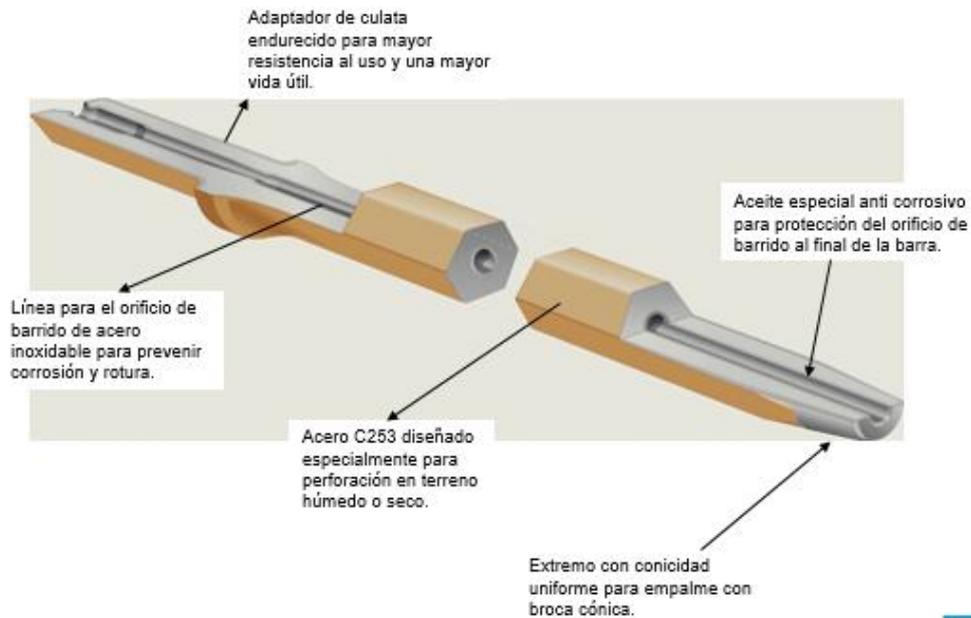


Figura 10. Características generales de la estructura de la barra de perforación Tomado de Epiroc Perú S. A.

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.

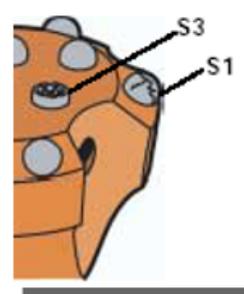


Figura 11. Pérdidas prematuras por la deficiencia del control de la barra cónica
Tomado de Epiroc Perú S. A.

2.7 Perforación y voladura con equipo manual – Jack Leg

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 Jack Leg

Tabla 5. Parámetros de perforación y voladura con equipo manual Jack Leg

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 ³
Peso específico del desmonte	2,5 t/m ³

Tomado de optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras Jack Leg 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

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

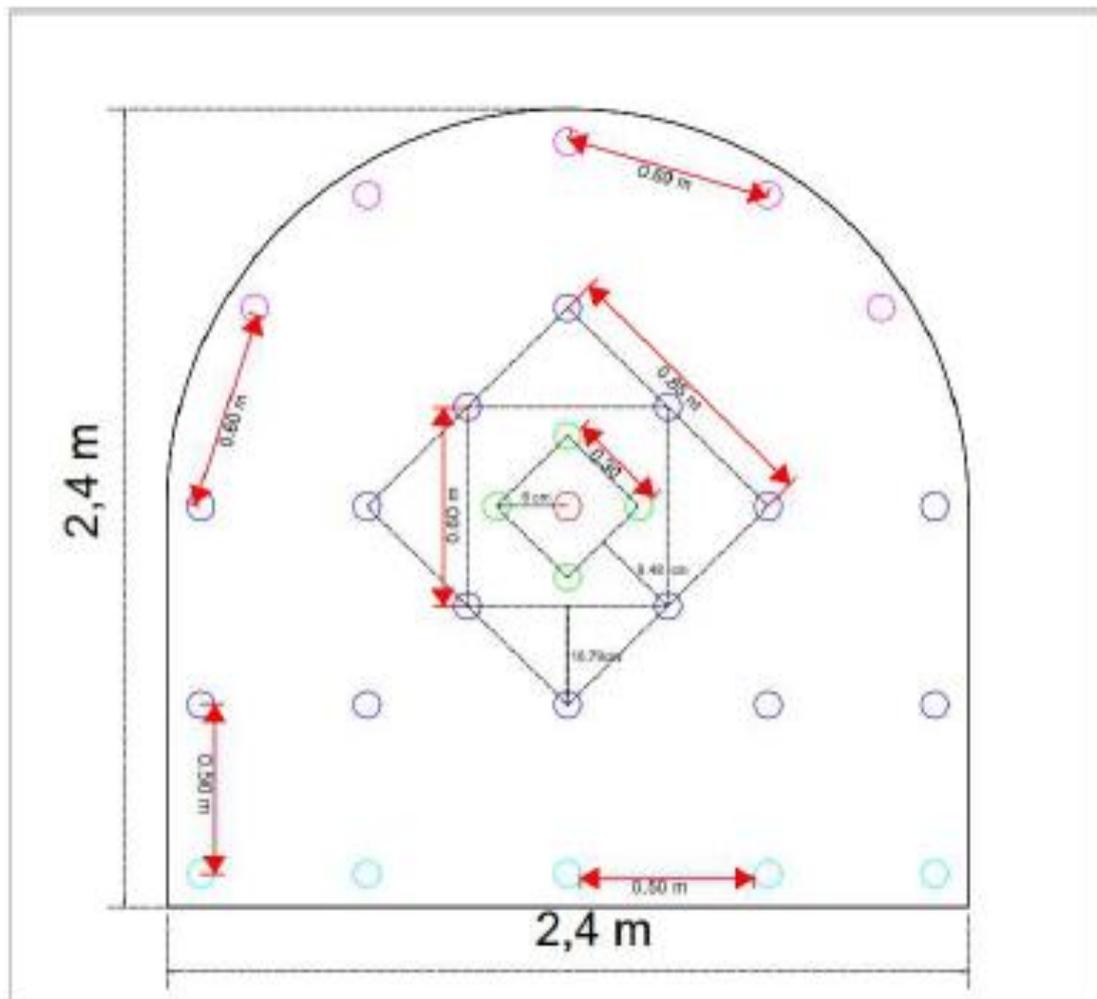


Figura 12. Diseño de malla de perforación con Jack leg y distribución de taladros Tomado de optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras Jack Leg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en mina Consuelo de la empresa especializada New Horus S.A.C - Poderosa

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 *Jack Leg* y un scooptram de 3.5 yd³.

