



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“OPTIMIZACIÓN DEL COSTO DE PERFORACIÓN
PARA ACEROS DTH EN LA MINA MODELO A
TAJO ABIERTO, HUAMACHUCO, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autores:

Hilder Manuel Altamirano Cueva
Orlando Manuel Santamaria Valencia

Asesor:

Mg. Ing. Carlos Neira Rivera

Trujillo - Perú

2019

DEDICATORIA

A nuestros Padres

Emilio y Natividad; Fredy y Mónica

Por brindarnos su apoyo en todo momento de nuestras vidas

Y sobre todo en el cumplimiento

de nuestras metas

AGRADECIMIENTO

A Dios por su misericordia, por ayudarnos y
cuidarnos día tras día en nuestras actividades
y objetivos que nos planteamos en nuestra
vida.

Al Ing. Carlos Neira Rivera, por su
desinteresado apoyo, al Coordinador
académico y mis profesores que ayudaron a
nuestra formación profesional.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	53
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	61
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	69
REFERENCIAS	72
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de martillos DTH.....	24
Tabla 2. Parámetros de torque de rotación para brocas DTH.....	28
Tabla 3. Resumen de Parámetros de resistencia de la roca intacta por unidad litológica...48	
Tabla 4. Resumen de RQD por unidad geotécnica.....	49
Tabla 5. Sistema de Clasificación RMR.....	51
Tabla 6. Matriz operacionalización de variables.....	54
Tabla 7. Fórmulas de trabajo para el análisis de varianza.....	57
Tabla 8. Valores de la velocidad de penetración (m/h), para las cinco marcas de acero DTH en la mina modelo de Huamachuco.....	58
Tabla 9. Resumen de varianza de un factor para velocidad de penetración (m/h).....	59
Tabla 10. Análisis de varianza de un factor para velocidad de penetración (m/h).....	59
Tabla 11. Resultados de velocidad de penetración y costo total de perforación (TDC), para las 5 marcas de aceros DTH a prueba, para el Q4-2017 y Q1-2018 de la mina modelo.....	64
Tabla 12. Resultados de la velocidad de penetración para las 5 marcas de aceros DTH que se realizó en la mina modelo de Huamachuco.....	65
Tabla 13. Resultados de la vida útil para las 5 marca de aceros DTH.....	65
Tabla 14. Costo total presupuestado y ejecutado por tipo de aceros noviembre del 2017, hasta marzo del 2018 para la mina modelo de Huamachuco.....	66
Tabla 15. Costo horario presupuestado y ejecutado por tipo de aceros noviembre del 2017 hasta marzo del 2018 para la mina modelo de Huamachuco.....	67
Tabla 16. Total, costo ahorrado para los trimestres Q4-2017 y Q1-2018 para la mina modelo de Huamachuco.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipología de perforación en minería superficial.....	13
Figura 2. Componentes de un sistema de perforación a rotación.....	14
Figura 3. Potencia de percusión.....	16
Figura 4. Nomenclatura/Terminología de la perforadora D245s Sandvik.....	18
Figura 5. Especificaciones de la perforadora D245s Sandvik.....	19
Figura 6. Sistema de perforación DTH.....	22
Figura 7. Impacto del martillo DTH.....	22
Figura 8. Martillo DTH según el diseño.....	23
Figura 9. Pistón de Martillo DTH con tubo interno y sin tubo externo.....	24
Figura 10. Perforadora de percusión y rotación.....	25
Figura 11. Unidad de rotación de la perforadora D245s.....	26
Figura 12. Rotación óptima para aceros DTH.....	26
Figura 13. Tabla de rotación recomendada para martillos DTH.....	27
Figura 14. Peso de broca sobre la presión de empuje.....	29
Figura 15. Percusión y barrido de aceros DTH.....	30
Figura 16. Martillos y brocas Sandvik.....	33
Figura 17. Martillo de fondo DTH Mincon.....	34
Figura 18. Ubicación de la mina modelo de Huamachuco.....	39
Figura 19. Bancos que se trabajaron los aceros DTH, en fase 05 del tajo de la mina modelo de Huamachuco.....	44

Figura 20. Bancos que se trabajaron los aceros DTH, en fase 04 del tajo de la mina modelo de Huamachuco.....	44
Figura 21. Influencia del micro fracturamiento en la resistencia de la roca intacta.....	48
Figura 22. Envoltentes de Resistencia de Hoek-Brown según Litología.....	48
Figura 23. Cálculo del valor critico de varianza Anova.....	60
Figura 24. Diagrama de la situación actual de la mina modelo de Huamachuco.....	61
Figura 25. Plantilla en Excel muestra los metros promedio de brocas utilizados, metros totales del martillo, precios de las brocas y martillos en la mina modelo de Huamachuco.....	62

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de la velocidad de rotación.	27
Ecuación 2. Costo total de perforación PDC.....	37
Ecuación 3. Costo total de perforación TDC.....	37
Ecuación 4. Procedimiento para determinar la fórmula para cálculo del costo total de perforación (TDC) para la mina modelo de Huamachuco.....	62
Ecuación 5. Optimización del costo total de perforación para de aceros DTH para la mina modelo de Huamachuco obteniendo parámetros de beneficio/costo de aceros.....	64

RESUMEN

La presente investigación, tiene por finalidad optimizar el costo de perforación para aceros DTH en mina modelo a tajo abierto., para el presente estudio, se utilizó la información de las bitácoras in situ de las perforadoras D245s Sandvik, donde a la velocidad de penetración de las 5 marcas de aceros DTH, se realizó un análisis de varianza ANOVA, las pruebas de los aceros DTH se perforo en dos tipos de roca arenisca e intrusiva con durezas de; R2, R3, R4 y R5 que se encuentran en las fases denominadas fase 4 y fase 5, donde se determinó la influencia económica y del costo de perforación donde se obtuvo como resultados un ahorro de 3,400 US\$ y un costo horario de aceros 87.38 US\$/h, y se tendría un ahorro de 2.29 US\$/h para los aceros Mincon que en comparación con el presupuesto y se tendría un ahorro de 21,096.40 US\$ en comparación con las 4 marcas de aceros Drillco, Sandvik, Numa, Atlas Copco, los cuales tiene un costo mayor ejecutado con respecto al presupuestado. En este estudio se logró determinar la influencia económica de los principales factores que intervienen en el costo total de perforación y así mismo optimizar el costo total para esta operación unitaria, logrando un costo total de 5.52 US\$/m, con los aceros Mincon, donde estos aceros permitieron una velocidad de penetración promedio de 50.6 m/h, y una vida útil promedio de la broca de 912 m. y de martillo que es de 4,404.0 m., en la mina modelo de Huamachuco.

Palabras clave: Optimización, Costo, perforación.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Se ha observado que en la mina Las Victorias Ecuador; existe una deficiencia en la utilización de los aceros y un elevado costo de perforación en el proceso de perforación y voladura que se emplearon en la mina Las Victorias, mal rendimiento de los aceros de perforación y fragmentación de la roca para su posterior ahorro en el costo total de la operación, López (2012).

Se ha observado que en la mina Chaquicocha, Cajamarca, la problemática surge al detectar que en los últimos meses del 2011 y primeros meses del año 2012, en el área de perforación y voladura de la mina, observa un decrecimiento en su producción como operación unitaria respecto de los últimos meses del 2010 e inicios del 2011. Al hacer el seguimiento, se detectó el desgaste prematuro de las brocas tricónicas en los tajos diversos de la mina, por lo cual esta condición no era favorable para lograr los objetivos de producción de la mina, como de la parte de la operación unitaria de la misma. El análisis de la problemática se trabajó con un equipo multidisciplinario que abarcó las áreas de planeamiento, geología, geotecnia, ingeniería de perforación & voladura y procesos. Cada área aportó uno o dos expertos que se encargaron de analizar y controlar sus indicadores en sus áreas respectivas, pero en especial el área correspondiente al de perforación y voladura, Llaique y Sánchez (2015).

Actualmente la mina modelo de Huamachuco busca una mayor productividad con la finalidad de ser más competitiva en un mercado donde el producto final tiene un precio ya establecido en el mercado internacional. Por lo cual, en el área de perforación de esta mina y con las nuevas tecnologías de los aceros DTH y teniendo como base la fórmula del costo total de perforación (TDC), se elegirá el mejor acero para la mina modelo de Huamachuco y así mismo se optimizó la operación unitaria de perforación,

donde tendrá un gran impacto en el TDC, lográndose así que la empresa obtenga una mayor productividad y una mejora en sus costos de la operación unitaria de perforación.

1.1.1 Antecedentes

Según, Garrido (2015), menciona en su tesis sobre, mejora y control de estándares en perforación y voladura para la reducción del costo en la mina Animon y tiene como objetivo exponer la factibilidad de la reducción de los costos del ciclo de minado, aplicando para ello estándares de mejora de trabajo y control en las principales operaciones unitarias de minado que son la perforación y voladura, a través de la mejoras y control de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura, se logró una reducción del costo unitario total de mina en 4.19 US\$/TMS, es decir una reducción del 18.50% en comparación con lo que se venía obteniendo. Representando esto una reducción de los costos operativos de mina de: 3'771,000.00 US\$ /año. La reducción costos operativos de minado y por los ahorros en la eliminación de tiros cortados y soplados, la eliminación de voladura secundaria y el incremento en la vida de los aceros de perforación ascienden a un monto de: 3'925,570.00 US\$/año. Este ahorro considerable, justifica ampliamente la implementación de un sistema de control y evaluación permanente de los estándares operativos en perforación y voladura que es la base de toda operación minera.

Según, Farje (2008), menciona en su tesis sobre; diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal mina el teniente, en la universidad de Chile. El objetivo general de este estudio fue efectuar un diagnóstico técnico de las operaciones de perforación y tronadura de desarrollo horizontal en la mina

reservas norte de Codelco - Chile, específicamente en el nivel de producción (teniente Sub-6). Como instrumento de investigación se utilizó las fotografías de los disparos antes y después de cada tronadura, para posterior digitalización en software 2D Fase y el monitoreo de las vibraciones producto de la tronadura. Sus conclusiones fueron los siguientes. Reducción del número de perforaciones por disparo un 10%, reducción de la sobre excavación de un 24% a un 6%, menor exposición al riesgo por desprendimientos y caídas de rocas, disminución de los tiempos de trabajo y disminución de los costos directos de perforación y tronadura.

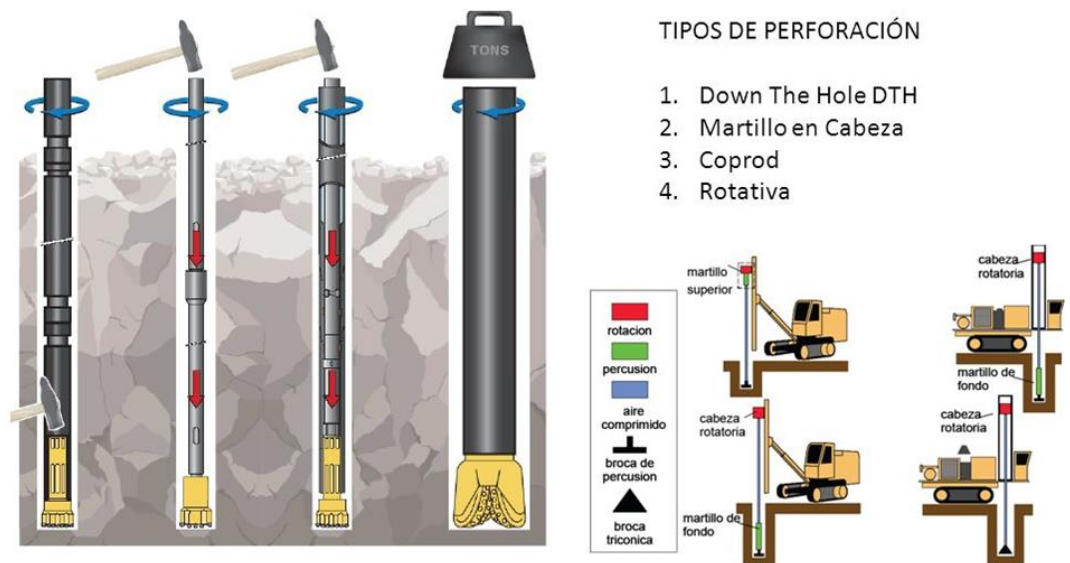
1.1.2 Bases teóricas

1.1.2.1 Conceptualización y tipología fundamental de perforación en minería superficial.

Según, Castilla & Herrera (2013). La perforación es la primera operación en la preparación para una voladura su propósito es realizar hoyos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes. Esta operación es necesaria para lograr un buen confinamiento del explosivo y aprovechar mejor las fuerzas expansivas de los explosivos.

Los tipos principales de perforación en roca utilizados en minería superficial (figura adjunta), son:

- Perforación Rotativa.
- Perforación Rotopercutiva



Fuente: Atlas Copco, 2015

Figura 1. Tipología de perforación en minería superficial.

Se basan en principios mecánicos de percusión y/o rotación, cuyos efectos producen el corte, astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud de los aceros utilizados.

La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo.

1.1.2.2 Sistemas de perforación a rotación

Bajo esta denominación se agrupan todas aquellas formas de perforación en las que la fragmentación de la roca se produce básicamente por compresión, corte o por la acción combinada de ambos. Un empuje sobre el mástil de perforación que supere la resistencia a la compresión de la roca y un par de giro que origine su corte por cizalladura, son las dos acciones básicas que definen la perforación rotativa, Castilla & Herrera (2013).

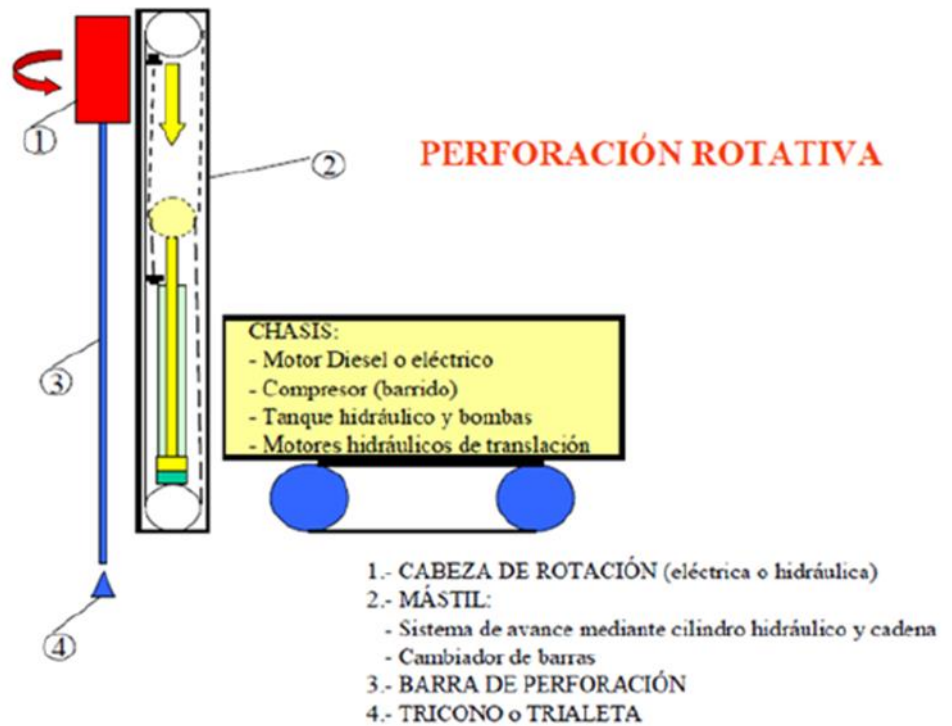


Figura 2. Componentes de un sistema de perforación a rotación

La figura 2. Muestra esquemáticamente los distintos componentes que incorporan los equipos que se utilizan para este tipo de perforación y que son similares a los mencionados para la perforación rotativa, salvo en lo que se refiere al sistema de avance pues, al requerirse mayores fuerzas de empuje, éste suele estar constituido por un sistema de cadena y/o cilindros hidráulicos.

Existen dos variantes distintas de perforación rotativa: perforación rotativa por corte y perforación rotativa con tricono. Existe además una tercera variante, que es la perforación con corona de diamante que suele añadir la abrasión a las acciones de compresión y cizalladura antes mencionadas. Este sistema es el que generalmente se emplea para los sondeos con extracción de testigo y que se abordarán más adelante.

1.1.2.3 Sistemas de Perforación a Percusión

Según, Castilla & Herrera (2013). En estos sistemas la velocidad de perforación es proporcional a la potencia de percusión (producto de la energía de impacto por la frecuencia de golpes). En cambio, la rotación y el empuje son meras acciones auxiliares que, siempre y cuando se superen unos valores mínimos necesarios para espaciar convenientemente los puntos de incidencia de los impactos y mantener el mástil de perforación en contacto con la roca, influyen relativamente poco en la velocidad de perforación.

El martillo es el elemento que proporciona la percusión mediante el movimiento alternativo de una pieza de choque, que es el pistón, que sucesivamente golpea sobre el utillaje de perforación. El pistón puede ser accionado por aire comprimido (perforación neumática) o por aceite hidráulica.

1.1.2.4 Potencia de Percusión

La figura 3 representa esquemáticamente el mecanismo de percusión de un martillo. Este mecanismo consta de una pieza móvil (pistón) que se desplaza con un movimiento de vaivén en el interior de una cámara (cilindro) por la acción que un fluido a presión (aire o aceite) ejerce sobre una determinada superficie (área de trabajo). La longitud de este desplazamiento que en general es una constante de diseño se denomina carrera, Martínez (2014).

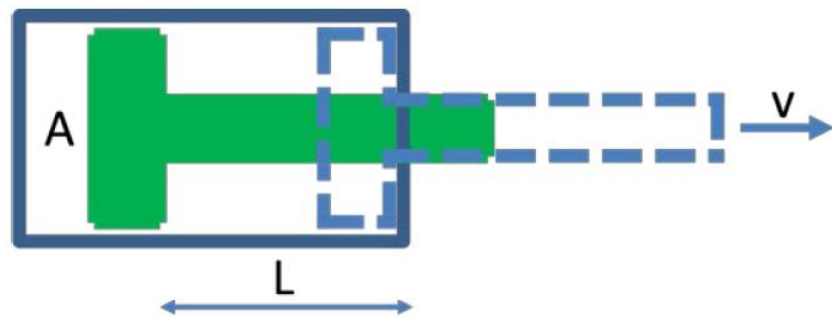


Figura 3. Potencia de percusión.

El cálculo de la energía de impacto “E” podría hacerse de dos formas:

Una primera sería haciendo el cálculo del trabajo realizado sobre el pistón mediante la siguiente expresión:

$$E_1 = P_m * A$$

Donde:

P_m = Presión media efectiva del fluido.

A = Área de trabajo del pistón.

L = Longitud (carrera).

Otra forma de hacerlo, que descontaría las pérdidas por rozamiento, sería mediante el cálculo de la energía cinética del pistón al final de su carrera:

$$E_2 = \frac{1}{2} * M * V^2$$

Donde:

M = Masa del pistón.

V = Velocidad del pistón al final de la carrera.

1.1.2.5 Especificaciones de las perforadoras D245s Sandvik que se emplea en la mina modelo a tajo abierto.

Según, Sandvik. (2015), menciona que esta máquina D245s Sandvik, ha sido diseñada para trabajos de perforación de laboreo superficial y de construcción en el rubro minero.

Condiciones recomendadas de funcionamiento

Esta máquina ha sido diseñada para trabajar a temperaturas ambiente de -40° a $+54^{\circ}\text{C}$ (-40° a $+130^{\circ}\text{F}$).

Maneras y condiciones en las cuales NO debe usarse esta máquina

- Operador mal adiestrado.
- Personas no autorizadas presentes en la zona de trabajo.
- Iluminación insuficiente.
- Pendiente no adecuada.
- Transporte de personas.
- Sistemas de seguridad averiados.

Niveles de presión acústica y de potencia sonora. La potencia sonora y la presión acústica en la cabina del operador se han medido en cumplimiento de las normas europeas para perforadoras EN791 y la directriz para maquinarias de la CE 89/392/EEC y sus modificaciones. Intensidad sonora media emitida por la máquina: 88.1 Db Intensidad sonora en cabina: 81.4 dB. Valor de vibración; la vibración en la cabina del operador se ha medido según la norma europea de seguridad para perforadoras EN791 y la directriz para maquinarias de la CE 89/392/EEC y sus modificaciones. La vibración no excede de 0,5 m/s².

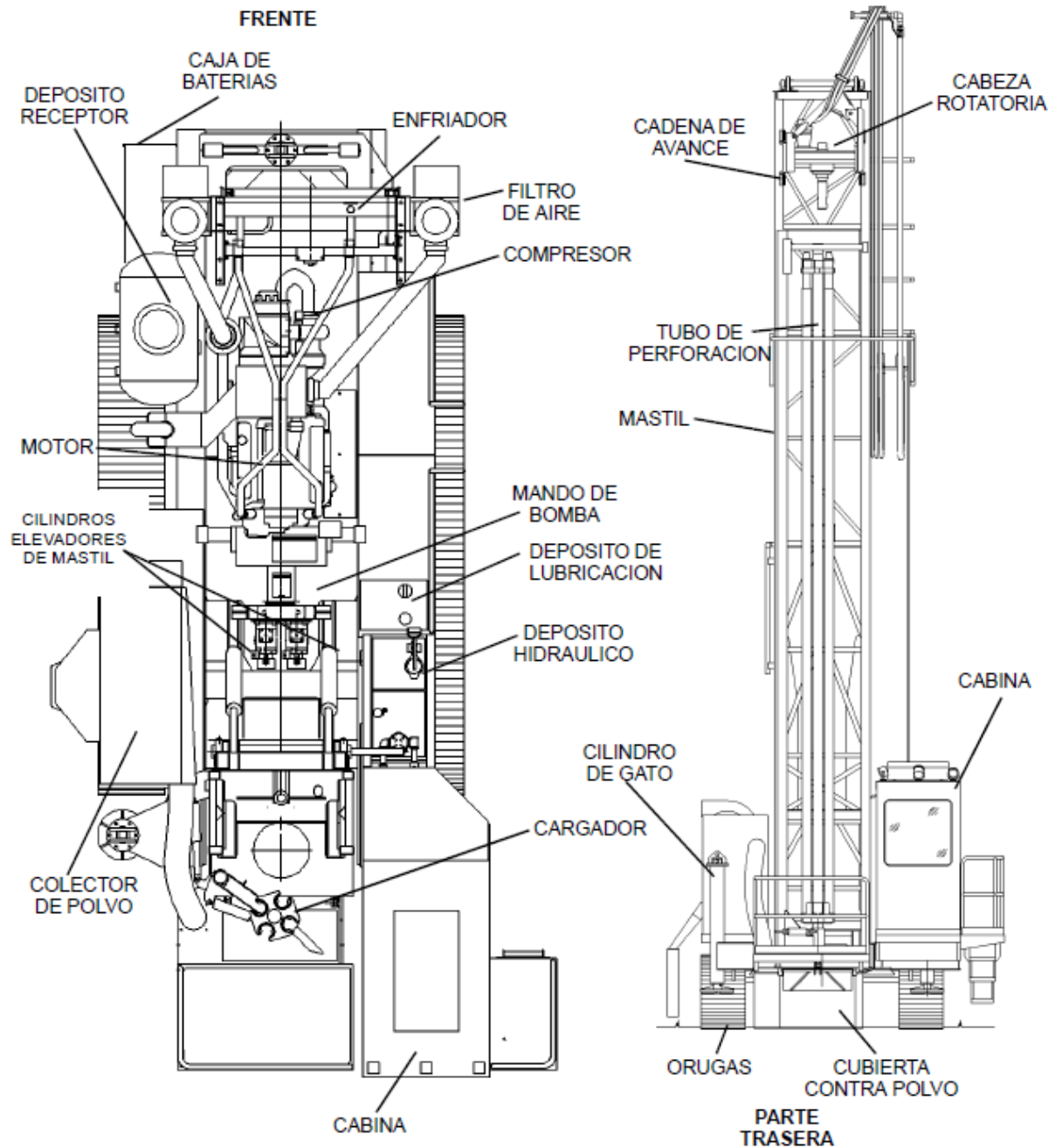


Figura 4. Nomenclatura/Terminología de la perforadora D245s

Sandvik.

<u>ESPECIFICACIONES NOMINALES DE LA PERFORADORA</u>	
Diámetro del hoyo Máx. capacidad de primera pasada (equipo estándar) Máx. capacidad de primera pasada (equipo especial) Profundidad de perforación total	5 a 7-7/8 pulg (127 a 203 mm) 28 pies 5 pulg (8,65 m) 30 pies 9 pulg (9,4 m) 150 pies (46 m)
<u>TREN DE RODAJE</u>	
Tipo Longitud Almohadillas (zapatas) de garra triple Velocidad de recorrido Pendiente máx. de trabajo Potencia de mando de cada cadena Presión sobre el suelo (equipo estándar) Rodillos	Sandvik - Modelo S25HD 4356 mm (14,29 pies) 23.6 pulg (600 mm) 2.6 km/h (1.6 m.p.h.) 4.7 km/h (2.9 m.p.h.) 16° 75 kW (100 hp) .92 bar (13 psi) 9 inferiores - 2 superiores
<u>POTENCIA DE LA PERFORADORA</u>	
Caterpillar® Cummins Velocidad nominal Capacidad de combustible	Modelo 3408E, 506 hp (373 kW) Modelo C16, 600 hp (447 kW) Modelo C18, 630 hp (470 kW) Modelo C15, (T2) 521hp (386 kW) Modelo C15, (T3) 539hp (402 kW) Modelo QSX15, 600 hp (447 kW) 1800 rpm 200 gal (757 l)
<u>COMPRESOR</u>	
Tipo Fabricante	Tipo tornillo de 2 etapas en aceite Sullair, 1160 pies ³ /min (32,8 m ³ /min) a 350 psi (2412 kPa) (24,1 bar) a 1800 rpm
<u>SISTEMA DE AVANCE</u>	
Tipo Carga nominal de la barrena Tracción nominal Ritmo de avance Ritmo de retracción	1 cilindro hidráulico y cadenas 45,000 lb (20.412 kg) 19,580 lb (8881 kg) 0-97 pies/min (29,5 m/min) 0-207 pies/min (63 m/min)
<u>CABEZA ROTATORIA</u>	
Tipo Motor de mando Potencia máxima de la cabeza rotatoria Velocidad/par de torsión estándar de rotación	De caja de engranajes Embolo axial hidráulico 130 hp (97 kW) 158 rpm a 48,500 lb-pulg (5481 Nm)
<u>EQUIPO DE MANEJO DE HERRAMIENTAS (cargador)</u>	
Tipo Número de posiciones Diámetro del tubo	Carrusel 4 3 a 5-1/2 pulg (76 a 140 mm)
<u>PESO</u>	
Peso de funcionamiento con tubo de perforación	65,000 lb (29.484 kg)
<u>DIMENSIONES</u>	
Longitud (mástil bajado) Ancho (de funcionamiento) Altura (mástil elevado)	44 pies 7 pulg (13,6 m) 13 pies 8 pulg (4,16 m) 42 pies 6 pulg (12,9 m)
<u>SISTEMA ELECTRICO</u>	
Alternador Acondicionador de aire Baterías	24 VCC, 100 A 24 VCC 2 de 12 voltios

Figura 5. Especificaciones de la perforadora D245s Sandvik.

1.1.2.6 Componentes de una Columna DTH

Según, Martínez (2014), describe la perforadora exteriormente como un cilindro de acero que tiene acoplado por un extremo, la broca y por el otro se encuentra acoplado mediante enrosque a la primera barra de la columna de perforación, columna que girará mediante accionamiento hidráulico o neumático.

Las barras de perforación son de diámetro ligeramente menor que de la perforadora y ésta a su vez también es menor en diámetro que la broca, la relación directa con el caudal de aire requerido para la evacuación de los detritos productos de la perforación.

Según, Rivera (2014), menciona que el interior de la columna DTH son dos partes móviles; el pistón y la válvula check. La válvula - check regula el ingreso del aire a la máquina y a su vez no permite el ingreso de agua u otro agente por contraflujo.

1.1.2.7 Perforación con aceros DTH

Según, Rivera (2014), menciona que este método de perforación se basa en el impacto de una pieza de acero (pistón), el cual transmite la energía y genera impacto con la roca por medio de un elemento de corte (broca). La velocidad de penetración en la perforación con aceros DTH, se incrementa directamente con el pistón del aire generada por el compresor.

Según, Martínez (2014), la idea de aprovechar al máximo los efectos básicos en la perforación de roca como son la rotación y la percusión llevaron a los creadores de la perforación “Down the hole” a diseñar una perforadora que pueda introducirse en el taladro con objeto de

trasladar al fondo del taladro la energía desplegada por cada golpe generado por el pistón de la perforadora.

La perforación con aceros DTH (down the hole) que significa martillo de fondo y se basa en un sistema de perforación de:

- Consumo de aire.
- Presión máxima de operación
- Generalmente el martillo debería ser seleccionado de manera que todo el aire del compresor sea usado mientras se mantiene la presión de aire lo más alta posible para un óptimo desempeño.

1.1.2.8 Componentes importantes del sistema de perforación DTH

Los componentes del sistema de perforación DTH son:

Rotación: Fuerza y velocidad generada por el cabezal de rotación. RPM

Empuje: Fuerza que genera el equipo de perforación (cilindros o reductor de avance); pulldown.

Percusión: Energía que genera el martillo con la recepción del aire comprimido; ciclo del pistón

Barrido: Elevación de los detritus por el flujo de aire en el taladro y/o hoyo suministrado por el compresor.

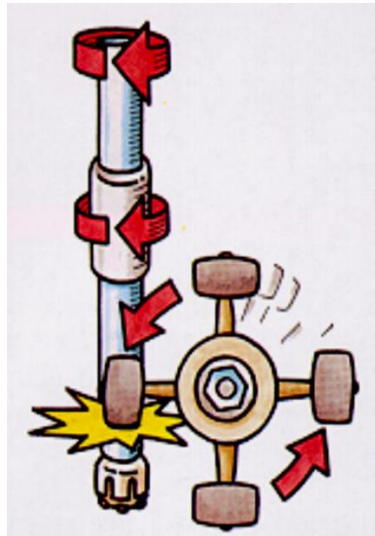


Figura 6. Sistema de perforación DTH.

El impacto del martillo se produce al final de la columna, inmediatamente sobre la broca.

- El pistón del DTH, accionado por aire descarga la energía directamente en la broca.
- La energía no se disipa a lo largo de la columna.

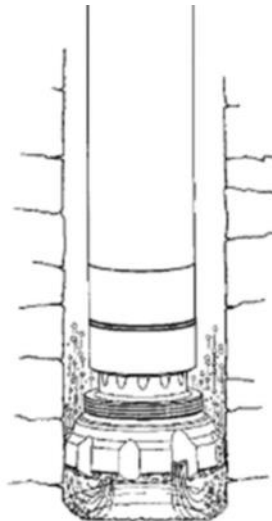


Figura 7. Impacto del martillo DTH.

La importancia de la utilización de los martillos de fondo o aceros DTH en la perforación por los siguientes beneficios:

- Se pueden perforar casi cualquier tipo de formación de rocas.
- Roca fracturada y roca solida
- Arena suelta
- Grava, bolonoria, (lechos de rio)
- Ofrecen mejor performance que muchos de los otros métodos
- El rango de penetración es parejo en todo su diámetro.
- Amplio rango de tamaños de taladros



Figura 8. Martillo DTH según el diseño.

Tabla 1. Comparación de martillos DTH.

Martillo con tubo interno	Martillo sin tubo interno
El aire circula a través del tubo interno	El aire circula por la parte exterior del pistón y el interior del case, cuenta con una camisa interior la cual se complementa con el distribuidor de aire para así iniciar la frecuencia de impactos del pistón.
El pistón es del mismo diámetro en toda su longitud.	El pistón para estos martillos tiene la forma de botella.
Pistón con la parte superior con vacío cámaras interiores para la compresión del aire.	Pistón sin orificios laterales y de mayor peso
Pistón con orificios que interactúan con el sistema de distribución de aire.	

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Pistón de Martillo DTH con tubo interno y sin tubo externo.

1.1.2.9 Ventajas de un martillo DTH.

Las principales ventajas de los martillos de fondo son:

- Mayor velocidad de penetración en roca dura.
- La velocidad de perforación es prácticamente constante a medida que aumenta la profundidad del pozo.
- Menores desviaciones de los taladros.
- Mayor vida útil de los accesorios de perforación
- Se pueden usar perforadoras más pequeñas para igual diámetro de taladro en comparación con perforación rotaria.
- La percusión y rotación son separadas, complementándose entre sí para realizar la perforación. (Trituración de la roca y evacuación de los cortes)

Los DTH se pueden usar en track drills, perforadoras rotativas, trípode y grúas.

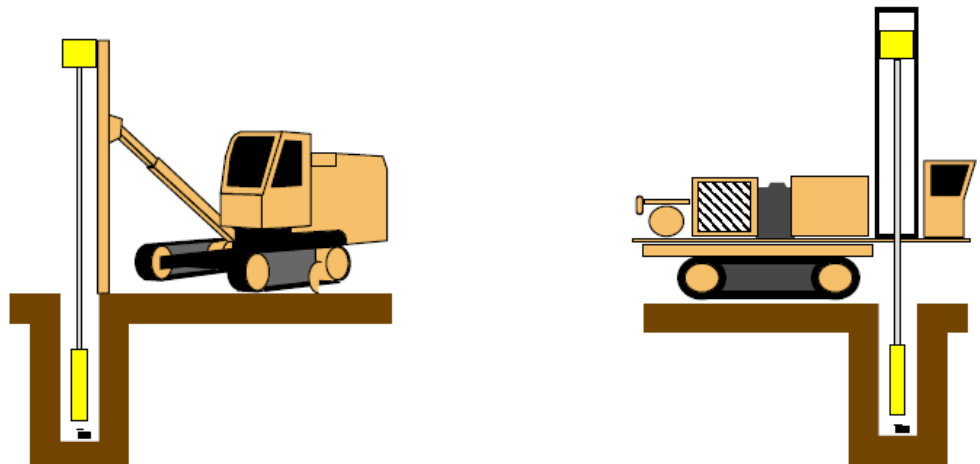


Figura 10. Perforadora de percusión y rotación.

1.1.2.10 Rotación óptima para aceros DTH

Según, Rivera (2014), para la optimización de la rotación para aceros DTH, debe ser capaz de suministrar suficiente torque de acuerdo al diámetro del taladro y/o hoyo que será perforado; debe tener un control de la velocidad de rotación ajustable y el diámetro del agujero amplio por lo que el flujo de aire no se restringa.

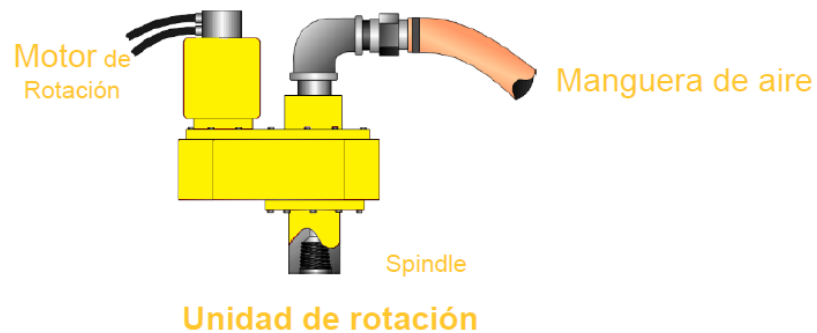


Figura 11. Unidad de rotación de la perforadora D245s.

Según, Plasencia (2018), menciona que la velocidad de rotación (RPM) se debe utilizar de acuerdo a lo siguiente:

- La rotación debe ser suficiente para que el botón pase a golpear la roca y no fracturada por el golpe anterior de la percusión.

Roca DURA = fractura pequeña => rotación más lenta

Roca SUAVE= fractura grande => rotación más rápida

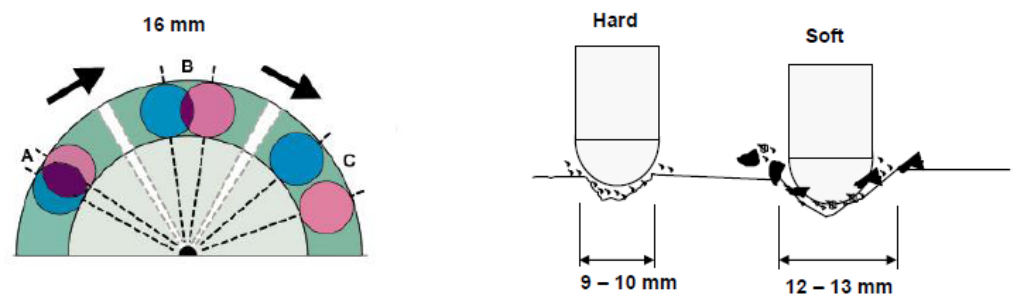


Figura 12. Rotación óptima para aceros DTH.

1.1.2.11 Cálculo de la velocidad de rotación

Según, Plasencia (2018), menciona que para el cálculo de la velocidad de rotación de aceros DTH se tiene las siguientes formulas.

$$VR = \frac{\text{Frecuencia de Impacto}}{\text{Impacto por Giro}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 1)}$$

Velocidad de rotación recomendada en la perforación DTH

Martillo	Bit diam. mm	Frecuencia strokes/min 10.5 bar	Rotacion rpm	Frecuencia strokes/min 16 bar	Rotacion rpm	Frecuencia strokes/min 25 bar	Rotacion rpm
3"	90	1500-1600	55-65	1900-2000	65-80	2400-2500	80-100
3"	100	1500-1600	50-60	1900-2000	60-75	2400-2500	75-90
4"	127	1400-1500	50-60	1600-1700	60-75	2100-2200	70-85
5"	140	1200-1300	40-50	1500-1600	55-65	1900-2000	65-80
6"	165	1100-1200	30-40	1400-1500	40-50	1800-1900	50-70
8"	219	950-1050	25-30	1100-1200	30-40	1300-1400	40-50

Fuente: Plasencia, 2018.

Figura 13. Tabla de rotación recomendada para martillos DTH.

Según, Plasencia (2018), menciona que el requerimiento de torque recomendado para aceros DTH como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de torque de rotación para brocas DTH.

Tamaño de Broca	Torque recomendado
Clase 4" (102 mm)	500 pies lbs. (69 KGM)
Clase 5" (127 mm)	650 pies lbs. (90 KGM)
Clase 6" (152 mm)	800 pies lbs. (111 KGM)
Clase 8" (203 mm)	1,500 pies lbs. (207 KGM)
Clase 10" (254 mm)	2,000 pies lbs. (277 KGM)
Clase 12" (305 mm)	5,000 pies lbs. (691 KGM)
Clase 20" (508 mm)	8,000 pies lbs. (1106 KGM)
Clase 22" (559 mm)	10,000 pies lbs. (1386 KGM)
Clase 24" (610 mm)	12,000 pies lbs. (1659 KGM)
Clase 30" (762 mm)	20,000 pies lbs. (2765 KGM)
Clase 36" (914 mm)	28,000 pies lbs. (3871 KGM)
Clase 43" (1092 mm)	40,700 pies lbs. (5929 KGM)
Clase 48" (1219 mm)	50,688 pies lbs. (7011 KGM)
Clase 54" (1372 mm)	64,152 pies lbs. (8873 KGM)
Clase 60" (1524 mm)	79,200 pies lbs. (10954 KGM)

Fuente: Plasencia, 2018.

1.1.2.12 Peso sobre la broca / presión de empuje.

Según, Rivera (2014), menciona que, debido a los cortos y rápidos golpes del pistón, el martillo de fondo (DTH), necesita solamente el peso necesario para mantener en la broca dentro del Chuck (porta bit) y el frente fijo al fondo del taladro.

Las características el peso total sobre la broca podría incrementarse solo para eliminar la percusión en el taladro.

Cuando se perforan los taladros y/o hoyos, poco profundo lo percusión pueden notarse fácilmente en la superficie, sin embargo, en pozos profundos el peso en la broca necesita ser calculado para encontrar la adecuada carga de peso.

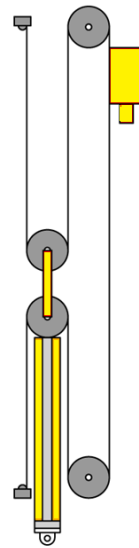


Figura 14. Peso de broca sobre la presión de empuje.