Tabla 6. Criterios esenciales para la evaluación del costo por metro lineal

Labores 2.2 m x 2.4 m						
Perforación con Jackleg - Limpieza con Scooptram 3.5yd3						
(Extracción del desmonte hasta 150 metros)						
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 7. Estructura de costos para una galería de 2.2 m x 2.4 m, con Jack Leg

ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL 2.2 x 2.4 (JACKLEG)

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

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total \$/.	Total
				\$/ Unid	\$/.	\$/MET.
1.1 Mano de Obra						537.78
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	
1.2 Aceros de perforación						53.61
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	
1.3 Herramientas						13.46
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	
1.4 Implementos de Seguridad						16.62
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	
1.5 Equipos en Operación						176.40
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	
(A) Total Costo Directo						797.87
(B) UTILIDAD		8.5%				67.82
(C) Explosivos y Acc. Voladura						167.70
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	
(D) Combustible						31.54
Petroleo Scoop	Gln	4.00	100%	11.68	46.72	
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+D)						897.22

(*) 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. (9)

- **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. (9)

- **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. (9)

- **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, etc.). (9)

- **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. (9)

- **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`.

- **Estadísticas de vida útil**

Si realizamos una rotación de brocas de manera adecuada y de acuerdo al tipo de dureza de la roca, el rendimiento de los aceros serán los más óptimos y además, reduciremos los tiempos de perforación y se reducirán el costo de mantenimiento del equipo es el sistema de perforación. (9)

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

a) Método general

Método deductivo: para deducir la mejora de los factores de perforación manual con barras cónicas, para reducir los errores de desviación de taladros en la Unidad Minera San Juan de Chorunga, lo cual es óptimo para la unidad minera y se analizara mediante datos de campo in situ y equipos a utilizar.

Método analítico: para determinar los costos óptimos en la operación unitaria de perforación, tras el control de mejoras.

b) Método específico

A partir de la información general de Geología, Geomecánica y el área de Operaciones, de acuerdo a la programación de Planeamiento, para elaborar las estadísticas de perforación, controlando las pérdidas operacionales de las piezas de perforación y la variación del costo unitario según el tipo de roca a perforar.

3.1.2 Alcances de la investigación

a) Tipo de investigación

Es aplicativa, porque el objetivo de la investigación es determinar la influencia de la evaluación de las variables técnicas operacionales del equipo manual para la disminución de la desviación y así obtener el aumento de la vida útil de las

piezas de la perforadora *Jack Leg*, en la unidad minera San Juan de Chorunga.

b) Nivel de investigación

Es explicativo, para determinar la influencia de la evaluación de las variables técnicas operacionales del equipo manual de perforación *Jack Leg*, para la disminución de la desviación de los taladros de perforación en la unidad minera San Juan de Chorunga, para lograr el incremento de la producción y disminuir el costo de la perforación que beneficiara a la voladura respectivamente

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Todos los frentes de trabajo de la unidad minera San Juan de Chorunga.

3.3.2 Muestra

El Nivel 724, labor GA 9281 Este, de la unidad minera San Juan de Chorunga.

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 en campo *in situ*, mediante la técnica observacional y procesamiento de datos actuales de la perforación, representado por el Nivel 724 labor GA 9281 Este, de la unidad minera San Juan de Chorunga.

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, vernier, flexómetro, y herramientas de gestión de la unidad minera San Juan de Chorunga.

Recopilación: la 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 de la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga

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

- **Percusión:** cuando el pistón impacta a la barra que vendría hacer el golpe se controla el emboquillado del equipo para la perforación. En la unidad minera San Juan de Chorunga se realizó las correcciones respectivas del emboquillado con capacitaciones al maestro perforista como ayudante para la corrección respectiva.

- **Rotación:** cuando gira la barra por impacto de la percusión se controla las revoluciones por minuto (rpm), al iniciar la perforación no se debe perforar con un RPM mayor debe ser gradual según el macizo rocoso, en el caso de la unidad minera San Juan de Chorunga contamos con roca dura. La rotación a inicio del emboquillado debe ser menor, una vez se haya perforado 30 centímetros, se debe aumentar los RPM.

- **Empuje de avance:** cuando la pata de empuje ejerce fuerza para que el perforista empuje la perforadora debe controlar el posicionamiento del equipo que es indispensable para la longitud a perforar.

En la unidad minera San Juan de Chorunga se hizo correcciones. Antes de las capacitaciones, los maestros perforistas cambiaban hasta dos veces para perforar el mismo taladro, para alguno de ellos. Después de las capacitaciones de posicionamiento del equipo manual de perforación se perfora con una sola posición hasta terminar de realizar el taladro, ahorrando tiempo como paralelismo.

- **Barrido:** sirve para sacar los detritus del taladro, así hay eficiencia en la perforación. El control realizado en la unidad minera San Juan de Chorunga determinó que la perforación lo realizaban sin el cuidado respectivo del equipo manual, sin tener en cuenta los bares de presión de agua y aire. Esto generaba retrasos y en algunas ocasiones el plantado de barra con la broca cónica respectivamente. Con las capacitaciones se logró controlar y mejorar, hoy en día consideran que el agua debe ser un bar menos que del aire porque si no le entra agua a la perforadora manual *Jack Leg* y se malogra el equipo.

Las malas prácticas de perforación como toda actividad en el rubro de minería generan pérdidas, en este caso son las herramientas de perforación que se reflejan en el costo por metro lineal de avance. En el Nivel 724 labor GA 9281 Este, de la unidad minera San Juan de Chorunga, con los controles realizados se obtuvo buenos resultados. En la siguiente tabla se muestra los criterios de control de las herramientas de perforación:

Tabla 8. Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas

N°	Tipo de descarte
1	Desgaste diametral
2	Insertos rotos
3	Insertos diametrales expulsados
4	Insertos centrales expulsados
5	Insertos se salen de la matriz
6	Pérdida total de insertos
7	Fractura transversal
8	Fractura longitudinal
9	Rajadura de brocas
10	Obstrucción de orificios de barrido
12	Pérdida en frente de trabajo
13	Desgaste de matriz

Se menciona descarte en las herramientas de perforación que ya no se puede utilizar por el tipo de descarte mencionado en la tabla este control nos ayuda a enfatizar y centrarnos en el tipo de descarte que genera mayor incidencia y corregir la cual la genera para disminuir las pérdidas prematuras, que a lo largo del proyecto va generando pérdidas económicas.