El peso real sobre los aceros DTH y se determina de la siguiente forma:

- Una regla para empezar a calcular el peso en la broca es 500 libras por pulgada de diámetro de la broca (9 kilogramos por milímetro de diámetro de la broca).
- Ejemplo:
Broca QL 50 ($6\frac{1}{8}$ ") $500 \times 6.125 = 3062$ libras.
Broca QL 50 (156 mm) $9 \times 156 = 1404$ kilogramos.
- Este dato es referencial, puede variar de acuerdo a las condiciones en cada taladro.

a. Percusión y barrido

Según, Rivera (2014), la velocidad que se elevan los detritus en el espacio anular entre la broca y la barra, la velocidad de barrido debe fluctuar entre 4,000 y 7000 ppm.

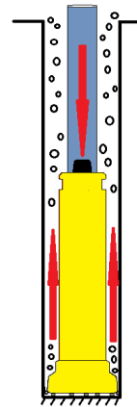


Figura 15. Percusión y barrido de aceros DTH.

Según, Martínez (2014), la penetración de la roca en el inserto entra en contacto con la roca, al aplicar una carga acumulando un stress en la roca bajo el punto de contacto; y la cómo reacciona la roca a este contacto, dependerá de sus características y del peso sobre la broca.

b. Perforadora Down the hole (DTH)

Según, Rivera (2014), menciona que constituye el segundo elemento de la columna y va situada y acoplada después de la broca. Un correcto y cuidadoso acoplamiento es recomendado para evitar dañar a la perforadora.

c. Cabezal posterior de la perforadora

Según, Placencia (2014), menciona que está situada inmediatamente después de la perforadora y tiene diferente sistema de rosca en ambos extremos. La de forma cónica es la del tipo API y constituye el punto de acoplamiento con las barras de perforación, que lógicamente deberán tener este mismo tipo de rosca.

d. Requerimientos de aire comprimido

Según, Rivera (2014), las perforadoras Down the hole son eminentemente de percusión y su funcionamiento y rendimiento son normados por el caudal y presión de aire suministrados. Estos dos factores afectan la operación de la perforadora si están fuera de los rangos considerados como óptimos.

1.1.2.13 Accesorios de perforación

Según, Martínez (2014), menciona que el sistema Down the hole de perforación requiere de accesorios básicos que han de constituir la columna de perforación, que en ciertas aplicaciones ha alcanzado longitudes de hasta 600 pies (183.5 m.).

Esta columna se compone de los siguientes elementos

a. Brocas

La broca que generalmente está al inicio de la columna de perforación es considerada pieza básica de ésta y constituye un agente de costo importante dentro del costo operativo que genera este sistema de perforación en la mina la broca tiene un diámetro de 6 1/8 pulgadas.

El reacondicionamiento o afilado a que son sometidos una vez que han cumplido un determinado número de pies y/o metros perforados.

Las brocas son de dos tipos, las tradicionales tipo cuchilla en “X” cuya aplicación se recomienda para terrenos de mediana dureza y los recientemente desarrollados de botones, de eficiente desempeño en rocas muy duras; y las del tipo en “X” generalmente requieren afilado y los del tipo de botones reacondicionamiento. La selección correcta del tipo de broca a utilizarse de acuerdo al terreno a perforar constituye el primer paso importante para lograr una excelente velocidad de penetración y el máximo de vida útil posible de broca. La selección de los accesorios de perforación comienza con la elección del diámetro de taladro y/o hoyo que se desea perforar.

b. Barras de perforación

Según, Rivera (2014), para las barras de perforación varía en longitud y en diámetro del taladro y/o hoyo que se desea perforar en la mina modelo de Huamachuco, el diámetro de la barra es de 4.5 pulgadas de diámetro.

En ciertos casos estas barras sufren doblamiento perdiendo la rectitud, bondad indispensable para obtener taladros rectos.

1.1.2.14 Tipo de aceros DTH.

a. Aceros Sandvik

Según, Sandvik (2015), menciona que los aceros DTH están diseñadas para una amplia gama de martillos Sandvik DTH de martillos de otras marcas. Está equipado con botones de carburo cementado de alto grado que incluye grado XT48. Para una máxima eficiencia y durabilidad, los bits se ofrecen en varios diseños las especificaciones de los tipos de martillos como se muestra en el anexo 12.



Figura 16. Martillos y brocas Sandvik.

b. Aceros Mincon.

Según, Autana (2017), menciona que el martillo de fondo DTH Mincon, está diseñado para desarrollar altas velocidades de perforación y para tener una larga vida útil. Apto para condiciones de roca suave, dureza media y dura. El martillo de fondo DTH Mincon, es una herramienta versátil apta para múltiples aplicaciones de perforación: producción, pre-corte, exploración,

construcción civil, etc. El número de piezas internas está optimizado al mínimo sólo para proporcionar una mantención fácil y rápida.



Especificaciones	US	Métrico
Diámetro externo	3.82"	97 mm
Tamaño mínimo de broca	4.33"	110 mm
Tamaño de lave	2.5"	64mm
Largo martillo (A)	37.6"	956 mm
Peso martillo	85Lbs	38.6Kgs
Peso pistón	17 Lbs	7.7 Kgs
Diámetro de inversión de la camisa	N/A	N/A
Diámetro de descarte de la camisa	3.425"	87.0 mm
Tipo de Shank	DHD 340	
Hilo de la culata	2 3/8" A.P.I. Reg Pin	
*Existen varias posibilidades de hilo para la culata		

Figura 17. Martillo de fondo DTH Mincon.

c. Aceros NUMA.

Según, Numa (2016), menciona que los aceros DTH, es una clase de alto martillo de la presión de aire DTH sin válvulas, nuestro más nuevo diseño; el consumo de una energía más baja y una frecuencia más de alto impacto. La velocidad de la perforación es 15% a 30% más alto que el que está con la válvula de pie. Estructura simple, mantenimiento confiable de las piezas, de la larga vida útil, fácil y económico. Bajo el consumo del aire y de petróleo. Las especificaciones como se muestran en el Anexo 12.

d. Aceros Atlas Copco.

Según, Altas Coppco (2016), los aceros DTH logra una alta productividad en aplicaciones de roca dura añadiendo percusión al proceso de perforación. La perforación rotativa los métodos usan la combinación de peso y rotación para astillar el taladro y/o hoyo. Esta carga es suficiente para conduce las inserciones de corte en la roca, las especificaciones del martillo DTH, se muestran en el anexo 10.

e. Aceros Drillco

Según, Drillco (2012), los martillos DTH también denominados aceros puma son neumáticos, operan en el fondo del taladro, avanzan con la perforación y, por lo tanto, percuten directamente sobre el Bit o broca, lo que significa una mayor eficiencia en la transmisión de la energía de impacto.

El martillo gira debido a la acción del motor de rotación del equipo de perforación. Este movimiento combinado de rotación y percusión facilita la perforación de formaciones muy duras, con ventaja frente a los sistemas convencionales de rotación o de percusión.

Los componentes interiores del martillo forman una cámara frontal (adelante del martillo, más cerca del bit) y una cámara posterior (atrás del martillo, más cerca de la culata). El pistón, única pieza móvil, dirige el aire de red a una de las cámaras, mientras la otra permanece en comunicación con el fondo de la perforación, creando de esta manera una diferencia de presiones entre ambas

cámaras. Esta diferencia de presión hace que el pistón adquiera un movimiento de vaivén, golpeando sobre el Bit, quien a su vez percute sobre la roca, perforándola.

El aire utilizado para mover el pistón pasa a través del Bit y barre el fondo del hoyo, sacando los detritos al exterior. De esta manera, se mantiene siempre limpia el área de impacto del Bit con el terreno, haciendo más eficiente la perforación. Las especificaciones de los aceros drillco se muestran en el anexo 8.

1.1.2.15 Costos Operativos en Perforación

Según, Espinoza (2011), se puede calcular el costo horario del equipo de perforación, teniendo en cuenta los siguientes ítems:

- a) Costo financiero o de capital
- b) Costo de amortización o depreciación
- c) Costo de intereses, seguros e impuestos
- d) Costo de mantenimiento y reparaciones
- e) Costo de mano de obra
- f) Costo de combustible y energía
- g) Costo de aceites, grasas y filtros.

1.1.2.16 Costo total de perforación (TDC).

Según, Reyes (2015), el Total Drilling Cost (TDC), es un concepto de valor del costo de la productividad de la perforación; los clientes progresivos entienden y adoptan filosofía de que el costo de la productividad impulsa la economía de una mina.

Según, Reyes (2015), el TDC incluye los siguientes parámetros:

- a) Labor

- b) Energía: combustible o electricidad
- c) Herramientas de perforación y suministros
- d) Mantenimiento de mano de obra y repuestos
- e) Supervisión, administración
- f) Costo de propiedad del equipo (arrendamiento, compra o pagos de alquiler)

El mejor medio de determinar cuál es la broca ideal a utilizar con menor costo, es hacer una evaluación de los aspectos económicos.

Según, Reyes (2015), las dos maneras más comunes de calcular el costo de perforación se conocen por las siglas.

- PDC (Partial Drilling Cost = costo parcial de perforación) y
- TDC (Total Drilling Cost= costo total de perforación).

El costo parcial de perforación es el precio al que se adquirió la broca dividido por la distancia que perfora. El PDC puede expresarse por la fórmula:

$$PDC = \frac{\text{Precio de compra de la broca (US\$)}}{\text{Distancia Perforada (metros)}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 2)}$$

Según, Nuñoncca (2015), el TDC es el PDC incluyendo la productividad en la ecuación 2. El TDC incluye el costo de la broca, el rendimiento por hora del equipo de perforación, pies y/o metros por hora y distancia perforada. La fórmula TDC como se muestra en la ecuación 3 normalmente para brocas tricono.

$$TDC = \frac{\text{Costo de la Broca de perforación (US\$)}}{\text{Metros Perforados (m)}} + \frac{\text{Costo de la Perforadora por hora (h)}}{\text{Metros perforados por hora (m/h)}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3)}$$

El tiempo de perforación no es problema, el costo parcial de perforación (PDC) es probablemente la mejor forma de evaluar el funcionamiento de la broca. Sin embargo, si tiene poco tiempo para la perforación y la productividad de las perforadoras.

1.1.2.17 Factores para determinar el TDC.

Según, Espinoza (2011), el costo de perforación es la parte más importante para determinar el TDC que determina la buena utilización de los aceros DTH, dentro de una operación unitaria. Y que se considera los siguientes factores.

- Menor tiempo perforando por cada taladro y/o hoyo.
- Seleccionar los aceros DTH de perforación más rápida y con mayor vida útil.

Esto mantendrá el TDC bajo.

1.1.2.18 Descripción de la mina modelo a tajo abierto.

a. Ubicación de la mina modelo de Huamachuco.

La mina de oro, se encuentra en el norte de Perú, a 3136 msnm. La mina consiste en dos tipos de yacimientos minerales: mineralización aurífera epitermal de alta sulfuración encajada en arenisca en brecha oxidada dentro de la Formación Chimú, y mineralización de sulfuro de cobre y oro albergada en pórfidos en fases múltiples de intrusión. Actualmente las operaciones están explotando a tajo abierto la reserva de oro en óxidos usando métodos convencionales de perforación/voladura, carga y acarreo. Los camiones de volteo vacían el mineral en un patio de lixiviación, sin que se requiera trituración o aglomerado antes de la lixiviación.

Al 1 de enero de 2016, los recursos de óxido Medidos e Indicados totalizaban 120.8 millones de toneladas con una ley de oro promedio de 0.32 g/t y reservas de óxido Probadas y Probables de 80.3 millones de toneladas con una ley de oro promedio de 0.36 g/t conteniendo 919,000 onzas de oro. La mina alcanzó una producción récord de 230,436 onzas de oro en 2015.

Es un yacimiento donde coexisten dos tipos de depósitos: un pórfido de Cu-Au (Mo) y un sistema epitermal aurífero de alta sulfuración hospedado en rocas sedimentarias cretácicas. El yacimiento contiene recursos medidos e indicados de 6.0 millones de onzas de oro en total, de los cuales 2.2 millones están en óxidos (Epitermal HS), 3,8 millones en sulfuros y 3,700 millones de libras de cobre (Pórfido). Los recursos inferidos son 0,18 millones de onzas de oro y 1.370 millones de libras de cobre.

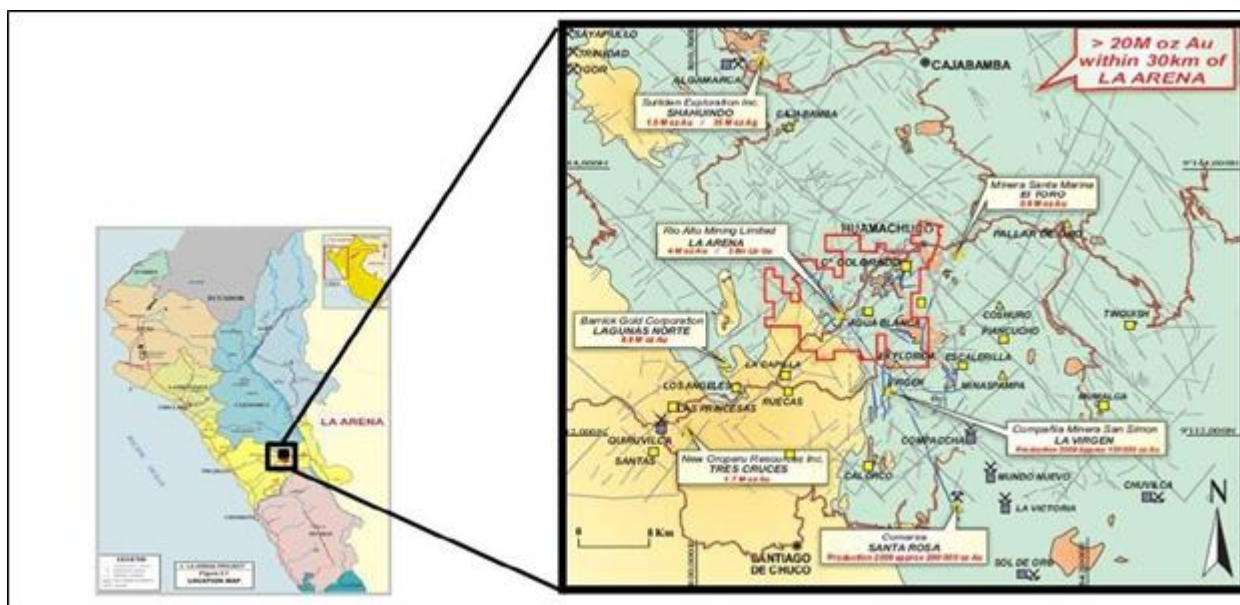


Figura 18. Ubicación geográfica de mina modelo.

b. Geología.

Genéticamente, el depósito de la mina modelo de Huamachuco se vincula a magmatismo sub volcánico el cual ascendió a través de un sistema de fallas (rampas estructurales) que en superficie y vertical constituyen un elongado en sentido andino que enmarca la mineralización. El pórfido presenta alteración potásica cortada y sobreimpuesta por intensa. La mineralización incluye calcopirita diseminada en la zona potásica y stockwork de tipo A, B y AB. En la cúpula de la zona Fílica existe sobreimpresión de Pirofilita a producto de un enfriamiento de fluido hidrotermal. En la parte oeste del Jog se ha identificado un lithocap de génesis estructural hospedado en areniscas, con ensambles que Silice-Dickita-Pirofilita-Caolinita. La Mineralización de Au en el HS se encuentra cortando al lithocap y se relaciona a brechas hidrotermales (Fm. Chimú). Las brechas varían desde Rubble hasta Crackle. El contenido de mineralización económica está controlado por el grado de permeabilidad secundaria.

c. Tajo de la mina modelo.

El tajo más grande del proyecto abarca la etapa de óxidos y etapa de sulfuros, está compuesto de 4 fases de expansión donde se realizarán 4 pushback para alcanzar los diseños de pits intermedios o anidados. De este tajo se extra la mayor cantidad de mineral y desmonte, con la característica que la geología del tajo condiciona que todo el desmonte extraído se encuentra en roca intrusiva (arcillas), las cuales presentan poca estabilidad y generan problemas

en los botaderos de desmonte, debiendo estabilizar estos adecuadamente.

d. Litología:

La litología del tajo Calaorco se divide en tres tipos de roca:

- Areniscas: Material de alta resistencia y dureza donde se encuentra emplazado el depósito mineralizado.
- Intrusivo (Pórfido): Material argilico de baja resistencia y que comprende todo el desmonte proveniente del tajo Calaorco.
- Brecha.

e. Geología estructural

La geología estructural del tajo Calaorco está gobernada por dos fallas que dieron origen a la mineralización estas son: Falla Calaorco y Falla Esperanza.

f. Geodinámica Externa

Se presentan dos tipos de geodinámica externa relacionados directamente a los dos tipos de rocas aflorantes y al grado de susceptibilidad ante la meteorización y erosión de agentes meteóricos.

Las caídas de rocas, relacionada con afloramientos de areniscas cuarzosas localizados sobre todo en la parte Oeste del tajo Calaorco.

Las relacionadas con los afloramientos de pórfidos cuyo material residual es objeto de fácil acción erosiva de las aguas de escorrentía, generando socavamiento en el material residual que

cubre la roca intrusiva alterada, como se observa en el sector Este del tajo de la mina modelo de Huamachuco.

g. Geomecánica:

Resistencia: es la dureza alta de la cuarcita y arenisca cuarzosa, en tanto el pórfido presenta valores bajos de dureza debido a su alteración (argilización).

Grado de fracturamiento (RQD): Las rocas areniscas y arenisca cuarzosa presentan tramos de roca fracturada a muy fracturada, con valores bajos de RQD, pero existen tramos donde mejora este valor, sobre todo en profundidad. En el caso del pórfido andesítico el RQD también se presenta variable, con valores de bajos a altos.

Condición de Fracturas: La condición de las discontinuidades ha sido medida bajos lineamientos de la clasificación geomecánica RMR en la versión de 1989.

RMR: En el estudio realizado en el tajo de la mina modelo, se ha utilizado un límite de $RMR=40$ para separar en tramos de roca de mala calidad y los tramos de roca de calidad regular a buena, en general los tramos que presentan un RMR bajo 40 (mala calidad) se presentan en tramos específicos, particularmente en la zona de los pórfidos.

Definición de dominios estructurales: El tajo de la mina modelo está dividido por dominios estructurales que determinan los ángulos del talud de cada sector del tajo, estos dominios se definieron en función de las litologías principales, arenisca cuarzosa- cuarcita,

pórfido y brecha. Para ellos se utilizaron estereogramas para identificar las familias de fallas.

Los bancos que se trabajaron en fase 04, 05 y 06 del tajo de la mina modelo de Huamachuco son de 8 metros de altura.

Fases: El tajo de la mina modelo se está minado en actualidad en tres fases 04, 05 y 06.

Fase 4: Comprende la producción desde el banco 3508 hasta el banco 3280 haciendo un total de 29 bancos (228 m.), con un tonelaje de mineral de 25'321,957 TM y 74'254,266 TM de desmonte, con una ley promedio de 0.636 gr/Tn de Au, lo que hace 427,168 Oz de Au; y un stripping ratio overall de 1.67.

Fase 5: Comprende la producción desde el banco 3610 hasta el banco 3200 haciendo un total de 51 (410 m.) bancos, con un tonelaje de mineral de 47'808,862 TM y 55'010,501 TM de desmonte, con una ley promedio de 0.545 gr/Tn de Au, lo que hace 887,548 Oz de Au y un stripping ratio overall de 1.36.

Fase 6: Comprende la producción desde el banco 3586 hasta el banco 3192 haciendo un total de 49 (394 m) bancos, con un tonelaje de mineral de 19'011,361 TM y 22'578,302 TM de desmonte, con una ley promedio de 0.52 gr/Tn de Au, lo que hace 294,308 oz de Au y un stripping ratio overall de 1.11.



Figura 19. Bancos que se trabajaron los aceros DTH, en fase 05 del tajo de la mina modelo de Huamachuco.



Figura 20. Bancos que se trabajaron los aceros DTH, en fase 04 del tajo de la mina modelo de Huamachuco.

h. Caracterización Geotécnica

El modelo geotécnico que consiste en los siguientes componentes:

- Geología del área del tajo;
- Estructural de roca;
- Propiedades de los materiales, incluyendo la alteración;
- Propiedades del macizo rocoso;
- Condiciones hidrogeológicas;

El Modelo Geotécnico dividió el macizo rocoso del tajo Calaorco en.

Sedimentaria: Arenisca, Arenisca Brechada, Arenisca con intercalaciones de Limolita y Lutita. Golder (2016).

Sedimentaria con alteración y/o meteorización.

Intrusivo: Pórfido Andesítico, Pórfido Dacítico, Pórfido Andesítico Bx.

Limolita: Limolita, Limolita con Lutita

Carbón: Carbón con arenisca, carbón con lutita.

i. Resistencia de Roca Intacta

Según, Golder (2016), para la estimación de los ensayos de compresión no confinada, se consideraron los resultados de ensayos realizados y se estimaron los valores promedio y las desviaciones estándar.

Los resultados de laboratorio indican que la unidad sedimentaria es muy resistente ($100 \text{ MPa} < \text{UCS} < 250 \text{ MPa}$), las unidades Intrusiva y Limolita son de resistencia débil o frágil ($5 \text{ MPa} < \text{UCS} < 25 \text{ MPa}$), mientras que la Lutita Carbonosa tienen resistencia muy débil o muy frágil ($1 \text{ MPa} < \text{UCS} < 5 \text{ MPa}$).

El logueo de las perforaciones geotécnicas, se observó un micro fracturamiento en muchos intervalos, ocasionando la reducción de la resistencia de la roca intacta. Por otro lado, si la alteración hidrotermal llenó las microfracturas, por ejemplo, con sílice (i.e., silicificación), estas microfracturas no controlan la resistencia de la roca, conforme es mostrado en la figura 21. Esta microfracturamiento es importante pues permite la fragmentación con la voladura del macizo rocoso en tamaños adecuados para la mina, eliminando con eso la necesidad de tener chancadora.



Fuente: Golder, 2016

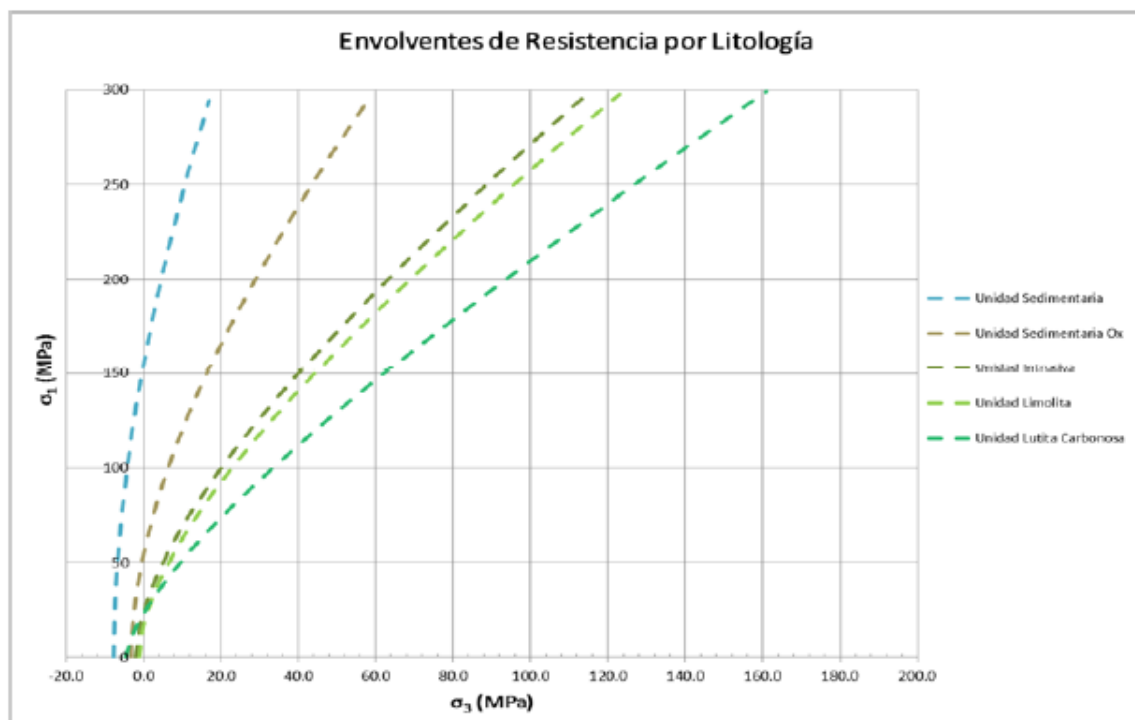
Figura 21. Influencia del micro fracturamiento en la resistencia de la roca intacta

Según, Golder (2016), la resistencia a la tracción indirecta tiene los valores promedio más altos en la unidad Sedimentaria, con valores de 9.7 MPa; el valor obtenido en la unidad Intrusiva tiene valores de 3.4 MPa; en el caso de la Limolita, tiene un valor promedio de 1.23 MPa. La Lutita Carbonosa (o Carbón) tiene un valor atípico de 7.5 MPa, el cual no se ha considerado en los cálculos estadísticos ya que no guarda relación con las estimaciones de índice de resistencia de campo (R1), y es muy probable que la intercalación con capas finas de arenisca le aporte esta resistencia; a partir de los valores de ensayo de compresión triaxial, UCS y resistencia a la tracción se estimaron las envolventes de resistencia de la roca intacta aplicando el criterio de rotura de Hoek-Brown Hoek.

La resistencia de Hoek-Brown según unidad litológica en un mismo espacio. Los parámetros H-B para cada unidad se resumen y presentan en la figura 22.

La unidad geotécnica Sedimentaria fue subdividida en dos unidades: la unidad Sedimentaria más competente sin efecto de la alteración, y la unidad Sedimentaria alterado o con presencia de oxidación.

La comparación de las envolventes de resistencia indica que la unidad Sedimentaria en sus dos sub-unidades tendría la mayor resistencia, medida por la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta, seguido de la unidad Intrusiva. De menor resistencia se encuentran la Limolita y la Lutita Carbonosa (o Carbón), aunque esta última presenta valores inconsistentes.



Fuente: Golder, 2016

Figura 22. Envoltentes de Resistencia de Hoek-Brown según Litología

Tabla 3. Resumen de Parámetros de resistencia de la roca intacta por unidad litológica.

Unidad Geotécnica	Parámetros de Hoek-Brown		
	σ_{ci} (MPa)	σ_t (MPa)	m_i
Sedimentaria	155.4	-7.8	20
Sedimentaria Alterada/Oxidación	53.8	-3.2	17
Intrusiva	24	-2.0	12
Limolita	16.4	-1.1	15
Lutita Carbonosa	23	-4.6	5

Fuente: Golder, 2016

Donde:

σ_{ci} = Resistencia compresiva de la roca intacta;

σ_t = resistencia a la tracción;

m_i = parámetro del criterio de falla H-B

1.1.2.19 Parámetros del Macizo Rocosó

Según, Golder (2016), los valores de RQD se presentan en una escala de 0 a 100, siendo una roca de excelente calidad de 90 a 100%. Los pesos promedios de RQD fueron calculados a partir de datos de testigos de perforaciones para cada unidad de roca y son resumidos en el Tabla 4.

Tabla 4. Resumen de RQD por unidad geotécnica

Unidad Geotécnica	Programa de Perforación	RQD (%)	Desviación Estándar
Sedimentaria	2009	34	28.5
	2011/2012	73	30.9
	2015/2016	40	39
Intrusiva	2009	42	35.8
	2011/2012	37	37.0
	2015/2016	73	30
Limolita	2015/2016	27	36
Carbón	2015/2016	3	3

Fuente: Golder, 2016

De acuerdo con los registros de perforaciones realizadas en 2015/2016, el macizo rocoso de la unidad Sedimentaria está más

fracturado (perforaciones GT-1, 4 y 5) que la unidad Intrusiva (perforaciones GT-2 & 3). A pesar de todo el esfuerzo hecho durante el logeo, es posible que algunas de las fracturas logeadas para la unidad Sedimentaria sean mecánicas, pero fueron muy difícil de distinguirlas debido a los varios intervalos con evidencia de fallas y con testigo roto. Por ejemplo, la perforación GT-1 hacia al NO en la parte norte del tajo, indica un alto grado de fracturamiento el cual estaría asociado con las fallas que cruzan esta área, conforme también observado en la pared, y también con la alteración / oxidación que ocurre en este sector.

La unidad Intrusiva presentó un menor grado de fracturamiento, lo que sugeriría basado en el valor promedio de RQD, un macizo de buena calidad si no fuese por la baja resistencia de la roca; basado en estos valores de RQD, las unidades Limolita y Carbón son de mala a muy mala calidad.

1.1.2.20 Clasificación de Macizo Rocoso

Según, Golder (2016), el sistema de clasificación RMR (Bieniawski, 1976) combina una serie de parámetros a fin de obtener una valoración que es indicativa de la calidad de la roca. Los parámetros de evaluación incluyen el UCS, RQD, espaciamiento de fractura, JCR, y condición de agua subterránea. En la tabla 4, se muestra la valoración de cada parámetro, al cual se le asigna una clasificación numérica, y la suma de las valoraciones resulta en un RMR entre 0 (macizo rocoso de calidad Muy Mala) y 100 (macizo rocoso de calidad Muy Buena).

Tabla 5. Sistema de Clasificación RMR

Parámetro	Rango de Valores por Parámetro y (Clasificación)						
Clasificación UCS	>200 MPa (15)	100-200 MPa (12)	50-100 MPa (7)	25-50 MPa (4)	10-25 (2)	<3-10 (1)	1-3 (0)
Clasificación RQD	90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)		
Clasificación de Espaciado de Junta	>3 m (30)	1-3 m (25)	0,3-1 m (20)	50-300 mm (10)	<50 mm (5)		
JCR	Muy rugosa	Débilmente rugosa	Débilmente rugosa	Espejos de Falla	Panizo (Gouge fault)		
	No hay separación	Separación <1 mm	Separación <1 mm	Separación o salbanda <5 mm	Separación >5 mm		
	Roca dura en las paredes	Roca dura en las paredes	Roca suave en las paredes				
Clasificación de Agua Subterránea	Completamente Seco (10)		Húmedo (7)	Presión Moderada (4)	Severo (0)		
Valor Total de RMR (Suma de Clasificaciones para 5 Elementos)							
Clasificación	100 – 81	80 – 61	60 – 41	40 - 21	20 - 0		
Descripción (Clase del macizo)	I – Muy Bueno (R5)	II – Bueno (R4)	III-Aceptable (R3)	IV – Malo (R2)	V – Muy Malo (R1)		

Fuente: Golder, 2016.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la optimización del costo de perforación para los aceros DTH en la mina modelo a tajo abierto, Huamachuco, 2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Optimizar el costo de perforación para aceros DTH en la mina modelo a tajo abierto, Huamachuco, 2018.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar la situación actual el proceso de perforación en la mina modelo de Huamachuco.

Determinar la fórmula del costo total de perforación para aceros DTH en la mina modelo a tajo abierto.

Realizar la optimización del costo de perforación en la mina modelo a tajo abierto, obteniendo parámetros de beneficio/costo de aceros

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

En la mina modelo a tajo abierto la selección de un adecuado acero DTH, optimizara el costo de perforación y sus parámetros de perforación.

1.4.2. Hipótesis específicas

Aumentar la vida útil de los aceros DTH en la mina modelo a tajo abierto. para optimizar los costos de perforación.

Logrando determinar la fórmula para aceros DTH se optimizará el costo total de perforación en la mina modelo a tajo abierto.

Al optimizar el costo de perforación se logrará obtener parámetros de beneficio/costo para aceros DTH en la mina modelo a tajo abierto.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

El tipo de estudio de la presente investigación es una aplicada porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos (fundamental). Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar.

Definición de variables

Variable Independiente

Optimización del costo total de perforación

Variable Dependiente:

Para aceros DTH en la mina modelo a tajo abierto

Tabla 6. Matriz operacionalización de variables.

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores
Optimización del costo total de perforación	La optimización del costo total de perforación permitirá obtener una máxima eficiencia con los aceros de perforación que se utilizará, donde se reflejará el costo operacional de dicha operación unitaria.	Velocidad De penetración.	a) Velocidad de rotación RPM b) Pulldown (Duro, Medio y Suave).
		Metros perforados por los aceros DTH (martillo y Broca)	a) Perforadora D245s b) Marca y modelo del martillo DTH. c) Marca y modelo de la broca DTH.
		Propiedades del macizo rocoso	a) Clase de roca R2* b) Clase de roca R3* c) Clase de roca R4* d) Clase de roca R5*
Para aceros DTH en la mina modelo a tajo abierto	Los aceros DTH, generalmente se utiliza para perforar en rocas duras que tiene la mina modelo de Huamachuco	Metros perforados	a) Incremento de los metros perforados
		Taladros perforados	a) Incremento de los taladros perforados.
		Reducción del costo total de perforación.	a) Menor TDC según histórico de datos para clases de roca R4 y R5.

**Nota la resistencia de la roca y comprensión uniaxial de la mina modelo de Huamachuco es de R2*

(Débil), R3 (Moderadamente resistente), R4 (Resistente) y R5 (muy resistente).

Fuente: Elaborado por los autores.

2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

La población es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matrícula en una misma universidad, o similares.

En el caso de nuestra investigación la población será el proceso de perforación en el tajo de la mina modelo de Huamachuco.

La muestra es una parte pequeña de la población o un subconjunto de esta, que sin embargo posee las principales características de aquella. Esta es la principal propiedad de la muestra (poseer las principales características de la población) la que hace posible que el investigador, que trabaja con la muestra, generalice sus resultados a la población.

En el caso de nuestra investigación la muestra es las 5 marcas de aceros DTH (Mincon, Drillco, Sandvick, Numa y Atlas Copco) que se perforo en el tajo de la mina modelo de Huamachuco.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Técnicas

Las técnicas usadas en la presente investigación serán: (Datos de campo, las observaciones, Tesis bibliográficas, monografías de las minas, eventos de actualización, trabajos de investigación).

La observación es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

2.3.2 Los instrumentos

Los instrumentos usados en la presente investigación serán:

1. Datos de las bitácoras de las perforadoras (in situ).

2. Comparaciones estadísticas de rendimientos
3. Análisis de costo de perforación

2.3.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de los datos de esta investigación se utilizó software Excel, para calcular los siguientes estadígrafos.

1. Las medias de tendencia central (la media aritmética, la mediana y la moda), de dispersión (la varianza y la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad).
2. Los estadígrafos de la Estadística Inferencial como el análisis de varianza ANOVA, para contrastar la hipótesis de investigación.
3. Cálculos del costo total de perforación y velocidad de penetración de los aceros DTH.

2.4 Procedimiento

La recolección de datos estará en función a la velocidad de perforación y el costo total de perforación (TD), primero se tomarán datos de total metros perforados, la vida útil de las brocas y también martillo DTH.

2.4.1 Prueba de hipótesis

Para la prueba de hipótesis se aplicó el análisis de varianza ANOVA, para la velocidad de penetración y el costo total de perforación para las 5 marcas de aceros DTH se utilizó los siguientes datos que se trabaja en la mina modelo a tajo abierto. Para análisis de varianza se calculó con las siguiente formulas y con la opción de análisis de datos en el software Excel.

Tabla 7. Fórmulas de trabajo para el análisis de varianza.

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Factor	$SC_{factor} = \sum \frac{C_i^2}{k_i} - \frac{(\sum x)^2}{n}$	$c - 1$	$CM_{factor} = \frac{SC_{factor}}{c - 1}$	$\frac{CM_{factor}}{CM_{error}}$
Error	$SC_{error} = \sum x^2 - \sum \frac{C_i^2}{k_i}$	$n - c$	$CM_{error} = \frac{SC_{error}}{n - c}$	
Total				

Fuente: Rivera 2012

Donde:

C_i : Suma de datos de cada columna.

k_i : Numero de datos en cada columna

x : Datos originales

c : Números de columnas

n : Número total de datos.

Tabla 8. Valores de la velocidad de penetración (m/h), para las cinco marcas de acero
DTH en la mina modelo de Huamachuco.

MINCON	DRILLCO	SANDVIK	NUMA	ATLAS COPCO
41.89	35.35	33.18	38.45	39.68
39.85	31.61	32.83	38.91	53.20
40.58	31.05	42.51	45.25	50.45
41.01	44.01	37.42	37.05	47.18
40.96	41.78	35.29	43.86	68.06
47.04	32.64	30.76	39.54	65.01
38.55	35.65	30.89		57.24
34.37		33.07		
39.05				
82.20				
54.56				
64.02				

Fuente: Elaborado por los autores.

Para realizar el análisis de datos se trabajó con el software de Excel para la velocidad de penetración m/h como se muestra un resumen en la siguiente tabla 9.

Tabla 9. Resumen de varianza de un factor para velocidad de penetración (m/h).

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
MINCON	12	564.10	47.01	188.26
DRILLCO	7	252.09	36.01	25.55
SANDVIK	8	275.94	34.49	15.27
NUMA	6	243.06	40.51	10.69
ATLAS COPCO	7	380.82	54.40	98.83

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 10. Análisis de varianza de un factor para velocidad de penetración (m/h).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2060.47	4	515.12	6.06	0.00082	2.64
Dentro de los grupos	2977.48	35	85.07			
Total	5037.95	39				

Fuente: Elaborado por los autores.

Formulación de hipótesis

Ho: Hipótesis Nula

H 1: Hipótesis Alterna

Ho: Seleccionado los aceros DTH, NO mejora la optimización del costo total de perforación en la mina modelo a tajo abierto debido a:

$$H_0 = \mu_{mincon} = \mu_{drillco} = \mu_{sandvik} = \mu_{numa} = \mu_{atlas\ copco}$$

H1: Seleccionando los aceros DTH, SI mejora la optimización del costo total de perforación en la mina modelo a tajo abierto debido a:

$$H_1 = \mu_{mincon} \neq \mu_{drillco} \neq \mu_{sandvik} \neq \mu_{numa} \neq \mu_{atlas\ copco}$$

Se ubica la estadística de prueba y se toma la decisión, para el cálculo del valor crítico para F se utilizó la tabla de distribución del anexo 4.

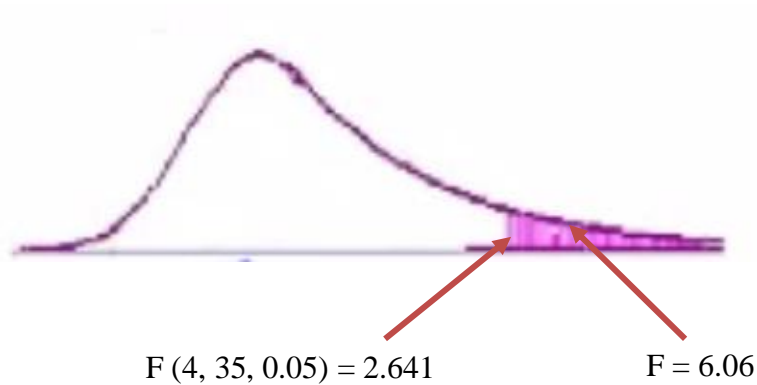


Figura 23. Cálculo del valor crítico de varianza Anova.

2.4.2 Decisión estadística

Como el análisis de varianza ANOVA calculada con los datos procesados de la Tabla 10, en función de se obtuvo el $F = 6.06$ y un valor crítico de $F = 2.641$; entonces se rechaza la H_0 , y se acepta la hipótesis alterna H_1 .

2.4.3 Conclusión estadística

Se ha demostrado con un nivel de significancia del 95% y un 5 % de margen de error; el análisis de varianza ANOVA que la selección de los aceros adecuados para la optimización del costo total de perforación para la operación minera influye significativamente en la Optimización de los Costos totales para la mina modelo a tajo abierto de Huamachuco.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Identificación de la situación actual con la que se encuentran la selección de los aceros DTH de perforación en la mina modelo a tajo abierto.

En la mina modelo a tajo abierto en la actualidad no se cuenta con una base de datos para control de aceros DTH y cálculo de su costo total de perforación, donde se realizó un diagrama de Causa - Efecto.