Tabla 9. Descarte de herramientas de perforación - barras cónicas

N°	Tipo de descarte
1	Desgaste de hexagonales
2	Torcedura de barras
5	Daño en la cara de impacto
6	Fractura en la parte del cono
7	Fractura en la parte de culatín
8	Plantado en frente de trabajo
9	Fractura en zona intermedia
10	Rajadura de barras

Al igual que las brocas cónicas, las barras también tienden a generar pérdidas prematuras por las malas prácticas esto tiende a centrarse en mayor cantidad en el listado de la tabla y es allí donde se debe corregir y generar la mejora respectiva.

4.2 Evaluación de la perforación con barras cónicas para la disminución de pérdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg, unidad minera San Juan de Chorunga

Los errores de desviación se generan por las cuatro funciones primordiales de la perforación con un equipo manual Jack Leg ya mencionadas anteriormente, con sus respectivos controles. La desviación de la perforación de taladros genera pérdidas de las herramientas de perforación tanto en la barra como en la broca cónica. Por otro lado, genera pérdidas en la voladura, ya que al tener que realizar voladuras secundarias, llevan a que se incremente el costo de avance generando pérdidas económicas.

Se realizó el análisis comparativo en promedio mensual del año 2019 y el año 2020 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.

4.2.1 Evaluación de las herramientas de perforación barra y broca cónica en el año 2019

En la siguiente tabla se muestra el descarte de herramientas de perforación - brocas cónicas para el año 2019.

Tabla 10. Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas en el año 2019

N°	Tipo de descarte	Cantidad	%
1	Desgaste diametral	275	54.46 %
2	Insertos rotos	23	4.55 %
3	Insertos diametrales expulsados	27	5.35 %
4	Insertos centrales expulsados	10	1.98 %
5	Insertos se salen de la matriz	10	1.98 %
6	Pérdida total de insertos	10	1.98 %
7	Fractura transversal	45	8.91 %
8	Fractura longitudinal	35	6.93 %
9	Rajadura de brocas	13	2.57 %
10	Obstrucción de orificios de barrido	10	1.98 %
12	Pérdida en frente de trabajo	10	1.98 %
13	Desgaste de matriz	37	7.33 %
	385	505	100.00 %

De la tabla se muestra que existe bastante desgaste diametral de la broca, esto nos indica que existe error de perforación en el emboquillado, lo cual genera desviación del taladro, por lo cual la broca tiende a desgastarse en la parte del faldón. Está representado por el tipo de pérdida prematura más resaltante, en promedio mensual se tiene 275 unidades y en porcentaje representa un 54.46% del total.

En la siguiente tabla se muestra en descarte de herramientas de perforación - barras cónicas en promedio mensual del año 2019

Tabla 11. Descarte de herramientas de perforación - barras cónicas en el año 2019

N°	Tipo de descarte	Cantidad	%
1	Desgaste de hexagonales	78	46.15 %
2	Torcedura de barras	2	1.18 %
5	Daño en la cara de impacto	3	1.78 %
6	Fractura en la parte del cono	10	5.92 %
7	Fractura en la parte de culatín	36	21.30 %
8	Plantado en frente de trabajo	10	5.92 %
9	Fractura en zona intermedia	18	10.65 %
10	Rajadura de barras	12	7.10 %
	149	169	100.00 %

De la tabla, se muestra que existe el desgaste hexagonal de la barra, esto nos indica que existe error de perforación en el emboquillado y el empuje de avance, lo cual genera desviación del taladro; por consiguiente, la barra tiende a desgastarse a lo largo de toda su extensión. Está representado por el tipo de pérdida prematura más resaltante, en promedio mensual se tiene 78 unidades y en porcentaje representa un 46.15 % del total.

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

Tabla 12. Rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2019

Accesorios	Cantidad (unid)	Rendimiento campo (m p)	Rendimiento contrato (m p)	Cumplimiento (%)
Brocas cónicas	505	295	300	98.24%
Barras cónicas	169	881	1000	88.07%

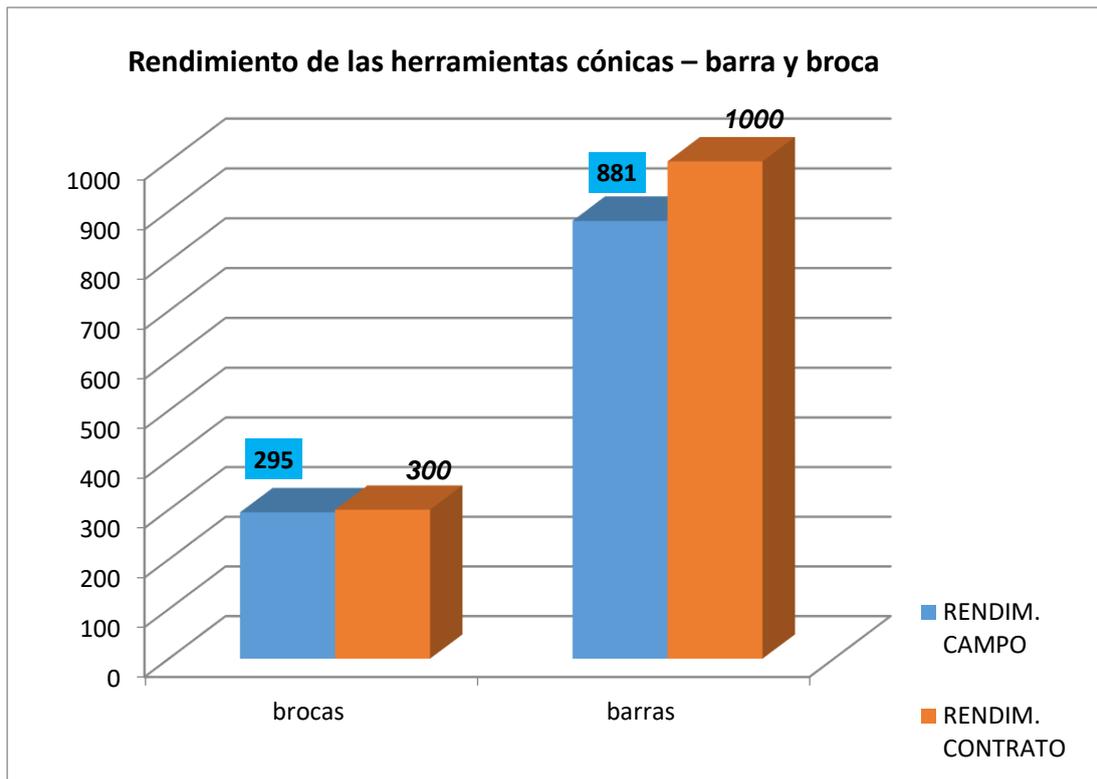


Figura 13. Comparación del rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2019

Interpretación

De la comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca, se tiene los siguientes resultados:

- En las brocas cónicas en promedio mensual para el año 2019 se tiene una pérdida de 5 metros perforados por debajo de la vida útil, esto se refleja a las malas prácticas.
- En las barras cónicas en promedio mensual para el año 2019 se tiene una pérdida de 119 metros perforados por debajo de la vida útil, esto se refleja por los errores de desviación mostradas anterior mente.