Una vez encontrados los puntos con más incidencia se realiza el diagrama de la situación actual de la mina modelo de Huamachuco para obtener la consecuencia que con lleva el análisis:

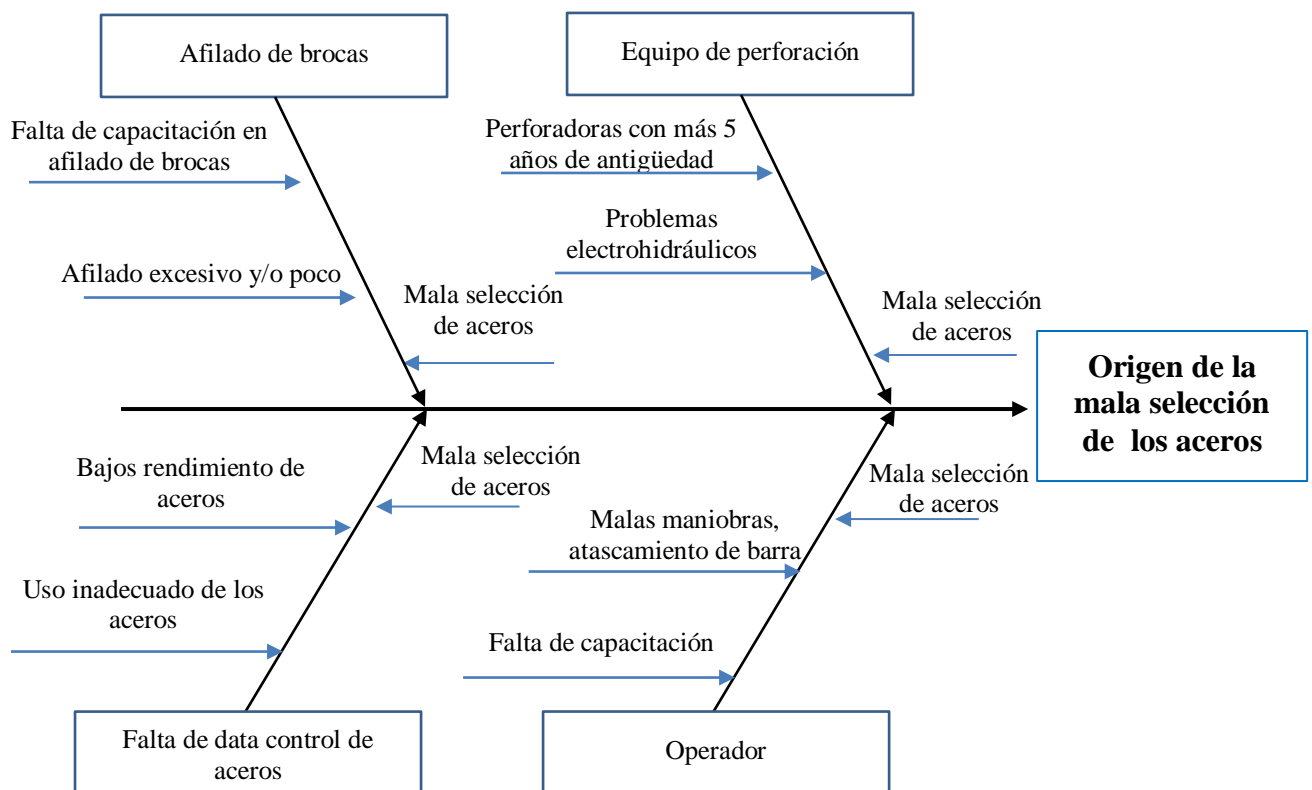


Figura 24. Diagrama de la situación actual de la mina modelo de Huamachuco.

Se realizó una base de datos para tener el control de los martillos y brocas en el software Excel como se muestra en la figura 22.

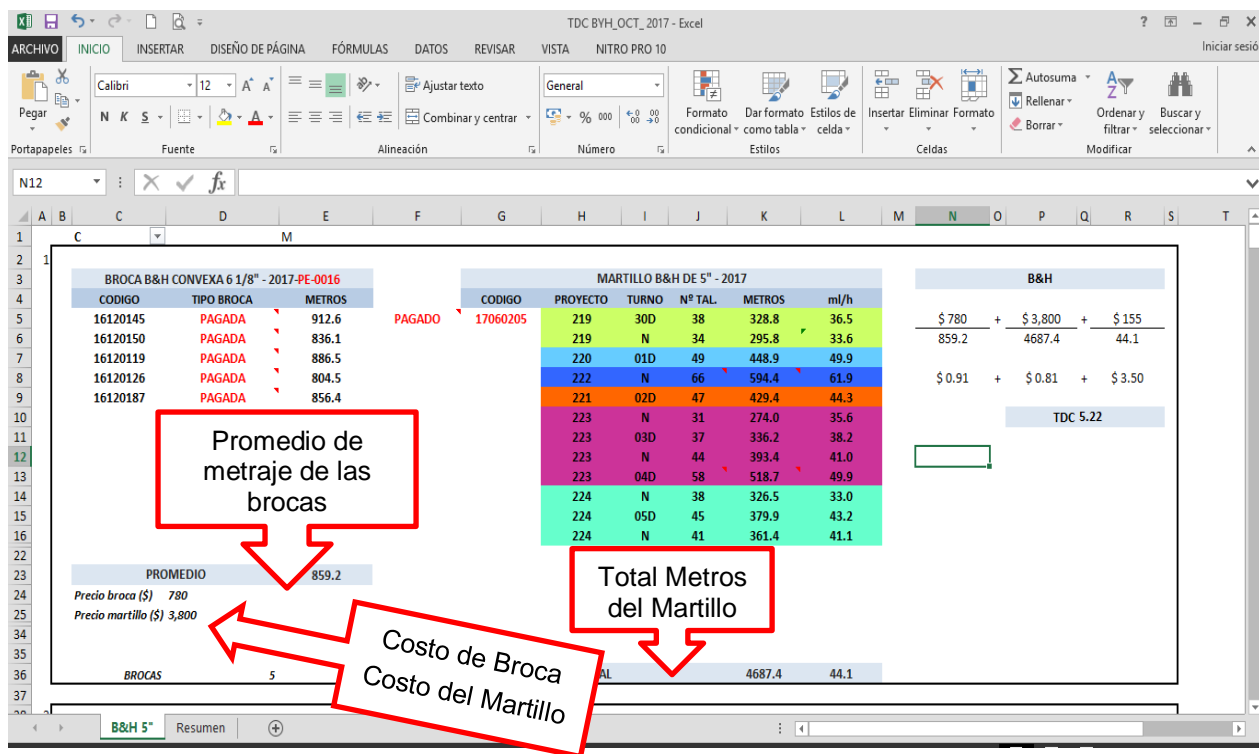


Figura 25. Plantilla en Excel muestra los metros promedio de brocas utilizados, metros totales del martillo, precios de las brocas y martillos en la mina modelo de Huamachuco.

3.2 Procedimiento para determinar la fórmula para cálculo del costo total de perforación (TDC) para la mina modelo de Huamachuco.

Para los cálculos del costo total de perforación (TDC) de los aceros DTH en la mina modelo de Huamachuco, es la suma de tres relaciones de variables como se muestra a continuación.

$$TDC = \frac{\text{Costo de la Broca de perforación (US\$)}}{\text{Promedio Metros Perforados (m)}} + \frac{\text{Costo del martillo de perforación (US\$)}}{\text{Total Metros Perforados (m)}} + \frac{\text{Costo de la Perforadora por hora (h)}}{\text{Velocidad de penetración (m/h)}} \dots\dots \text{(Ecuación 4)}$$

Por ejemplo se tiene aceros de marca B&H, con los siguientes datos que se trabajó en el mes de octubre con el martillo de código 17060205 que tiene un total de metraje 4,687.4 metros y su precio es de 3,800 US\$, se trabajó con 5 brocas y se tiene un promedio de 859.2 metros por cada broca se tiene el precio de 780 US\$ por cada broca

el precio de perforadora es de 155 US\$/h y la velocidad de penetración de los aceros B&H con el código de martillo ya mencionado es de 44.1 m/h.

Aplicando la fórmula para calcular el costo total de perforación TDC.

$$TDC = \frac{780 \text{ (US\$)}}{859.2 \text{ (m)}} + \frac{3,800 \text{ (US\$)}}{4,687.4 \text{ (m)}} + \frac{155 \text{ (h)}}{44.1 \text{ (m/h)}}$$

$$TDC = \$ 0.91 + \$ 0.81 + 3.50 \$/m$$

$$\mathbf{TDC = 5.22 \$/m}$$

Para determinar el TDC, para cada tipo de aceros se realizó con las siguientes marcas de aceros MINCON, DRILLCO, SANDVIK, NUMA y ATLAS COPCO, donde se obtuvo los siguientes resultados como se muestra en la tabla 11.

La cantidad de martillos y brocas se obtuvieron de las plantillas en Excel para que se tiene en el apéndice 5, para cada tipo aceros que se llenó desde el mes de noviembre, diciembre del 2017, como también para los meses de enero, febrero, marzo del 2018; y de igual manera se recolecto el costo total de perforación para los meses ya mencionados.

Tabla 11. Resultados de velocidad de penetración y costo total de perforación TDC, para las 5 marcas de aceros DTH a prueba, para el Q4-2017 y Q1-2018 de la mina modelo.

Trimestre	MES	ACEROS DTH			Total, de metros perforados	Velocidad de Penetración (m/h)		TDC (\$/m)	
		Marca	Martillos (Und)	Brocas (Und)		Programado	Ejecu tado	Programado	Ejecut ado
Q4-2017	Nov-17	MINCON	12.0	74.0	40,426.5	40.2	50.6	5.86	5.08
	Dic-17	DRILLCO	7.0	48.0	37,692.3	41.4	38.9	5.86	6.10
Q1-2018	Ene-18	SANDVIK	8.0	48.0	33,237.1	42.5	36.5	5.86	6.30
	Feb-18	NUMA	6.0	36.0	21,388.2	42.5	42.1	5.86	5.89
	Mar-18	ATLAS COPCO	7.0	47.0	34,669.7	43.6	39.5	5.86	5.90

Fuente: Elaborado por los autores.

Como se puede observar en la tabla 11, se tiene un TDC ejecutado con 5 marcas de aceros para determinar que lo recomendable es utilizar aceros MINCON ya que tiene un TDC ejecutado de 5.52 \$/m menos que las marcas Drillco, Sandvik, Numa, Atlas Copco.

3.3 Optimización del costo total de perforación para de aceros DTH para la mina modelo de Huamachuco obteniendo parámetros de beneficio/costo de aceros

3.3.1 Velocidad de penetración de los 5 tipos de aceros DTH.

Se obtuvieron los siguientes resultados de para las 5 marcas de aceros DTH que se realizó en la mina modelo a tajo abierto, donde se trabajó en la fase 05 y fase 04 como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Resultados de la velocidad de penetración para las 5 marcas de aceros DTH que se realizó en la mina modelo de Huamachuco.

Tajo	Banco	Tipo de Roca	Velocidad de Penetración m/h				
			Mincon	Drillco	Sandvik	Numa	Atlas copco
C-FASE 05	3400	R2	64.5	46.6	53.3	51.6	48.3
C-FASE 05	3384	R3	52.1	44.6	48.6	43.2	44.5
C-FASE 04	3312	R4	47.5	39.5	36.8	35.3	36.2
C-FASE 04	3304	R5	44.6	40.6	33.1	37.3	34.1

Fuente: Elaborado por los autores.

3.3.2 Precios y vida útil de los 5 tipos de aceros DTH

Para el cálculo de la vida útil de las 5 marcas de aceros se promedió el metraje global de todos los aceros DTH entre la cantidad de aceros utilizados con la siguiente formula.

$$Vida\ útil\ aceros\ DTH = \frac{Total\ metraje\ de\ aceros\ DTH}{\#\ de\ aceros\ DTH\ utilizados} \dots\dots\dots(Ecuación\ 5)$$

Donde se obtuvo los siguientes resultados como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Resultados de la vida útil para las 5 marca de aceros DTH.

Marca de Aceros	Precio (US\$)		Vida Útil (m)	
	Broca	Martillo	Broca	Martillo
MINCON	708.0	4,170.0	912.0	4,404.0
DRILLCO	708.0	4,225.0	773.6	4,253.0
SANDVIK	600.0	4,150.0	746.0	4,155.0
NUMA	665.0	3,395.0	627.3	4,125.0
ATLAS COPCO	790.0	4,000.0	741.9	4,430.0

Fuente: Elaborado por los autores.

Como se puede observar se tiene mayor promedio de vida útil de los aceros de la marca MINCON tiene 4404.0 y 912.0 metros en martillo y broca respectivamente la cual la destaca en mejor duración de vida útil con respecto a otras 5 marcas de aceros Mincon, Drillco, Sandvik, Numa y Atlas Copco.

3.3.3 Optimización y parámetros del costo total de perforación para las 5 de aceros DTH.

Variación del costo total para las 5 marcas de aceros que se realizó pruebas desde el mes de octubre del 2017 hasta marzo del 2018 como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Costo total presupuestado y ejecutado por tipo de aceros noviembre del 2017, hasta marzo del 2018 para la mina modelo de Huamachuco.

MES	Tipo de Acero	COSTO TOTAL (US\$)		
		Presupuestado	Ejecutado	Variación
Nov-17	MINCON	133,355	129,955	3,400
Dic-17	DRILLCO	131,445	136,747	-5,302
Ene-18	SANDVIK	152,480	154,850	-2,370
Feb-18	NUMA	147,735	150,470	-2,735
Mar-18	ATLAS COPCO	163,150	176,880	-13,730

Fuente: Elaborado por los autores.

Para el costo total se obtuvo como resultados, que utilizando los aceros DTH Mincon se tendría en este experimento comparativo un ahorro de 3,400 US\$ en comparación con el presupuesto para el mes de noviembre del 2017 y las 4 marcas de aceros Drillco, Sandvik, Numa, Atlas Copco tiene mayor su costo ejecutado con el presupuestado.

Para determinar el costo horario para cada tipo de aceros que se realizó pruebas desde el mes de noviembre del 2017 hasta marzo del 2018, como se muestra ven la tabla 15.

Tabla 15. Costo horario presupuestado y ejecutado por tipo de aceros noviembre del 2017 hasta marzo del 2018 para la mina modelo de Huamachuco.

MES	Tipo de Acero	Costo horario de aceros (US\$/h)		
		Presupuestado	Ejecutado	Variación
Nov-17	MINCON	89.67	87.38	2.29
Dic-17	DRILLCO	94.08	97.88	-3.79
Ene-18	SANDVIK	93.18	94.63	-1.45
Feb-18	NUMA	96.25	98.03	-1.78
Mar-18	ATLAS COPCO	98.09	106.35	-8.25

Fuente: Elaborado por los autores.

Para el costo horario de aceros US\$/h, se obtuvo como resultados que utilizando los aceros DTH Mincon se tendría un ahorro de 2.29 US\$/h en comparación con el presupuesto para el mes de noviembre del 2017 y las 4 marcas de aceros Drillco, Sandvik, Numa, Atlas Copco tiene mayor su costo horario ejecutado con el presupuestado.

Para determinar el ahorro para los trimestres Q4-2017 y Q1-2018 se multiplico la variación del costo horario 2.29 US\$/h con las horas presupuestadas de como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Total, costo ahorrado para los trimestres Q4-2017 y Q1-2018 para la
mina modelo de Huamachuco.

ÍTEMS	Q4-2017	Q1-2018	TOTAL
Total, Horas Presupuestadas	4,393.65	4,834.45	9,228.10
Total, Costo Ahorrado	10,044.34	11,052.06	21,096.40

Fuente: Elaborado por los autores.

Como se puede observar en la tabla 15 utilizando aceros Mincon DTH se tendría un ahorro de 21,096.40 US\$ en comparación con las 4 marcas de aceros Mincon, Drillco, Sandvik, Numa, Atlas Copco tiene mayor su costo horario ejecutado con el presupuestado.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Para la selección de los mejores aceros DTH para la perforación en la mina modelo a tajo abierto; se ha realizado un análisis de causa – efecto se determinó falta de data para control de aceros DTH, y por lo mismo se elaboró una data en el software Excel y ver el costo total de perforación, así mismo hacer seguimiento que dichos aceros lleguen al metraje programado para cada mes, es muy importante realizar el análisis de la causa principal que influye en toda la atapa de perforación para evitar desgaste de prematuros de los aceros.

El costo parcial de perforación es el precio al que se adquirió la broca dividido por la distancia que perfora. La fórmula el TDC incluye el costo de la broca, el rendimiento por hora del equipo de perforación, pies o metros por hora y distancia perforada es probablemente la mejor forma de evaluar el funcionamiento de la broca; sin embargo, si tiene poco tiempo para la perforación y está dispuesto a manejar la flota de perforadoras debido a la productividad, el costo total de perforación (TDC) podría ser un buen criterio. El costo de productividad es la parte más grande de TDC que determina la buena utilización de los aceros, dentro de una operación unitaria, en comparación en la operación minera para la mina modelo a tajo abierto de Huamachuco, se trabaja con aceros DTH y elaboro una data en software Excel donde se determinó la fórmula que es la suma de la relación costo de la broca entre el metraje promedio de las brocas trabajadas más el costo de martillo entre metraje total del martillo más el costo horario de la perforadora entre la velocidad de penetración de los aceros DTH.

En la investigación que fue realizada en mina modelo ubicada en el departamento de Cajamarca obtenido como resultados reduciendo al TDC en 21.42% y 19.45% en

terrenos duros y medio a suave respectivamente. Por lo tanto, estos modelos de brocas han dado buenos resultados, sobre todo en terrenos duros, ya que este presenta el costo más alto. De acuerdo a la nuestros resultados obtenidos y realizando el costo total de perforación (TDC), para las 5 marcas de aceros Mincon, Drillco, Sandvik, Numa, Atlas Copco, donde es obtuvo 5.52 US\$/m, 6.10 US\$/m, 6.30 US\$/m, 5.89 US\$/m y 5.90 US\$/m respectivamente, para lo cual se tiene el costo total de perforación de los aceros DTH Mincon que tienen una velocidad de penetración de 64.5 m/h, 52.1 m/h, 47.5 m/h y 44.6 m/h en las clases de roca R2, R3, R4 y R5 respectivamente que se perforo en fase 05 y fase 06 del tajo de la mina modelo de Huamachuco, tendiendo una vida útil en promedio de 4,404 metros para el martillo y 912 metros para las brocas.

4.2 Conclusiones

Se logró identificar la situación actual en el proceso de perforación en la mina modelo de Huamachuco, realizando un diagrama de la situación acerca de la selección de los aceros en el proceso de perforación, donde se debe tener en cuenta la vida útil del acero y su velocidad de penetración puede repercutir mucho en todo el proceso de perforación como en el afilado de brocas, en el equipo mismo y así mismo con el operador.

Se logró determinar las principales variables y/o factores que intervienen en el costo total de perforación (TDC), como la velocidad de penetración en promedio, para las marcas de aceros DTH Mincon, Drillco, Sandvik, Numa, Atlas Copco que son 51.6 m/h, 38.9 m/h, 36.5 m/h, 42.1 m/h y 39.5 m/h respectivamente y también se determinó la vida útil promedio de las brocas DTH 912 m., 773.6 m., 746.0 m., 627.3 m. y 741.9 m. respectiva mente así mismo el metraje promedio de los martillos que es de 4,404.0 m., 4,253 m., 4,155.0 m., 4,125.0 m. y 4,430 m. la cual los aceros

MINCON tienen mayor velocidad de penetración con 51.6 m/h, en promedio y su vida útil de sus aceros es mayor en comparación con los demás como es 912 m. en brocas y 4,404 m. en promedio que se trabajó en el mes de noviembre del 2017 en el tajo de la mina modelo a tajo abierto de Huamachuco.

Se logró determinar la influencia económica de los principales factores que intervienen en el costo total de perforación y así mismo optimizar el costo total para esta operación unitaria logrando un costo total de 5.52 US\$/m, que se logró con los aceros DTH Mincon y donde estos aceros se obtuvo una velocidad de penetración promedio de 51.6 m/h, que se perforo con dichos aceros en el mes de noviembre 2017 en la mina modelo de Huamachuco en el tajo que se trabajó y para el costo total es de 2.29 US\$/h de ahorro cuando se trabajó con los aceros DTH Mincon y un ahorro de 3,400 US\$ menos del presupuestado para el mes de noviembre 2017, al determinar de acuerdo a las horas presupuestadas para los dos trimestres que se trabajó aceros a prueba Mincon, Drillco, Sandvik, Numa, Atlas Copco se tendría un ahorro en los dos trimestres de 21,096.40 US\$; actualmente se viene trabajando con aceros mincon.

Se logró optimizar dicha operación unitaria ya que al utilizar aceros DTH Mincon se ahorraría en promedio 2.29 US\$/h, de acuerdo a las horas presupuestadas para los trimestre Q4-2017 y Q1-2018 meses en que se realizó pruebas con aceros Mincon, Drillco, Sandvik, Numa, Atlas Copco teniendo un ahorro para cada trimestre de 10,044.34 US\$ para el Q4-2017 y de 11,052.06 US\$ para el Q1-2018 y teniendo una velocidad de penetración de 64.5, 52.1, 47.5 y 44.6 m/h, donde se trabajó en cuatro clases de rocas R2, R3, R4 y R5 en la fase 04 y fase 05.

REFERENCIAS

- Acosta Ale, J. (12 de Mayo de 2018). *Mapa Metalogenético del Perú*. Obtenido de PROEXPLO:
http://www.proexplo.com.pe/2013/programa/cursos_cortos/Yacimientos%20y%20Metalogenia/MAPA%20METALOGENETICO.pdf
- América, S. (15 de Agosto de 2016). *Brocas de la base del diamante fabricante* . Obtenido de Roschen: <http://spanish.explorationcoredrilling.com/sale-9448167-n120a-dth-hammer-numa-120-down-the-hole-hammer-for-water-well-hole-drilling.html>
- Asociación Latinoamericana de Integración. (25 de Abril de 2018). *Indicadores socioeconomicos: Conceptos y definiciones*. Obtenido de ALADI:
<http://www.aladi.org/nsfaladi/sitioAladi.nsf/indicadorEcDatos.xsp?databaseName=CN=webserv/O=ALADI!!nsfaladi%5Cindicado.nsf&documentId=3465AD8EEA914133032567B4005CD7F5&action=editDocument>
- Autana, D. (12 de Septiembre de 2018). *Aceros para perforación para minería*. Obtenido de Drilling : <http://www.comercialautana.cl/productos/aceros-de-perforacion/martillos-de-fondo/martillos-4%E2%80%B3/4hr>
- Avalos Agreda, R., De la Cruz, I., & Evangelista Cuba, A. (s.f.). *Tesis Influencia del canon minero sobre las inversiones públicas en la región La Libertad:2005-2009*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/38718280/Tesis-Canon-Minero-Actualizado>
- Carrasco, C. (2016). *La Optimización de las Operaciones Unitarias de Perforación y Voladura*. Unidad Minera San Andrés-Marsa .
- Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforación y Voladura de Rocas en Minería*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

- Comisión Europea. (12 de Septiembre de 2018). *Métodos propuestos para la medición del impacto social*. Obtenido de Comisión Europea: ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=13401&langId=es
- Espinoza, R. (2011). *Informe de Practicas en Perforación y Voladura*. Cajamarca: Compañía de mina Buenaventura S.A.A.
- Estudios Mineros del Perú S.A.C. (15 de Octubre de Septiembre). *MANUAL DE MINERIA*. Obtenido de PROESMIN S.A.C.: http://www.estudiosmineros.com/ManualMineria/Manual_Mineria.pdf
- Farje, I. (2008). *Perforación y volura en minera a cielo abierto*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.
- Fernández de López, M. (2008). *Glosario de términos minero energéticos y ambientales de la legislación peruana*. Lima: Editorial de la Sociedad Nacional Minería Petróleo y Energía.
- Garrido Llosa, J. J. (2015). *Mejora y control de estándares en perforación y voladura para la reducción del costo en mina Animon*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (Tesis para optar el título Ingeniero de Minas)).
- George, O. a. (2014). *Calaorco Fase 3 Oxide Pit, Check Stability Analyses La Arena Project*. Canada.
- Golder Associates. (2016). *Estudio Geotécnico de la Expansión del Tajo Calaorco a Nivel de Factibilidad*. Lima.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2017). *Metodología de Investigación (5a ed.)*. México: Mc Graw Hill.
- Hoek, E. (2012). *Blast Damage Factor D. Technical note for RocNews-February 2*. Canada.

- Jaramillo, J. (2017). *Diseño de Perforación y Voladura con Análisis Económico de la cantera Luzagui ubicada en el Cantón Daule, Provincia del Guayas*. Guayas-Ecuador: Facultad de Ciencia y Tecnología.
- Jáuregui, O. (2009). *Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de Perforación y voladura*. Lima. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/manual-flotacion-minerales/manual-flotacion-minerales2.shtml>
- Llaique, Á., & Sánchez, W. (2015). *Determinación del costo total de perforación para optimizar esta operación Unitaria en mina modelo a tajo abierto*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- López Jimeno, E. (2010). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. España: Instituto Tecnológico Geominero.
- Lopez, C. (2010). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Lima: Instituto geológico y minero de España.
- López, R. (2012). *Estudio de desempeño y rendimiento de brocas de perforación en el campo de shushufindi para optimizar tiempos de perforación mediante la aplicación de la base de datos Phoenix de Halliburton*. Quito: Ecuador.
- Martinez, H. (2014). Aire comprimido y perforación. *Inacap Iquique*, 18.
- Moreno, S. O. (2012). *Informe de Practicas Profesionales*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Nuñoncca, L. A. (2015). *Determinación del costo total de perforación para optimizar esta operación unitaria en mina modelo a tajo abierto, Cajamarca-Perú*. Cajamarca: Tesis para optar grado de Ingeniero de Minas.

- Otiniano Cruz, M. A. (15 de Agosto de 2018). *Impacto socioambiental de las inversiones mineras en la región La Libertad*. Obtenido de Scribd:
<https://es.scribd.com/document/98988676/Impactos-Socio-Economicas-de-La-Mineria-en-La-Libertad>
- Plasencia, J. (2018). *Perforación DTH (Rock Drilling Tools), Parametros y fundamentos*. Madrid.
- Propuesta Ciudadana. (19 de Agosto de 2018). *Lo que debemos saber del canon y la regalía minera (Cartilla)*. Obtenido de Propuesta ciudadana:
<http://www.propuestaciudadana.org.pe/sites/default/files/publicaciones/archivos/CanonRegalias-encarte.pdf>
- Quispe, J., Carlotto, V., Acosta, J., Macharé, J., Chirif, H., Rivera, R., . . . Rodríguez, R. (15 de Septiembre de 2018). *MAPA METALOGÉNICO DEL PERÚ 2008*. Obtenido de INGEMMET:
http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/202784/P14_Mapas_Metalogeneticos_2008_INGEMMET.pdf/3fcbee65-14c8-430b-91d6-2e0dd1bcf394
- Reclamation, I. S. (2018). *Total Drilling Cost*. Canada: AC BHMT's Value Proposition.
- Rivera, J. (2014). *Rotary Product Specialist Latin America*. Lima: Atlas Copco Secoroc LLC, Grand Prairie TX.
- Rodriguez, R. J. (2012). *Estudio de desempeño y rendimiento de brocas*. Quito.
- Sandvik. (2015). *Manual de Servicio de Perforadora D245S*. Quilicura: Quilicura - Santiago de CHILE.
- Sandvik Mining and Construcción. (15 de marzo de 2018). *Brocas DTH en la minería de superficial*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/168493669/Manual-dth-espanol>.

Tools, D. (16 de Julio de 2018). *Manual de Operación y Mantenimiento*. Obtenido de Puma
Hammers from the Andes: [https://es.scribd.com/doc/268852061/Manual-de-
Martillos-Puma-pdf](https://es.scribd.com/doc/268852061/Manual-de-Martillos-Puma-pdf)

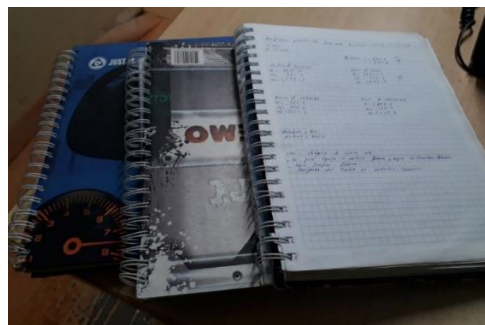
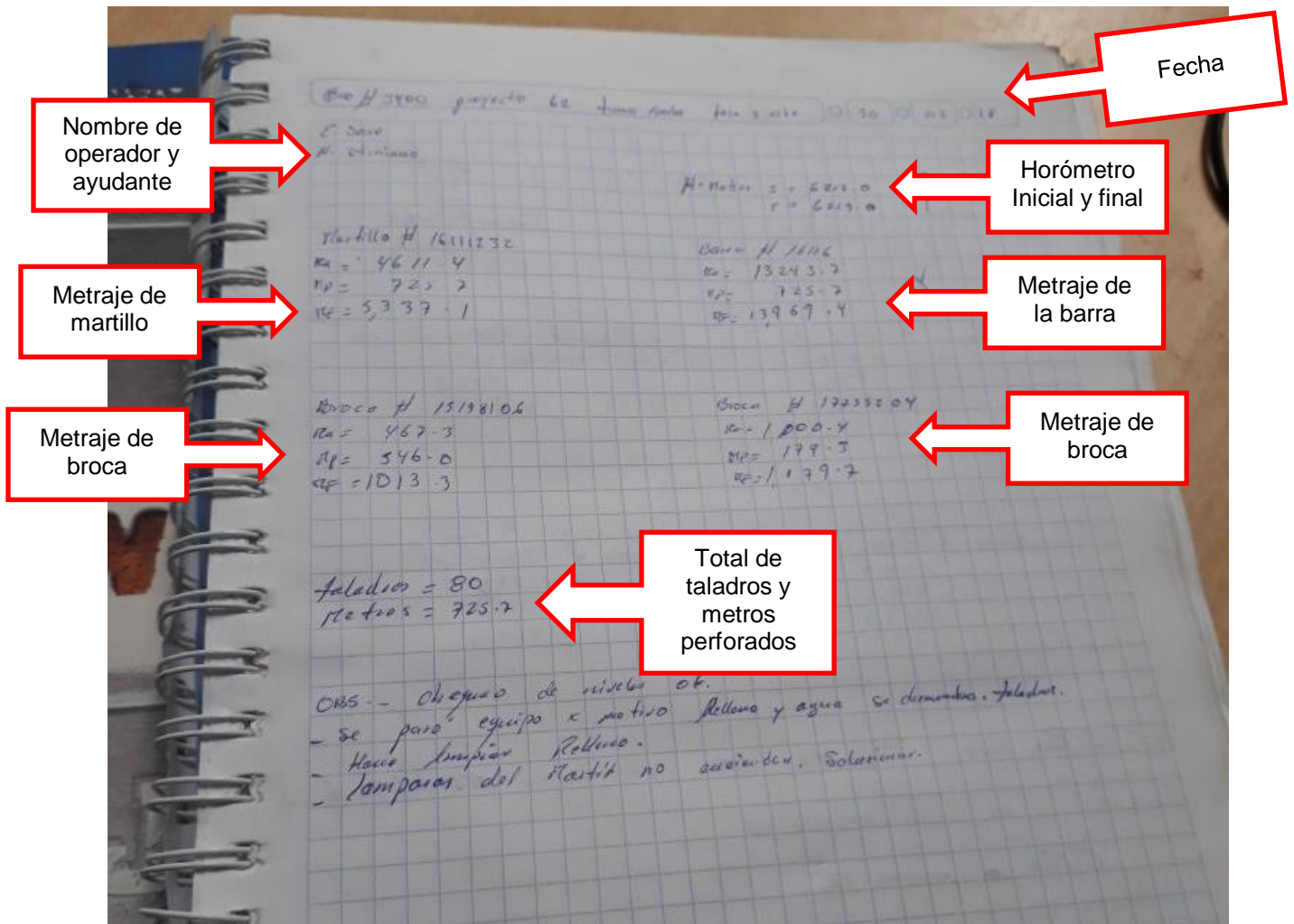
ANEXOS

Anexo n° 1. Perforadoras y aceros DTH usados en la mina modelo de Huamachuco.



Anexo n° 2. Bitácoras de perforadoras de la mina modelo de Huamachuco.

Dentro de las bitácoras que se utilizan en la mina modelo de Huamachuco, ahí se describe el banco donde se perforo, el proyecto el turno, fase del tajo, los metros perforados por guardia y taladros, metraje de barra, martillo y brocas y también se coloca el horómetro inicial y final del equipo de perforación. También se describe las fallas mecánicas y/o correctivos que se hicieron dentro de cada guardia.




Anexo n° 3. Calculo del costo total de perforación para las 5 marcas de aceros DTH.

Se determinó el costo para las 5 marcas de aceros se trabajó con los trimestres Q4-2017 y Q1-2018 y se calculó los aceros de acuerdo con el FORESCAST que se viene trabajando en la mina modelo de Huamachuco.

Para el cálculo del costo total de para cada mes solo se utilizó martillos y brocas para cada marca de aceros como: Mincon, Drillco, Sandvik, Numa y Atlas Copco, para lo cual se tiene un promedio de la vida útil y precios como se muestra a continuación, donde se irá cambiando para cada mes que estos aceros DTH se realizó pruebas

Para el mes de noviembre 2017 se trabajó con aceros Mincon y se obtuvo los siguientes resultados.


Para el mes de noviembre del 2017, se trabajó con aceros MINCON y se obtuvo los siguientes resultados

AÑO 2017			EJECUTADO NOVIEMBRE_ MINCON		PROGRAMADO NOVIEMBRE_ MINCON	
			Metros a Perforar (mt)	59,159.18	Metros a Perforar (mt)	59,159.18
			Horas de Perforadora (h)	1,487.25	Horas de Perforadora (h)	1,487.25
			Costo horario solo de perforadora US\$/h	198.86	Costo horario solo de perforadora US\$/h	196.57
Aceros /Accesorios	Costo de aceros/accesorios (US\$)	Vida util/unidad	CANTIDAD	US\$	CANTIDAD	US\$
BARRA	3,400	35,000	2	6,800.00	2	6,800.00
MARTILLO	4,170	4,404	14	58,380.00	14	53,200.00
BROCA	708	912	65	46,020.00	70	54,600.00
PORTABIT	350	2,000	30	10,500.00	30	10,500.00
ADAPTER	305	8,000	8	2,440.00	8	2,440.00
BOCINA	455	8,000	8	3,640.00	8	3,640.00
COPA DE AFILADO	145	4,000	15	2,175.00	15	2,175.00
COSTO TOTAL (US\$)				129,955.00	COSTO TOTAL (US\$)	133,355.00
Costo horario de aceros US\$/h				87.38	Costo horario de aceros US\$/h	89.67

Cálculo de costo total y costo horario de aceros MINCON para el mes de noviembre del 2017.

Como se puede observar, el costo total ejecutado es de 129,955 US\$ y también se tiene un costo horario de aceros de 87.38 US\$/h utilizando que se trabajó en el mes de Noviembre del 2017.


Para el mes de diciembre del 2017 se trabajó con aceros DRILLCO y se obtuvo los siguientes resultados.

AÑO 2017			EJECUTADO DICIEMBRE_DRILLCO		PROGRAMADO DICIEMBRE_DRILLCO		
			Metros a Perforar (mt) 57,224.71		Metros a Perforar (mt) 57,224.71		
			Horas de Perforadora (h) 1,397.15		Horas de Perforadora (h) 1,397.15		
			Costo horario solo de perforadora US\$/h 153.74		Costo horario solo de perforadora US\$/h 157.54		
Aceros /Accesorios	Costo de aceros/accesorios (US\$)	Vida util/unidad	CANTIDAD	US\$	CANTIDAD	US\$	
BARRA	3,400	35,000	2	6,800.00	2	6,800.00	
MARTILLO	4,225	4,253	14	59,150.00	14	53,200.00	
BROCA	708	774	74	52,392.00	68	53,040.00	
PORTABIT	350	2,000	29	10,150.00	29	10,150.00	
ADAPTER	305	8,000	8	2,440.00	8	2,440.00	
BOCINA	455	8,000	8	3,640.00	8	3,640.00	
COPA DE AFILADO	145	4,000	15	2,175.00	15	2,175.00	
COSTO TOTAL (US\$)				136,747.00	COSTO TOTAL (US\$)		131,445.00
Costo horario de aceros US\$/h				97.88	Costo horario de aceros US\$/h		94.08

Cálculo de costo total y costo horario de aceros DRILLCO para el mes de diciembre del 2017.

Como se puede observar, el costo total ejecutado es de 136,747 US\$ y también se tiene un costo horario de aceros de 97.88 US\$/h utilizando que se trabajó en el mes de diciembre del 2017.


Para el mes de enero del 2018 se trabajó con aceros SANDVIK y se obtuvo los siguientes resultados.

AÑO 2018			EJECUTADO ENERO_SANDVIK		PROGRAMADO ENERO_SANDVIK	
			Metros a Perforar (mt)	68,774.57	Metros a Perforar (mt)	68,774.57
			Horas de Perforadora (h)	1,636.32	Horas de Perforadora (h)	1,636.32
			Costo horario solo de perforadora US\$/h	131.07	Costo horario solo de perforadora US\$/h	132.52
Aceros /Accesorios	Costo de aceros/accesorios (US\$)	Vida util/unidad	CANTIDAD	US\$	CANTIDAD	US\$
BARRA	3,400	35,000	2	6,800.00	2	6,800.00
MARTILLO	4,150	4,155	17	70,550.00	16	60,800.00
BROCA	600	746	93	55,800.00	81	63,180.00
PORTABIT	350	2,000	35	12,250.00	35	12,250.00
ADAPTER	305	8,000	9	2,745.00	9	2,745.00
BOCINA	455	8,000	9	4,095.00	9	4,095.00
COPA DE AFILADO	145	4,000	18	2,610.00	18	2,610.00
COSTO TOTAL (US\$)				154,850.00	COSTO TOTAL (US\$)	152,480.00
Costo horario de aceros US\$/h				94.63	Costo horario de aceros US\$/h	93.18

Cálculo de costo total y costo horario de aceros SANDVIK para el mes de enero del 2018.

Como se puede observar, el costo total ejecutado es de 154,850 US\$ y también se tiene un costo horario de aceros de 94.63 US\$/h utilizando que se trabajó en el mes de enero del 2018.


Para el mes de febrero del 2018 se trabajó con aceros NUMA y se obtuvo los siguientes resultados.

AÑO 2018			EJECUTADO FEBRERO_NUMA		PROGRAMADO FEBRERO_NUMA	
			Metros a Perforar (mt)	64,583.93	Metros a Perforar (mt)	64,583.93
			Horas de Perforadora (h)	1,534.88	Horas de Perforadora (h)	1,534.88
			Costo horario solo de perforadora US\$/h	145.96	Costo horario solo de perforadora US\$/h	147.74
Aceros /Accesorios	Costo de aceros/accesorios (US\$)	Vida util/unidad	CANTIDAD	US\$	CANTIDAD	US\$
BARRA	3,400	35,000	2	6,800.00	2	6,800.00
MARTILLO	3,395	4,125	16	54,320.00	16	60,800.00
BROCA	665	627	103	68,495.00	76	59,280.00
PORTABIT	350	2,000	33	11,550.00	33	11,550.00
ADAPTER	305	8,000	9	2,745.00	9	2,745.00
BOCINA	455	8,000	9	4,095.00	9	4,095.00
COPA DE AFILADO	145	4,000	17	2,465.00	17	2,465.00
COSTO TOTAL (US\$)				150,470.00	COSTO TOTAL (US\$)	147,735.00
Costo horario de aceros US\$/h				98.03	Costo horario de aceros US\$/h	96.25

Cálculo de costo total y costo horario de aceros NUMA para el mes de febrero del 2018.

Como se puede observar, el costo total ejecutado es de 150,470 US\$ y también se tiene un costo horario de aceros de 98.03 US\$/h utilizando que se trabajó en el mes de febrero del 2018.

Para el mes de febrero del 2018 se trabajó con aceros ATLAS COPCO y se obtuvo los siguientes resultados.