4.2.2 Evaluación de las herramientas de perforación barra y broca cónica, en el año 2020

Tabla 13. Descarte herramientas de perforación - brocas cónicas en el año 2020

N°	Tipo de descarte	Cantidad	%
1	Desgaste diametral	200	62.50 %
2	Insertos rotos	13	4.06 %
3	Insertos diametrales expulsados	7	2.19 %
4	Insertos centrales expulsados	0	0.00 %
5	Insertos se salen de la matriz	0	0.00 %
6	Pérdida total de insertos	0	0.00 %
7	Fractura transversal	45	14.06 %
8	Fractura longitudinal	5	1.56 %
9	Rajadura de brocas	3	0.94 %
10	Obstrucción de orificios de barrido	0	0.00 %
12	Pérdida en frente de trabajo	0	0.00 %
13	Desgaste de matriz	47	14.69 %
	385	320	100.00 %

De la tabla, se muestra que existe el desgaste diametral de la broca. Esto nos indica que existe error de perforación en el emboquillado, lo cual genera desviación del taladro, por lo cual la broca tiende a desgastarse en la parte del faldón. Está representado por el tipo de pérdida prematura más resaltante, en promedio mensual se tiene 200 unidades y en porcentaje representa un 62.50 % del total.

Para el año 2020 se tiene:

- Desgaste diametral se redujo en 75 unidades.
- Insertos rotos, se redujo en 10 unidades.
- Insertos diametrales expulsados, se redujo en 20 unidades.
- Insertos centrales expulsados, se redujo en 10 unidades.
- Insertos que salen de la matriz, se redujo en 10 unidades.
- Pérdida total de insertos, se redujo en 10 unidades.
- Fractura transversal, se mantiene.
- Fractura longitudinal, se redujo en 30 unidades.
- Rajadura de brocas, se redujo en 10 unidades.

- Obstrucción de orificios de barrido, se redujo en 10 unidades.
- Pérdida en frente de trabajo, se redujo 10 unidades.

En la siguiente tabla se muestra en descarte de herramientas de perforación - barras cónicas en promedio mensual del año 2020

Tabla 14. Descarte de herramientas de perforación - barras cónicas, en el año 2020

N°	Tipo de descarte	Cantidad	%
1	Desgaste de hexagonales	65	50.39 %
2	Torcedura de barras	1	0.78 %
5	Daño en la cara de impacto	2	1.55 %
6	Fractura en la parte del cono	0	0.00 %
7	Fractura en la parte de culatín	34	26.36 %
8	Plantado en frente de trabajo	0	0.00 %
9	Fractura en zona intermedia	16	12.40 %
10	Rajadura de barras	11	8.53 %
		129	100.00 %

De la tabla se muestra que existe el desgaste hexagonal de la barra. Esto nos indica que existe error de perforación en el emboquillado y el empuje de avance, lo cual genera desviación del taladro por lo cual la barra tiende a desgastarse a lo largo de toda su extensión. En promedio mensual se tiene 65 unidades y en porcentaje representa un 50.39 % del total.

Para el año 2020 se tiene:

- Desgaste de hexagonales, se redujo en 13 unidades.
- Torcedura de barras, se redujo en 1 unidad.
- Daño en la cara de impacto, se redujo en 1 unidad.
- Fractura en la parte del cono, se redujo en 10 unidades.
- Fractura en la parte de culatín, se redujo en 2 unidades.
- Plantado en frente de trabajo, se redujo en 10 unidades.
- Fractura en zona intermedia, se redujo en 1 unidad.
- Rajadura de barras, se redujo en 1 unidad.

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

Tabla 15. Rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2020

Accesorios	Cantidad (unid.)	Rendimiento campo (m p)	Rendimiento contrato (m p)	Cumplimiento (%)
brocas	320	465.12	300	155.04%
barras	129	1153.79	1000	115.38%

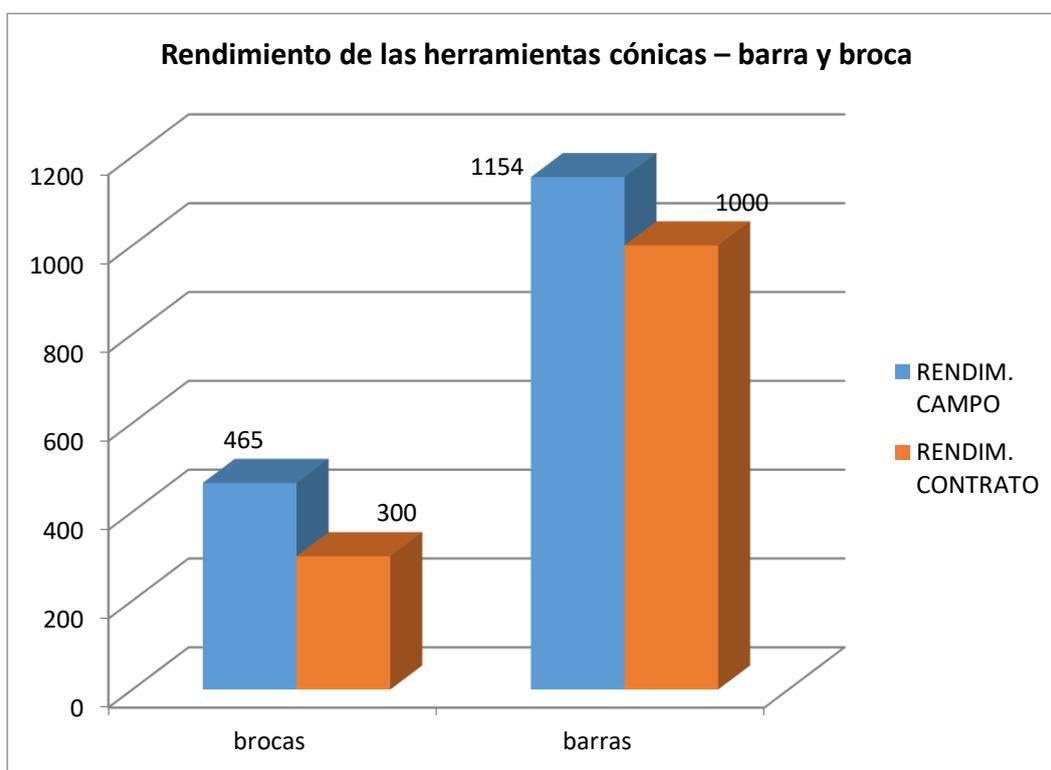


Figura 14. Comparación del rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2020

Interpretación

De la comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca, se tiene los siguientes resultados:

- En las brocas cónicas en promedio mensual para el año 2020, se tiene un incremento de 154 metros perforados por encima de la vida útil, esto se refleja a los controles de las buenas prácticas.

- En las barras cónicas en promedio mensual para el año 2020, se tiene un incremento de 165 metros perforados por encima de la vida útil, esto se refleja por los a los controles de las buenas prácticas.

4.3 Análisis de la minimización de los errores de desviación de taladros para la reducción del costo unitario de perforación, unidad minera San Juan de Chorunga

4.3.1 Análisis comparativo en promedio mensual de las herramientas de perforación de los años 2019 y 2020 respectivamente

Para el análisis del Nivel 724 labor GA 9281 Este, de la unidad minera San Juan de Chorunga, según se va profundizando, se obtuvo para el año 2019 los siguientes resultados:

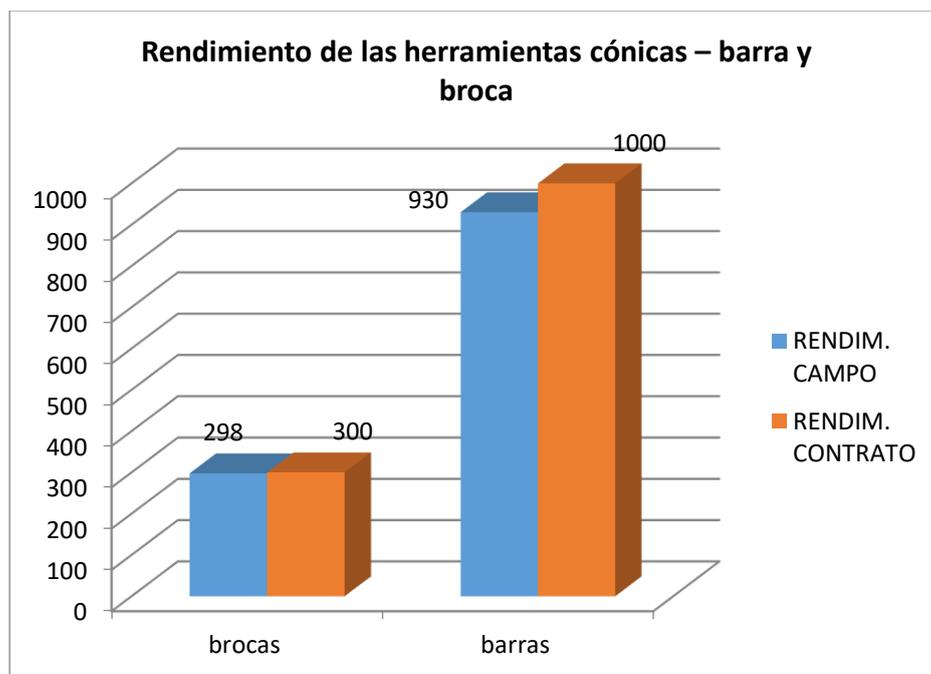


Figura 15. Rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2019 del Nivel 724, labor GA 9281

Interpretación

De la comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca, se tienen los siguientes resultados:

En las brocas cónicas en promedio mensual para el año 2019, se tiene una pérdida de 2 metros perforados por debajo de la vida útil, esto se refleja a las malas prácticas.

En las barras cónicas en promedio mensual para el año 2019, se tiene una pérdida de 70 metros perforados por debajo de la vida útil, esto se refleja por los errores de desviación mostradas anterior mente.

Para el análisis de campo in situ se tomó como referencia los metros perforados de cada herramienta de perforación, se tiene:

- El rendimiento de cada barra cónica en promedio mensual para el año 2019 es de 930 metros.
- El rendimiento de cada broca cónica en promedio mensual para el año 2019 es de 298 metros.

En estos datos son primordiales para calcular el precio unitario (s/ / unidad) respectivamente.

En la siguiente figura se muestra Rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2020 del Nivel 724 labor GA 9281. del Nivel 724, labor GA 9281 Este, de la unidad minera San Juan de Chorunga.

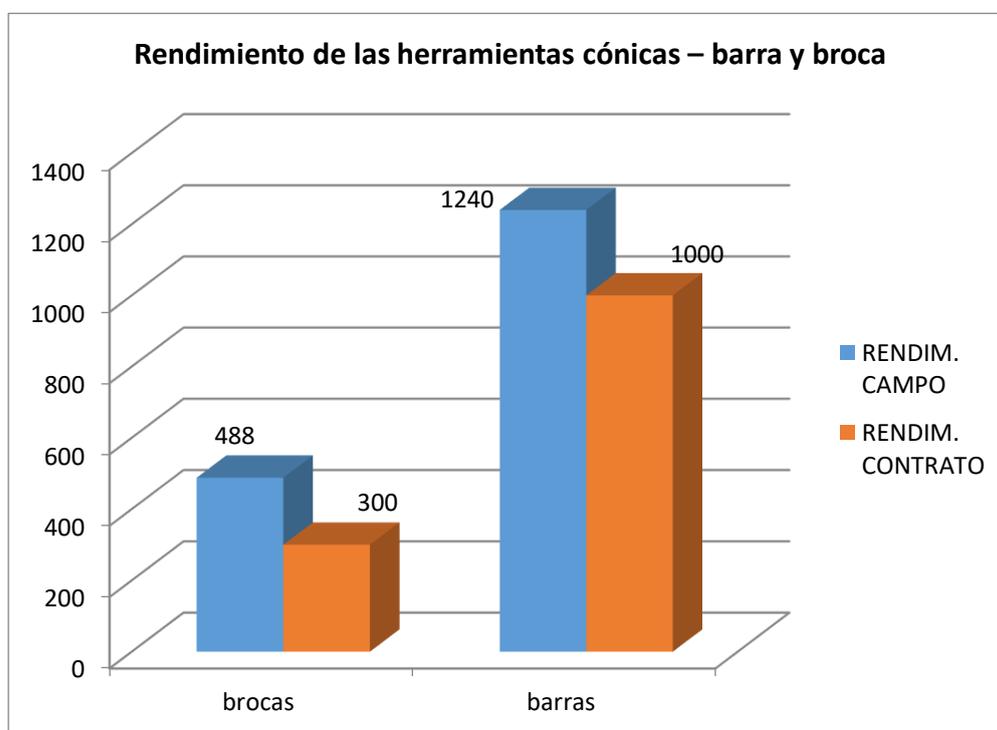


Figura 16. Rendimiento de las herramientas cónicas – barra y broca en el año 2020 del Nivel 724, labor GA 9281

Interpretación

De la comparación del rendimiento de las herramientas de cónicas de perforación barra y broca, se tiene los siguientes resultados:

- En las brocas cónicas en promedio mensual para el año 2020 se tiene un incremento de 188 metros perforados por encima de la vida útil, esto se refleja en los controles de las buenas prácticas.
- En las barras cónicas en promedio mensual para el año 2020 se tiene un incremento de 240 metros perforados por encima de la vida útil, esto se refleja en los controles de las buenas prácticas.