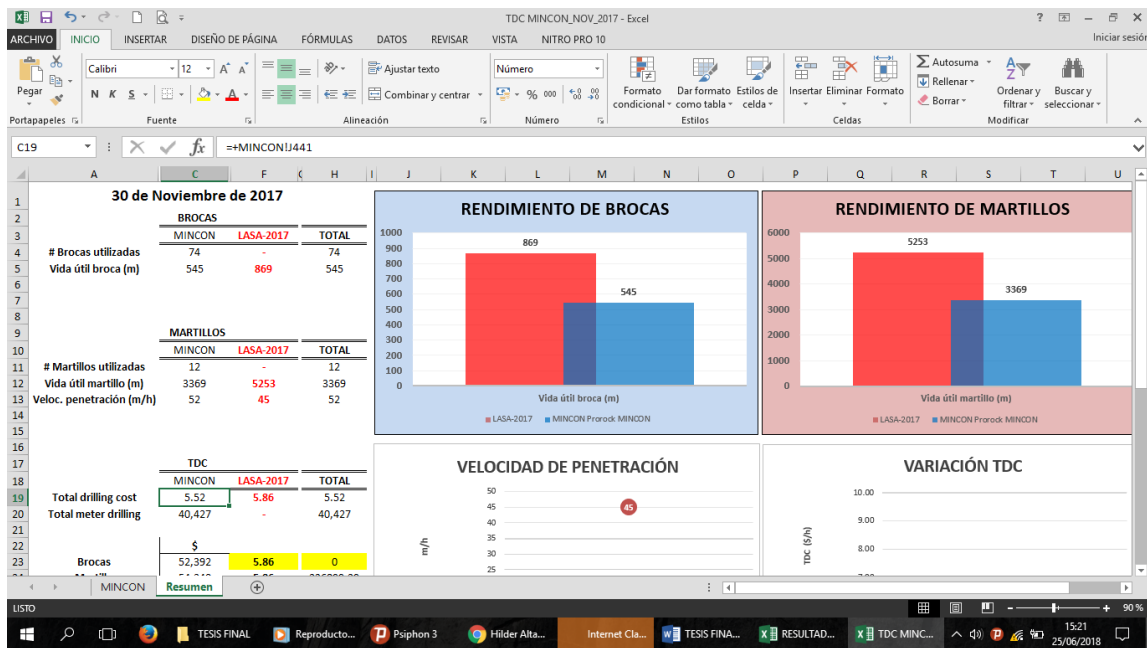
AÑO 2018			EJECUTADO MARZO_ATLAS COPCO		PROGRAMADO MARZO_ATLAS COPCO		
			Metros a Perforar (mt)	71,752.64	Metros a Perforar (mt)	71,752.64	
			Horas de Perforadora (h)	1,663.26	Horas de Perforadora (h)	1,663.26	
			Costo horario solo de perforadora US\$/h	115.38	Costo horario solo de perforadora US\$/h	123.63	
Aceros /Accesorios	Costo de aceros/accesorios (US\$)	Vida util/unidad	CANTIDAD	US\$	CANTIDAD	US\$	
BARRA	3,400	35,000	3	10,200.00	3	10,200.00	
MARTILLO	4,000	4,430	17	68,000.00	17	64,600.00	
BROCA	790	742	97	76,630.00	85	66,300.00	
PORTABIT	350	2,000	36	12,600.00	36	12,600.00	
ADAPTER	305	8,000	9	2,745.00	9	2,745.00	
BOCINA	455	8,000	9	4,095.00	9	4,095.00	
COPA DE AFILADO	145	4,000	18	2,610.00	18	2,610.00	
COSTO TOTAL (US\$)				176,880.00	COSTO TOTAL (US\$)		163,150.00
Costo horario de aceros US\$/h				106.35	Costo horario de aceros US\$/h		98.09

Cálculo de costo total y costo horario de aceros ATLAS COPCO para el mes de marzo del 2018.

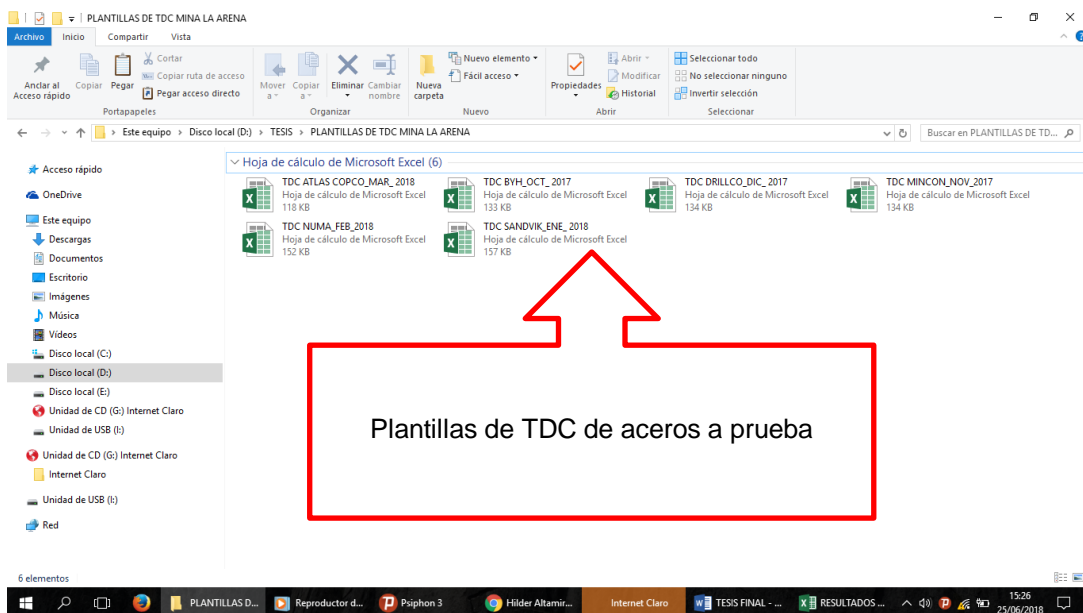
Como se puede observar, el costo total ejecutado es de 176,880 US\$ y también se tiene un costo horario de aceros de 106.35 US\$/h utilizando que se trabajó en el mes de marzo del 2018.

Anexo n° 4. Plantilla en Excel para cálculos de la velocidad de penetración y TDC de la mina modelo de Huamachuco.

Dentro de esta plantilla se tiene un resumen de las cantidades y promedio de metros de las brocas y martillos, como también se tiene el cálculo total de perforación y la velocidad promedio de los aceros utilizados en la mina modelo de Huamachuco.



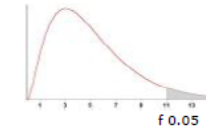
Plantillas en Excel de aceros DTH de los meses de octubre, noviembre, diciembre del y enero. Febrero y marzo del 2018.



Anexo n° 5. Tabla de distribución de F, para análisis de varianza ANOVA.

Cátedra: Probabilidad y Estadística
Facultad Regional Mendoza
UTN

Tabla D.9: VALORES CRÍTICOS DE LA DISTRIBUCIÓN F (0,05)



g.d.l.	Grados de libertad del Numerador															g.d.l.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,0	243,9	244,7	245,4	245,9	1
2	18,513	19,000	19,164	19,247	19,296	19,330	19,353	19,371	19,385	19,396	19,405	19,413	19,419	19,424	19,429	2
3	10,128	9,552	9,277	9,117	9,013	8,941	8,887	8,845	8,812	8,786	8,763	8,745	8,729	8,715	8,703	3
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041	5,999	5,964	5,936	5,912	5,891	5,873	5,858	4
5	6,608	5,786	5,409	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818	4,772	4,735	4,704	4,678	4,655	4,636	4,619	5
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147	4,099	4,060	4,027	4,000	3,976	3,956	3,938	6
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726	3,677	3,637	3,603	3,575	3,550	3,529	3,511	7
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,687	3,581	3,500	3,438	3,388	3,347	3,313	3,284	3,259	3,237	3,218	8
9	5,117	4,256	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230	3,179	3,137	3,102	3,073	3,048	3,025	3,006	9
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,135	3,072	3,020	2,978	2,943	2,913	2,887	2,865	2,845	10
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948	2,896	2,854	2,818	2,788	2,761	2,739	2,719	11
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849	2,796	2,754	2,717	2,687	2,660	2,637	2,617	12
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767	2,714	2,671	2,635	2,604	2,577	2,554	2,533	13
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699	2,646	2,602	2,565	2,534	2,507	2,484	2,463	14
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,790	2,707	2,641	2,588	2,544	2,507	2,475	2,448	2,424	2,403	15
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538	2,494	2,456	2,425	2,397	2,373	2,352	16
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548	2,494	2,450	2,413	2,381	2,353	2,329	2,308	17
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577	2,510	2,456	2,412	2,374	2,342	2,314	2,290	2,269	18
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544	2,477	2,423	2,378	2,340	2,308	2,280	2,256	2,234	19
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447	2,393	2,348	2,310	2,278	2,250	2,225	2,203	20
21	4,325	3,467	3,072	2,840	2,685	2,573	2,488	2,420	2,366	2,321	2,283	2,250	2,222	2,197	2,176	21
22	4,301	3,443	3,048	2,817	2,661	2,549	2,464	2,397	2,342	2,297	2,259	2,226	2,198	2,173	2,151	22
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442	2,375	2,320	2,275	2,236	2,204	2,175	2,150	2,128	23
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423	2,355	2,300	2,255	2,216	2,183	2,155	2,130	2,108	24
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405	2,337	2,282	2,236	2,198	2,165	2,136	2,111	2,089	25
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321	2,265	2,220	2,181	2,148	2,119	2,094	2,072	26
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373	2,305	2,250	2,204	2,166	2,132	2,103	2,078	2,056	27
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359	2,291	2,236	2,190	2,151	2,118	2,089	2,064	2,041	28
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346	2,278	2,223	2,177	2,138	2,104	2,075	2,050	2,027	29
30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,334	2,266	2,211	2,165	2,126	2,092	2,063	2,037	2,015	30
31	4,160	3,305	2,911	2,679	2,523	2,409	2,323	2,255	2,199	2,153	2,114	2,080	2,051	2,026	2,003	31
32	4,149	3,295	2,901	2,668	2,512	2,399	2,313	2,244	2,189	2,142	2,103	2,070	2,040	2,015	1,992	32
33	4,139	3,285	2,892	2,659	2,503	2,389	2,303	2,235	2,179	2,133	2,093	2,060	2,030	2,004	1,982	33
34	4,130	3,276	2,883	2,650	2,494	2,380	2,294	2,225	2,170	2,123	2,084	2,050	2,021	1,995	1,972	34
35	4,121	3,267	2,874	2,641	2,485	2,372	2,285	2,217	2,161	2,114	2,075	2,041	2,012	1,986	1,963	35
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,449	2,336	2,249	2,180	2,124	2,077	2,038	2,003	1,974	1,948	1,924	40
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167	2,097	2,040	1,993	1,952	1,917	1,887	1,860	1,836	60
80	3,960	3,111	2,719	2,486	2,329	2,214	2,126	2,056	1,999	1,951	1,910	1,875	1,845	1,817	1,793	80
90	3,947	3,098	2,706	2,473	2,316	2,201	2,113	2,043	1,986	1,938	1,897	1,861	1,830	1,803	1,779	90
100	3,936	3,087	2,696	2,463	2,305	2,191	2,103	2,032	1,975	1,927	1,886	1,850	1,819	1,792	1,768	100
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2,175	2,087	2,016	1,959	1,910	1,869	1,834	1,803	1,775	1,750	120
inf.	3,841	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010	1,938	1,880	1,831	1,789	1,752	1,720	1,692	1,666	inf.

Anexo n° 6. Informes de los aceros DTH que se realizó pruebas del mes de octubre del 2017 hasta marzo del 2018.

Informe de aceros DRILLCO

INFORME DE PRUEBA DE ACEROS DE LA MARCA DRILLCO

A: Ivan Ruiz Cueva
Superintendente de Mina

CC: Carlos Huaranga
Jefe de Mina

DE: Cajamune Marin Luis
Técnico de perforación

ASUNTO: "Martillo Drillco "

FECHA: 23 de Enero del 2018

Descripción:

Siendo las 00:01 a.m. del día 24 de enero del 2018 el martillo de código **16024505** con **714.7** metros, se quedó dentro del taladro número 254, del banco 3304 del proyecto **010** del tajo Calaorco fase 04 sur, donde el operador de perforadora el Sr. Gilmer Otiniano Garcia, indica que se rompió los hilos del pin de la culata quedándose el martillo dentro del taladro, donde el operador indica que presencia fuga de agua y procedió a perforar estando a un aproximado de 3.5 metros de profundidad dejo de perforar y levanto el cabezal y se percató que el martillo se había roto del pin de la culata; se marcó el taladro para poder recuperar el martillo.

Aceros NUMA

INFORME DE PRUEBA DE ACEROS DE LA MARCA NUMA

A: Ivan Ruiz Cueva
Superintendente de Mina

CC: Carlos Huaranga
Jefe de Mina

DE: Cajamune Marin Luis
Técnico de perforación

ASUNTO: "Rotura del pistón del martillo NUMA"

FECHA: 16 de Enero del 2018

Rotura de pistón del martillo NUMA de la PE-15 de código 226516 quedo inoperativo con metraje de 3,134.4 metros.

1. Rotura de pistón



Foto 1. Rotura de 3 pistones NUMA.



Foto 2. Evidencia del pistones NUMA rotos tango de la PE-15 como también de la PE-16.

Para su conocimiento y espera del informe del martillo del proveedor porque no se llegó al metraje programado.

Aceros ATLAS COPCO

INFORME DE PRUEBA DE ACEROS DE LA MARCA ATLAS COPCO

A: Ivan Ruiz Cueva
Superintendente de Mir

CC: Carlos Huaranga
Jefe de Mir

DE: Alex Moncada Cortes
Técnico de perforación

ASUNTO: "Rotura Brocas Atlas Copco"

FECHA: 04 de Febrero del 2018

Rotura de cabeza de broca de código 2051026003 con 551.1 metros perforados PE-15 y desgaste prematuro de los insertos de la broca de código 2051026009 con 254.5 metros perforados PE-16.

Foto 1. Rotura de cabeza de broca atlas Copco.



Foto 2. Desgaste prematuro de la broca Atlas Copco.



Para su conocimiento se les informa de la rotura de cabeza de broca de los aceros a prueba de la marca Atlas Copco, porque no se llegó al metraje programado.

Anexo n° 7. Forecast para los trimestres Q4-2017 y Q1-2018.

PERFORACIÓN		Oct-17	Nov-17	Dic-17	Ene-18	Feb-18	Mar-18
	Nº de días	31	30	29	30	28	31
	Nº de meses	1	1	1	1	1	1
Mineral a Volar	t humedas	1,089,200	966,966	961,274	1,025,589	1,077,269	1,115,212
Desmonte Arenisca a Volar	t humedas	1,780,643	1,721,258	1,389,216	1,162,676	908,758	844,172
Desmote Intrusivo a Volar	t humedas	550,044	693,137	941,826	1,730,034	1,670,882	2,089,414
Total a Volar	t humedas	3,419,888	3,381,361	3,292,317	3,918,299	3,656,910	4,048,798
Productividad Perforadora - Mineral	m/h(operacional)	36	36	36	34	34	34
Productividad Perforadora - Desmote Arenisca	m/h(operacional)	40	40	40	37	37	37
Productividad Perforadora - Desmote Intrusivo	m/h(operacional)	56	56	56	56	56	56
Productividad Perforadora - Total	m/h(operacional)	39.7	40.2	41.4	42.5	42.5	43.6
Productividad Perforadora - Total	m/h(SMU)	39.3	39.8	41.0	42.0	42.1	43.1
Metros a Perforar - Mineral	m	20,827	18,490	18,381	19,611	20,599	21,324
Metros a Perforar - Desmote Arenisca	m	32,039	32,575	25,074	18,038	14,000	12,988
Metros a Perforar - Desmote Intrusivo	m	6,430	8,095	13,770	31,126	29,985	37,441
Metros a Perforar - Total	m	59,295	59,159	57,225	68,775	64,584	71,753
Horas Perforadora - Mineral	h(operacional)	579	514	511	577	606	627
Horas Perforadora - Desmote Arenisca	h(operacional)	801	814	627	488	378	351
Horas Perforadora - Desmote Intrusivo	h(operacional)	115	145	246	556	535	669
Horas Perforadora - Operación	h(operacional)	1,494	1,473	1,383	1,620	1,520	1,647
Horas Perforadora - Mantemiento	h(mantenimiento)	15	15	14	16	15	16
Horas Totales Perforadoras	h (SMU)	1,509	1,487	1,397	1,636	1,535	1,663
Número de Perforadoras	Und	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Disponibilidad Mecánica	%	0.90	0.90	0.90	0.86	0.86	0.86
Utilización	%	0.87	0.87	0.87	0.81	0.81	0.81
% de horas SMU utilizadas por Mantto	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Anexo n° 8. Procedimiento de trabajo seguro de desarmado de martillos de perforación de la mina modelo a tajo abierto.

1. PERSONAL

- 1.1. Técnico de Perforación.
- 1.2. Operador de Perforadora.
- 1.3. Ayudante de Perforación.

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Casco de seguridad.
- 2.2. Lentes de seguridad.
- 2.3. Protectores auditivos.
- 2.4. Guantes de cuero.
- 2.5. Uniforme de trabajo con cinta reflectivas.
- 2.6. Zapatos de seguridad.

3. EQUIPO/HERRAMIENTAS/MATERIALES

- 3.1. Desmontador mecánico de martillo.
- 3.2. Martillo de doble cara de 8 lbs.
- 3.3. Gata hidráulica de 16 Ton.
- 3.4. Llave de desmontador mecánico de martillo.
- 3.5. Martillo de perforación.

4. PROCEDIMIENTO


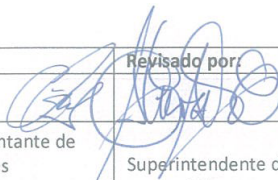
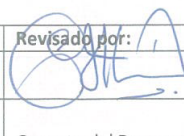
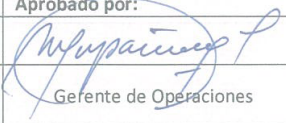
- 4.1. El Técnico y el Ayudante de Perforación, inspeccionarán antes, durante y después el área de trabajo.
- 4.2. El Técnico de Perforación elaborará el IPERC continuo, con todo el personal involucrado.
- 4.3. El Ayudante de Perforación retirará la mordaza del desmontador y colocará el martillo de perforación en el desmontador.
- 4.4. El Ayudante de Perforación colocará la mordaza y ajustará.
- 4.5. El Ayudante de Perforación colocará la llave del desmontador de martillo en la culata del mismo.

Modificado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Supervisor/Representante de Trabajadores	Superintendente de Mina	Gerente del Programa de S&SO	Gerente de Operaciones
Fecha de Modificación: 25/07/2013			Fecha de Aprobación: 31/07/2013

- 4.6. El Ayudante de Perforación colocará la gata hidráulica debajo de la llave del desmontador y accionará.
- 4.7. El Ayudante de Perforación golpeará ligeramente la llave del desmontador con el martillo de doble cara en el extremo opuesto de la gata hidráulica.
- 4.8. El Ayudante de Perforación una vez aflojada la culata del martillo de perforación, retirará la gata hidráulica y la llave del desmontador.
- 4.9. El Ayudante de Perforación retirará la mordaza del desmontador y martillo de perforación.

5. RESTRICCIONES

- 5.1. El Ayudante de Perforación no realizará esta tarea si no se está debidamente capacitado.
- 5.2. No realizar la tarea si no existe la presencia del Técnico de Perforación.
- 5.3. Paralizar el trabajo si encuentra defectos en las herramientas
- 5.4. No realizar la tarea si las herramientas no cuentan con la inspección trimestral.

Modificado por :	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
			
Supervisor/Representante de Trabajadores	Superintendente de Mina	Gerente del Programa de S&SO	Gerente de Operaciones
Fecha de Modificación: 25/07/2013			Fecha de Aprobación: 31/07/2013

Anexo n° 9. Procedimiento de trabajo seguro de mantenimiento de martillos de perforación
de la mina modelo de Huamachuco.

1. PERSONAL

- 1.1. Supervisor de Operaciones Mina.
- 1.2. Técnico de perforación.
- 1.3. Controlador de Perforación.

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- 2.1. Casco de seguridad.
- 2.2. Lentes de seguridad.
- 2.3. Protectores auditivos u Orejeras.
- 2.4. Guantes de cuero.
- 2.5. Uniformes de trabajo con cinta reflectivas.
- 2.6. Zapatos de seguridad.
- 2.7. Bloqueador solar.