Para el análisis de campo *in situ* se tomó como referencia los metros perforados de cada herramienta de perforación:

- Rendimiento de cada barra cónica en promedio mensual para el año 2020 es de 1240 metros.
- Rendimiento de cada broca cónica en promedio mensual para el año 2020 es de 488 metros.

4.3.2 Reducción del costo unitario de perforación en la unidad minera San Juan de Chorunga

En la siguiente figura se muestra el diseño de malla de perforación y voladura con el equipo manual *Jack Leg* utilizada para el Nivel 724 labor GA 9281 Este, de la unidad minera San Juan de Chorunga, con sus respectivos parámetros de perforación y voladura.

Tabla 16. Datos técnicos de perforación y voladura, incluye la limpieza con scooptram 3.5 yd³, para el Nivel 724 labor GA 9281, en el año 2019

Labores 2.4 m x 2.4 m Perforación con Jackleg - Limpieza con Scooptram 3.5yd³ (Extracción del desmonte hasta 150 metros)					
Datos Técnicos:					
Tipo de roca:	Dura				
Ancho Labor:	2.4	m	Efic.Perf.	85%	
Alto Labor:	2.4	m	Efic.Disp.	85%	
Long. Barra (pie)	6.0	pies	Long. Carga	1.04	m
NºTal. Frente	29	tal	Avanc.Efect.	1.32	m
NºTal. Cargados	28	tal	m ³ / Disp.	7.61	m ³
Factor de carga:	22.0	Kg/m	Longitud de avance de perforación	1.55	mts
kg explosivo	22.8	Kg	kilogramos/ taladro	0.81	
Porcentaje de la utilidad de por metro de avance es el 8.5% del costo					8.5%

Estos datos técnicos, se utilizan para desarrollar la estructura de costos de perforación y voladura para el Nivel 724 labor GA 9281, para el año 2019. La utilidad obtenida por metro de avance es el 8.5 % del costo total indirecto, según acuerdo con la Unidad Minera San Juan de Chorunga para el año 2019.

En la siguiente tabla se muestra la estructura de costos de perforación y voladura para el Nivel 724, labor GA 9281, para el año 2019 en la Unidad Minera San Juan de Chorunga.

Tabla 17. Estructura de costos de perforación y voladura para el Nivel 724, labor GA 9281, en el año 2019

ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL, 2.4 x 2.4 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	29.0			Longitud efectiva Perforación mts		1.55
Taladros cargados	28.0			Eficiencia perforación		85%
Factor de carga (Kg/taladro) :	0.8			Rendimiento (m/disparo):		1.32
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/. / Unid	S/.	S/. /MET.
1 Mano de Obra						637.92
Capataz	tarea	1	1.59	191.06	60.73	
Bodeguero	tarea	1	1.59	135.26	43.00	
Mecánico	tarea	1	3.18	212.94	270.74	
electricista Mina	tarea	1	1.59	169.18	53.78	
Operador Scoop	tarea	1	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1	80%	144.02	149.78	
Ayudante	tarea	1	80%	135.26	140.67	
1 Aceros de perforación						63.05
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación conicas	pp	147.90	100%	0.28	41.10	
Brocas de perforación conica 45 mm	pp	147.90	100%	0.25	36.73	
1 Herramientas						15.09
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	
1 Implementos de Seguridad						18.63
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	
2 Equipos en Operación						195.24
Perforadora	pp	147.90	100%	0.38	56.73	
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	
A) Total Costo Directo						929.92
B) UTILIDAD		8.5%				79.04
C) Explosivos y Acc. Voladura						181.68
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	kg	22.80	100%	6.24	142.17	
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	
D) Combustible						35.36
Petroleo Scoop	Gln	4.00	100%	11.68	46.72	
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+C+D)						1226.01

Interpretación

El costo total por la unidad valorizada, por metro de avance lineal, es de S/ 1226.01 nuevos soles.

El costo de las herramientas de perforación, barra y brocas cónicas, por metro lineal es de S/ 63.05 nuevos soles.

Refleja las pérdidas operativas de las herramientas de perforación del equipo manual Jack leg como se detalla a continuación:

- El rendimiento de cada barra cónica en promedio mensual para el año 2019 es de 930 metros, cuando la vida útil es de 1000 metros perforados.
- El rendimiento de cada broca cónica en promedio mensual para el año 2019 es de 298 metros, cuando la vida útil es de 300 metros perforados.

Esto hace que se eleve el costo de perforación, y afecte la utilidad. En el costo total indirecto tiende a generar pérdidas económicas.

b) Análisis comparativo del costo por metro lineal de la perforación y voladura para el Nivel 724 labor GA 9281 Este, de la unidad minera San Juan de Chorunga, en el año 2020

Tras todos los controles, se minimizaron los errores de desviación de los taladros de perforación manual con el equipo *Jack Leg*, los cuales se refleja en la mejora de la valorización del costo de avance lineal.

En la siguiente tabla se muestra los datos técnicos de perforación y voladura, incluye la limpieza con scooptram 3.5 yd³, para el Nivel 724 labor, GA 9281, del año 2020.

Tabla 18. Datos técnicos de perforación y voladura, incluye la limpieza con Scooptram 3.5 yd³, para el Nivel 724 labor GA 9281, en el año 2020

Labores 2.4 m x 2.4 m					
Perforación con Jackleg - Limpieza con Scooptram 3.5yd³					
(Extracción del desmonte hasta 150 metros)					
Datos Técnicos:					
Tipo de roca:	Dura				
Ancho Labor:	2.4	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	tal	m ³ / Disp.	8.53	m ³
Factor de carga:	22.0	Kg/m	Longitud de avance de perforación	1.65	mts
kg explosivo	24.1	Kg	kilogramos/ taladro	0.86	
Porcentaje de la utilidad de por metro de avance es el 10% del costo directo					10.0%

Con estos datos técnicos se utilizan para desarrollar la estructura de costos de perforación y voladura para el Nivel 724 labor GA 9281 en el año 2020.

La utilidad obtenida por metro de avance es el 10 % del costo total indirecto. Según acuerdo con la unidad minera San Juan de Chorunga para el año 2020 se incrementó en un 1.5 % más respecto al año 2019.

En la siguiente tabla se muestra la estructura de costos de perforación y voladura para el Nivel 724 labor GA 9281, en el año 2020 en la unidad minera San Juan de Chorunga.

Tabla 19. Estructura de costos de perforación y voladura para el Nivel 724, labor GA 9281, en el año 2020

ESTRUCTURA DE COSTOS: GAL, 2.4 x 2.4 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	29.0	Longitud efectiva Perforación mts	1.65			
Taladros cargados	28.0	Eficiencia perforación	90%			
Factor de carga (Kg/taladro) :	0.9	Rendimiento (m/disparo):	1.48			

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total \$/.	Total
				\$/ Unid	\$/.	\$/ .MET.
1 Mano de Obra						602.90
Capataz	tarea	1	1.42	191.06	54.17	
Bodeguero	tarea	1	1.42	135.26	38.35	
Mecánico	tarea	1	2.84	212.94	241.50	
electricista Mina	tarea	1	1.42	169.18	47.97	
Operador Scoop	tarea	1	50%	191.06	124.19	
Maestro Perforista	tarea	1	80%	144.02	149.78	
Ayudante	tarea	1	80%	135.26	140.67	
1 Aceros de perforación						46.82
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación conicas	pp	156.60	100%	0.21	32.64	
Brocas de perforación conica 45 mm	pp	156.60	100%	0.15	23.75	
1 Herramientas						15.09
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	
#¡REF!	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	
1 Implementos de Seguridad						18.63
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	
2 Equipos en Operación						197.76
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	
(A) Total Costo Directo						881.21
(B) UTILIDAD		10.0%				88.12
(C) Explosivos y Acc. Voladura						188.01
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	
(D) Combustible						39.78
Petroleo Scoop	Gln	4.50	100%	11.68	52.56	
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+C+D)						1197.12

Interpretación

El costo total por la unidad valorizada, por metro de avance lineal, es de S/1197.12 nuevos soles. El costo de las herramientas de perforación, barra y broca cónica, por metro lineal es de S/46.82 nuevos soles.

- El rendimiento de cada barra cónica en promedio mensual para el año 2020 es de 1240 metros, por encima de la vida útil que es de 1000 metros perforados.
- El rendimiento de cada broca cónica en promedio mensual para el año 2020 es de 488 metros, por encima de la vida útil que es de 300 metros perforados. Esto hace que el costo de perforación se minimice y por ende la utilidad se incrementa respecto al costo total indirecto.

c) Mejora de la perforación con barrenos cónicos de la perforación y voladura para el Nivel 724, labor GA 9281 Este de la unidad minera San Juan de Chorunga en el año 2020

En resumen, se tiene la mejora de la perforación y voladura con broca y barra cónica, en la siguiente tabla se muestra la optimización de la perforación y voladura con broca y barra cónica.

Tabla 20. Optimización de la perforación y voladura con broca y barra cónica

Mejora de la perforación con barra y broca cónica	
Reducción de costo total de valorizada (S/. / metro lineal)	28.89
incremento de la utilidad (S/. / metro lineal)	9.08

Interpretación

La reducción del costo total de la valorización por metro lineal de avance es de S/ 28.89 nuevos soles en el año 2020.

El incremento de la utilidad que se obtuvo en el año 2020 es del 1.5 % más que en el año 2019, tras la reducción del costo total, dicha utilidad en incremento a S/ 9.08 nuevos soles más por metro lineal en comparación con el año 2019.

CONCLUSIONES

1. Las cuatro funciones para realizar la perforación con el equipo manual *Jack Leg* son percusión, rotación, empuje de avance y el barrido.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
 - Rendimiento de la barra cónica: 324 metros perforados por encima de la vida útil y por encima del rendimiento del año 2019.
5. La reducción del costo total de la valorización por metro lineal de avance es de S/28.89 nuevos soles en el año 2020.
6. El incremento de la utilidad que se obtuvo para el año 2020 es del 1.5 % más que en el año 2019, tras la reducción del costo total, dicha utilidad se incrementó en S/9.08 nuevos soles más por metro lineal, en comparación con el año 2019.

RECOMENDACIONES

1. En el empuje de avance, el posicionamiento de la perforadora manual es primordial para realizar la perforación en menor tiempo.
2. Se debe inspeccionar y capacitar al maestro y ayudante de perforación, si observamos de como realiza la perforación, si cambiaban de posición hasta dos veces para perforar el mismo taladro, es allí donde se le debe realizar una capacitación en campo in situ para mejorar dichos errores a la hora de realizar la perforación.
3. Se debe 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 *Jack Leg*, como la percusión, rotación, empuje de avance y el barrido, esto nos lleva un análisis más completo ya involucrando factores operativos del equipo, herramientas de perforación y el personal a cargo en realizar la perforación maestro y ayudante perforista.
4. Toda mejora tiene que estar sustentada con costos en la valorización por avance lineal, para esta investigación se pasó a reducir los errores de perforación que generaban desviación de taladros, también por consecuencia la voladura fue mejor, teniendo buenos controles en los hastiales como en la corona de la labor, al tener una buena fragmentación, la limpieza de la labor se realizó de manera rápida y eficazmente mejorando el ciclo de avance de la GA 9281 Este, de la unidad minera San Juan de Chorunga respecto al año 2020..

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAUZO, Luis, 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 (Titulo de Ingeniero de Minas). Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
2. 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 (Titulo de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, 2019, 146 pp.
3. CALDERON , Marco. Optimización de las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción de la minería de mediana escala (unidad minera MACDESA). Tesis (Titulo de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2015, 135 pp.
4. JAUREGUI, Oscar. Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura. Tesis (Titulo de Ingeniero de Minas). Lima : Pontificia Universidad Catolica del Peru, 2009, 106 pp.
5. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y PLANEAMIENTO . *Informe de estudio de las reservas y recursos minerales*. Arequipa - Peru : Compañía Minera Century Mining Peru S.A.C, 2020.
6. TUMIALAN , Pedro y BALLÓN, Abel. Informe de estudio de la secuencia paragenética. Arequipa : Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Arequipa., 1982.
7. CONDORI, Washington y VIVANCO , Hans. Profundización de la mina San Juan, mediante el inclinado 8707, para incremento de reservas de la empresa

minera Century Mining Perú S.A.C - 2018. Tesis (Titulo de Ingeniero de Minas). Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, 2019, 112 pp.

8. FERNANDEZ, Javier. Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras Jack Leg 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 (Titulo de Ingeniero de Minas).Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 123 pp.

9. EPIROC PERU S.A. Herramientas de perforacion manual . Lima : Rock Drilling Tools, 2015. [En línea] Innovación y tecnología [Fecha de consulta: 14 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.epiroc.com/es-pe>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Mejora de la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, unidad minera San Juan de Chorunga

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cómo será la mejora de la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, Unidad Minera San Juan de Chorunga?	Mejorar la perforación con barras cónicas mediante la minimización de errores de desviación de taladros, Unidad Minera San Juan de Chorunga.	La mejora de la perforación con barras cónicas influye positivamente en la minimización de errores de desviación de taladros, Unidad Minera San Juan de Chorunga.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿Cómo será la mejora de la perforación con barras cónicas para la disminución de perdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg, Unidad Minera San Juan de Chorunga?	Mejorar la perforación con barras cónicas para la disminución de perdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg, Unidad Minera San Juan de Chorunga.	La mejora de la perforación con barras cónicas influye positivamente en la disminución de perdidas prematuras de las piezas de la perforadora Jack Leg, Unidad Minera San Juan de Chorunga.
¿Cómo influye la minimización de los errores de desviación de taladros en la reducción del costo unitario de perforación, Unidad Minera San Juan de Chorunga?	Minimizar los errores de desviación de taladros para la reducción del costo unitario de perforación, Unidad Minera San Juan de Chorunga.	La minimización de los errores de desviación de taladros influye positivamente en la reducción del costo unitario de perforación, Unidad Minera San Juan de Chorunga.

Anexo 2

Clasificación geomecánica geological Strength Index (G.S.I.)

LABORES MINERAS DE DESARROLLO Y EXPLOTACION (2.50 a 4.50 m. de Luz)		RESISTENCIA Y/O CONDICION SUPERFICIAL									
		MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) (M B)	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)					
A	Sin soporte o perno ocasional (control de bloques inestables)	Superficie de las discontinuidades muy rugosas e inalteradas, cerradas. (RC > 250 MPA) (se astilla con golpes de picota)									
B	Perno sistematico. (1.8 x 1.8 m.) (cinta metalica o malla ocasional)										
C	Perno sistematico. (1.5 x 1.5 m.) (cinta metalica o malla obligatoria)										
D	Perno sistematico. (1.20 x 1.20 m.) Shotcrete con fibra (0.05 m.) Cuadros de madera.										
D1	Pernos sistematicos (1.0 x 1.0 m.) Shotcrete con fibra (0.10 m.) Cuadros de madera.										
E	Cimbras metalicas o Cuadros de madera.	Superficie pulida o con estricciones, muy alterada, relleno compacto o con fragmentos de roca. (RC 25 a 50 MPA) - (se indenta superficialmente)									
ESTRUCTURA											
Abaco de relacion con RMR. LEVEMENTE FRACTURADA.											
	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 90 85 80 75	A A LF/B B	A A LF/R B	-	-
	Moderadamente trabada, no disturbada, bloques cubicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. (F) (RQD 50 - 75) (6 a 12 Fract. por metro)						70 65 60	A F/MB B	A F/B FIR B	B B C	-
	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)	55 50 45	A MF/MB B	B MP/B MFR C	MF/M D	MF/MM D1					
	Intensamente fracturada. Plegamiento y fallamiento, con muchas discontinuidades interceptadas formando bloques angulosos o irregulares. (IF) (RQD 0 - 25) (mas de 20 Fract. por metro)	40 35 30 25	B IF/B C	C IF/R IF/M D1	D E	IF/MM E					
	Triturada o brechada. Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos facilmente disgregables, angulosos y redondeados. (T) (sin RQD)	15 10	-	-	E T/M	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 lo 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 barretilla 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 requiera de un soporte más pesado del que se indicó.
4. Factores influyentes:
 - A) En excavaciones realizadas sobre el macizo rocoso propenso a crujidos 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) bieniawski, 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
			LARGOS 2.1 - 3.0 Mts.	LARGOS 3.3 - 5.0 Mts.	
LF / MB (Levemente fracturada / Muy buena)	85-95	A	18 AÑOS	5 AÑOS	30 mts.
LF / B (Levemente fracturada / Buena)	75-85	A	8 AÑOS	3 AÑOS	15 mts.
LF / R (Levemente fracturada / Regular)	65-75	A	3 AÑOS	1 AÑO	10 mts.
F / MB (Fracturada / Muy buena)	75-85	A	5 AÑOS	2 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	2 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	3 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	3 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 evita 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 de 1.5mts, diseño 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 topadas 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.

Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Chorunga

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	Supervision 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
Tallfete de casco	Pza	12.710	150.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Orejeras 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	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	0.25	-	-	-
COSTO POR TAREA				12.01	9.15	8.59	8.12	3.31

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 Nº 8	Pza	0.308		
Fanel	Pza	3.338		
Mininel	Pza	2.929	261.5	250 pza/caja
Guia 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	-	-

Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Chorunga

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 EQUIPÓS 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

Tomado de compañía minera Century Mining Perú S.A.C, unidad minera San Juan de Chorunga

Anexo 5

Descripción técnica del equipo scooptram LH 307 3.5 yd³

Scooptram LH 307 3.5 yd ³				
Precio compra (\$)		467,455	Costo de Propiedad	US \$/hora
Precio jgo llantas		16,167	Costo por depreciación	27.08
Vida llantas (hor)		1,500	Costo por intereses	7.46
Precio stock (V)		451,288	Costo por seguro	-
Valor de rescate (Vr)	10%	45,129	Total costo de Propiedad	34.54
Vida económica en horas (n)	3960	15,000	Costo de operación	US \$/hora
Vida económica en años (N)		3.8	Combustible	17.97
	Consumo	Precio	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	Total costo de operación	59.23
Filtro (0,4 * costo aceite + grasa)		20%		
Repuestos		75%	Total Costo de Propiedad y Operación (\$/hr)	93.76
Factor de inversión $K = (n+1)/2n$		0.63	Total Costo de Propiedad y Operación (S/. /hr)	243.79
Intereses %		10.0%	COSTO DIRECTO SIN OPERADOR, NI COMBUSTIBLE (S/. /hr)	197.07
Seguros %		0.0%		



Tomado de Sandvik