3. EQUIPOS/ HERRAMIENTAS/MATERIALES

- 3.1. Martillo de Perforación.
- 3.2. Porta Martillo de Perforación.
- 3.3. Soporte de Culata.
- 3.4. Desmontador del tubo de alimentación.
- 3.5. Comba de bronce de 10 Libras.
- 3.6. Empujador de guiador.
- 3.7. Gata hidráulica de 06 Toneladas.
- 3.8. Extintor PQS de 06 Kilogramos.

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. El Técnico y Controlador de Perforación, Inspeccionarán antes, durante y después el área de trabajo.
- 4.2. El Técnico y controlador de Perforación elaborarán el IPERC Continuo.

Modificado por: 	Revisado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Supervisor/Representante de Trabajadores	Superintendente de Mina	Gerente Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Modificación: 10/08/2016			Fecha de Aprobación: 12/08/2016

- 4.3. El Técnico y Controlador de Perforación bajarán el martillo de Perforación del porta martillos de Perforación al piso.
- 4.4. El Técnico de Perforación aflojará y desmontará la culata del martillo, mientras que el Controlador de Perforación sostendrá la parte baja del cilindro.
- 4.5. El Técnico de Perforación colocará la culata en el soporte de culata.
- 4.6. El Controlador de Perforación volteará el cilindro del martillo y retirará el pistón, para luego retirar el manguito guiador y seguro del pistón.
- 4.7. El Técnico de Perforación inspeccionará el estado del manguito guiador y seguro del pistón, luego colocará el seguro del pistón, manguito guiador al cilindro del martillo y lo dejará en un lugar seguro.
- 4.8. El Controlador de Perforación retirará el Pin de la culata de tubo de alimentación, luego lo colocará en el desmontador del tubo de alimentación para poder retirarlo.
- 4.9. El Técnico de Perforación verificará e inspeccionará el O-Ring, válvula, resorte y teflón que evita la salida del aire, que no se encuentren desgastados.
- 4.10. El controlador de perforación colocará válvula check, resorte, tubo de alimentación y Pin en la culata.
- 4.11. El Técnico y Controlador de Perforación, procederán al montaje y ajustado de la culata al cilindro, luego colocarán en el Porta Martillos para su uso respectivo.

Modificado por: 	Revisado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Supervisor/Representante de Trabajadores	Superintendente de Mina	Gerente Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Modificación: 10/08/2016			Fecha de Aprobación: 12/08/2016



5. RESTRICCIONES

- 5.1. No realizar el trabajo sin antes haber realizado inspección del área de trabajo.
- 5.2. No realizar el trabajo sin haber recibido la difusión del presente procedimiento.
- 5.3. No realizar el trabajo si las herramientas no tienen la inspección trimestral.
- 5.4. No operar en condiciones climáticas adversas: Tormentas Eléctricas y Lluvias Intensas.

Modificado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
			
Supervisor/Representante de Trabajadores	Superintendente de Mina	Gerente Seguridad y Salud Ocupacional	Gerente de Operaciones
Fecha de Modificación: 10/08/2016			Fecha de Aprobación: 12/08/2016

Anexo n° 10. Especificaciones de aceros DTH Sandvik.

MARTILLOS QUE APORTAN PRODUCTIVIDAD

Los martillos de Sandvik combinan alta potencia y velocidad con bajo consumo de combustible, y han sido probados en todo tipo de aplicaciones en todo el mundo.

RH460

El martillo RH460 ha sido desarrollado para ofrecer alta fiabilidad y rentabilidad con menor consumo de aire, mayor potencia y mejor lubricación. Ofrece mayor energía de impacto con menor consumo de aire y alta productividad en distintas condiciones de terrenos.

RH510

El RH510 es la primera elección para perforación en roca dura y abrasiva y está diseñado para presiones operativas entre 10-24 bares. Su diseño patentado del adaptador optimiza la eficacia de la energía, sin válvula de pie. Hay modelos disponibles con camisa robusta o reversible para máxima duración en perforación y alta velocidad en roca abrasiva.

RH350

El RH350 es un martillo fiable, ligero y sencillo. Funciona con diversos adaptadores. y es perfecto para barrenas con diámetros entre 244 mm hasta 900 mm.

RH 510

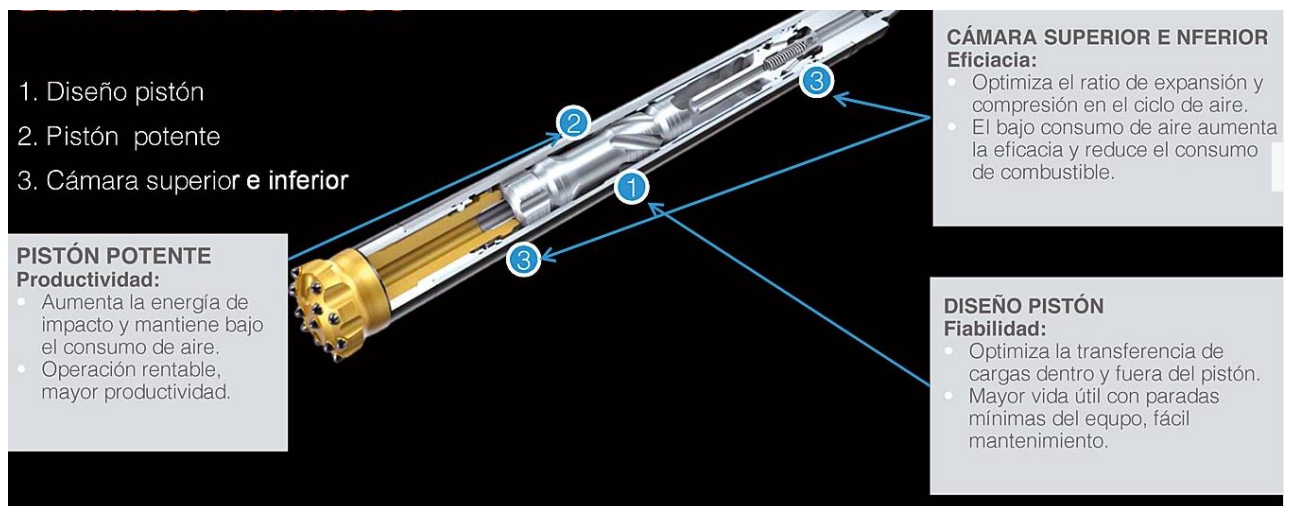
MARTILLO	PESO (KG)	DIÁMETRO exterior (mm)	LONGITUD MARTILLO (mm)	CONSUMO AIRE (m ³ /min)			ADAPTADOR BOCA
				10 bar	18 bar	24 bar	
RH510r 3"	25	81.3	823	4,87	8,61	12,34	M30
RH510r 4"	38	98	914	4,3	8,9	13,2	M40
RH510 5"	68	120	987	8,07	15,25	22,37	M50
RH510g 5"	73	126	987	8,07	15,25	22,37	M50
RH510r 5"	73	126	987	8,07	15,25	22,37	M50
RH510 6"	72	142	922	9,8	18,7	27,5	M60
RH510g 6"	82	150	922	9,8	18,7	27,5	M60
RH510r 6"	82	150	922	9,8	18,7	27,5	M60
RH510w 6"	72	142	922	9,8	19,3	28,3	M60
RH510r 8"	173	181	1219	8,05-13	15,9-23,8	23,5-35,1	M80
RH510w 8"	173	181	1270	14,9	27,6	43,6	M80

RH 350

MARTILLO	PESO (KG)	DIÁMETRO exterior (mm)	LONGITUD MARTILLO (mm)	CONSUMO AIRE (m ³ /min)				ADAPTADOR BOCA
				10 bar	14 bar	17 bar		
RH350 10" SD	360	226	1480	19,5	27,8	36,5	21bar: 45,6	SD10
RH350 12" SD	618	275	1729	19,5	35,4	48,1		SD12
RH350 12" DHD	620	275	1750	24,9	35,4	48,1		DHD 112
RH350 15" SD	1100	360	1904	46,7	59,2	75,9		SD15
RH350 18" SD	1560	410	1040	60	84,9		7bar: 40,5	SD18
RH350 18" Numa	1574	410	1993	60	84,9		7bar: 40,5	N180

RH460

MARTILLO	PESO (KG)	DIÁMETRO exterior (mm)	LONGITUD MARTILLO (mm)	CONSUMO AIRE (m ³ /min)			POTENCIA (kw)	ADAPTADOR BOCA
				10 bar	18 bar	24 bar		
RH460 4" (DHD)	40	97.5	985	5	11,3	16	23,5	DHD340
RH460 4"	40	97.5	985	5	11,3	16	23,5	SD12
RH460hp 4"	41	97.5	985	**	10,3	14,7	32	DHD 112
RH460 5"	66	120	1067	46,7	59,2	75,9	32,1	SD15
RH460g 5"	76	126	1067	60	84,9		32,1	SD18
RH460hp 5"	76	126	1067	60	84,9		41,6	N180
RH460 6"	100	142	1155				41,7	QL60
RH460g 6"	117	150	1155				41,7	QL60
RH460 8"	213	183	1426				49,7	QL80
RH460g 8"	244	194	1426	8,9	24,4	36	49,7	QL80


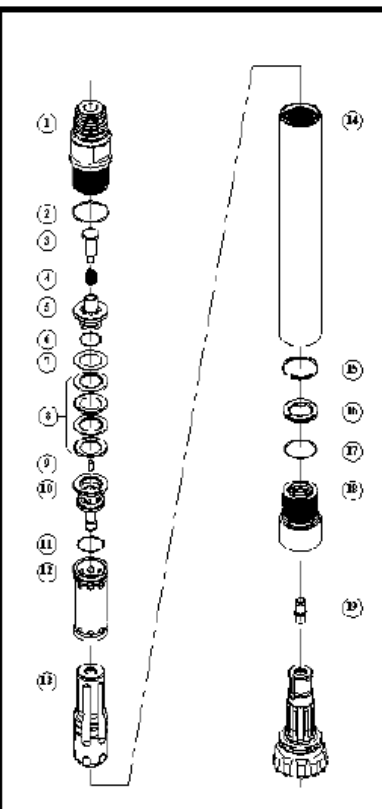


Anexo n° 11. Especificaciones de aceros DTH Minco.

Item	Descripción	Código
	Martillo Mincon 4HR	MD401AS05
1	Culata	MD401BH03
2	Tapón ciego	MB506CH01
3	Tapón ciego 1/8" (3.2mm)	MB506CH02
4	Tapón ciego 3/16" (4.8mm)	MB506CH03
3	Válvula de cierre (Válvula antirretorno)	MB502CV01
4	Resorte	MB503SP01
5	Anillo de ajuste	MD404SM01
6	Anillo de cierre (Anillo de bloqueo)	MD405LR01
7	Distribuidor de aire	MD407DR03
8	O Ring	MD421OR01
9	O Ring	MD422OR01
10	Anillo de asiento	MD409SR01
11	Cilindro interior	MD408IC02
12	Pistón	MD410PN03
13	Camisa	MD411WS02
14	Retenedor de pistón	MD412PR01
15	Espaciador	MD416BS01
16	O Ring	MD420OR01
17	Retenedor de Bit	MD413BR06
18	Portabit (Portabroca)	MD414CK03

Anexo n° 12. Nomenclatura ficha técnica martillos de los aceros DRILLCO.

La información que aparece en las fichas de martillos Puma incluye la información mostrada a continuación, como ejemplo se utilizará la ficha técnica de martillo Puma 7.1 con shank P7.1

Puma 7.1 – P7.1 Shank		Martillo Completo											
		Tipo	Número de Parte										
		S	0001070-000000										
S : Standard													
	Lista de Partes		Peso		Número de Parte								
	Item	Descripción	Kg	Lb									
	1	Culata ⁽¹⁾											
		4 1/2" Beco M.	37.3	82.1		0101070-010002							
	2	O'Ring Culata	0.0	0.0		C180010-002356							
	3	Válvula Antirretorno	0.9	2.1		0101080-030000							
	4	Resorte	0.1	0.05		0101080-040000							
	5	Distribuidor de Aire	3.5	7.6		0101070-050000							
	6	O'Ring Distribuidor de Aire	0.0	0.0		C180010-002236							
	7	Arandela de Ajuste ⁽²⁾	0.1	0.1		0101070-170000							
	8	Resortes de Disco (Cant.:4)	1.8	4.0		0101070-060000							
	9	Tapón de Soplado ⁽³⁾	0.0	0.0		0101080-070000							
	10	Guía de Aire	4.8	10.5		0101070-080000							
	11	O'Ring Guía de Aire	0.0	0.0		C180010-002242							
	12	Camisa	6.4	14.0		0101070-100000							
	13	Piston	31.4	69.1		0101070-120000							
	14	Cilindro	57.3	126.0		0101070-110000							
	15	Aro tope	0.1	0.05		0101070-130000							
	16	Retenedor	1.0	2.2		0101070-140000							
17	O'Ring Retenedor	0.0	0.0		C180010-002249								
18	Portabit	16.7	36.6		0101070-160007								
19	Foot valve	0.1	0.05		0204080-010001								
<p>(1) : Se entregan con otros hilos previa Consulta (2) : No se instala en un martillo nuevo (3) : Se dispone de tapones perforados</p>													
Descripción General	Peso Neto		Diámetro Exterior		Longitud Martillo		Longitud Martillo con Bit						
	Kg.	Lb.	mm.	in.	mm.	in.	Bit Cerrado		Bit Extendido				
							mm.	in.	mm.	in.			
	162	355	168	6.61	1373	54.1	1503	59.2	1548	60.9			
Consumo De Aire.	Presión	PSIG	150	200	250	300	350	BARS	10.3	13.8	17.2	20.4	23.8
	Volumen	SCFM	400	600	800	1000	1200	M³/min	11,31	16,96	22,62	28,27	33,93

Anexo n° 13. Especificaciones de los aceros NUMA (América Sur).

Longitud (excluya el pedazo)	Cargue (excluya el pedazo)	Diámetro externo	Caña del pedazo	Gama del agujero	Hilo de la conexión
1880 milímetros	475,00 kilogramos	Φ275 milímetro	NUMA120	Φ305mm ~ Φ445mm	API 6 5/8" registro
Presión de funcionamiento	Tarifa del impacto en 0,5 MPa	Velocidad rotatoria recomendada	Consumo del aire		
			1,0 MPa	1,8 MPa	2,4 MPa
1,0 ~ MPa 2,5	20 herzios	15 ~ 25 RPM	³ /min de 28 m	³ /min de 50 m	³ /min de 71 m

DTH martilla especificaciones

Tamaño del martillo	Caña del pedazo	Código de ROSCHEN	Hilo de la conexión	Pedazo conveniente	Presión de funcionamiento	Consumo del aire	
2"	BR2	ROS 11 ROS 22	Caja RD50	ϕ70-ϕ90mm	0.7-1.75Mpa	0.7Mpa	4.5m3/min
						1.0Mpa	4m3/min
						1.4Mpa	5m3/min
3"	DHD3.5	ROS 32	API 2 3/8" registro	ϕ90-ϕ110mm	1.0-1.5Mpa	1.0Mpa	4.5m3/min
	COP32/COP34					1.5Mpa	9m3/min
	M30						
4"	DHD340	ROS 34	API 2 3/8" registro	ϕ110-ϕ135mm	1.0-2.5Mpa	1.0Mpa	6m3/min
	COP44					1.8Mpa	10m3/min
	QL40						
	SD4						
	M40						
5"	DHD350	ROS 52 ROS 54	API 2 3/8" registro de Reg/API 3 el 1/2"	ϕ135-ϕ155mm	1.0-2.5Mpa	1.0Mpa	9m3/min
	COP54					1.8Mpa	15m3/min
	QL50						
	SD5						
	M50						
6"	DHD360	ROS 62 ROS 64	Registro del API 3 el 1/2"	ϕ155-ϕ190mm	1.0-2.5Mpa	1.0Mpa	10m3/min
	COP64					1.8Mpa	20m3/min
	QL60						
	SD6						
	M60						
8"	DHD380	ROS 82 ROS 84	Registro del API 4 el 1/2"	ϕ195-ϕ254mm	1.0-2.5Mpa	1.0Mpa	15m3/min
	COP84					1.8Mpa	26m3/min
	QL80						
	SD8						
10"	SD10	ROS 100	API 6 5/8" registro	ϕ254-ϕ311mm	1.0-2.5Mpa	1.0Mpa	22m3/min
	Numa100					1.8Mpa	40m3/min
	ROS 100						
12"	DHD1120	ROS 120	API 6 5/8" registro	ϕ305-ϕ445mm	1.0-2.5Mpa	1.0Mpa	30m3/min

Anexo n° 14. Especificaciones de los aceros ATLAS COPCO.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Model:	QL 50		QL 50 HF		QL 50 HC		QL 55 QM	
Product code:	9705-QL-00-14P-25-000		9705-QL-HF-14P-25-000		9705-QL-00-14P-25-0H0		9705-QL-00-14P-25-HB0	
Product No:	51983120		52284882		52100344		51997591	
Description:	Standard QL 50 with 3-1/2 API reg pin connection		Standard QL 50 high frequency with 3-1/2 API reg pin connection		Standard QL 50 with Hydrocyclone backhead using 3-1/2 API reg pin connection		Thicker case Quarry Mining QL 50 with 3-1/2 API reg pin connection and cutting backhead	
General specifications:	English	Metric	English	Metric	English	Metric	English	Metric
Connection:	3-1/2 API reg pin		3-1/2 API reg pin		3-1/2 API reg pin		3-1/2 API reg pin	
Outside diameter (in & mm)	4.60	116,8	4.60	116.8	4.60	116,8	4.88	124,0
Length w/o bit shoulder to shoulder (in &mm)	42.0	1067	42.0	1067	42.0	1067	42.0	1067
Length with bit extended (in & mm)	46.3	1176	46.3	1176	46.3	1176	46.3	1176
Length with bit retracted (in & mm)	45.3	1149	45.3	1149	45.3	1149	45.3	1149
Weight w/o bit (lb & kg)	132	60	132	60,0	132	60	162	73,6
Backhead across flats (in)	2 X 3-1/2 AF		2 X 3-1/2 AF		2 X 3-1/2 AF		2 X 3-1/2 AF	
Minimum bit size (in & mm)	5.13	130	5.13	130	5.13	130	5.50	140
Maximum bit size (in & mm)	6.00	152	6.00	152	6.00	152	6.00	152
Bore (in & mm)	3.742	95,05	3.742	95,05	3.742	95,05	3.742	95,05
Piston weight (lb & kg)	31	14,1	33	15,0	31	14,1	31	14,1
Stroke (in & mm)	3.75	95,3	2.75	69,9	3.75	95,3	3.75	95,3
Maximum pressure differential (psig & bar)	350.0	24,1	350.0	24,1	350.0	24,1	350.0	24,1
Maximum choke diameter (in & mm)	0.38	9,65	0.38	9,65	0.38	9,65	0.38	9,65
Make-up torque (ft-lb & N-m)	5000	6770	5000	6770	5000	6770	5000	6770
Air consumption / Frequence:	QL 50		QL 50 HF		QL 50 HC		QL 55 QM	
100 psi/ 6,9 bar (scfm & m ³ /min)	202	5,7	232	6,5	212	6,0	202	5,7
100 psi (bpm)	1116	1116	1445	1445	1116	1116	1116	1116
150 psi/ 10,3 bar (scfm & m ³ /min)	310	8,8	356	10,0	324	9,2	310	8,8
150 psi (bpm)	1266	1266	1588	1588	1266	1266	1266	1266
200 psi/ 13,8 bar (scfm & m ³ /min)	422	11,9	475	13,4	441	12,5	422	11,9
200 psi (bpm)	1401	1401	1711	1711	1401	1401	1401	1401
250 psi/ 17,2 bar (scfm & m ³ /min)	538	15,2	589	16,6	562	15,9	538	15,2
250 psi (bpm)	1521	1521	1816	1816	1521	1521	1521	1521
300 psi/ 20,7 bar (scfm & m ³ /min)	658	18,6	698	19,7	687	19,4	658	18,6
300 psi (bpm)	1626	1626	1901	1901	1626	1626	1626	1626
350 psi/ 24,1 bar (scfm & m ³ /min)	783	22,1	803	22,7	817	23,1	783	22,1
350 psi (bpm)	1716	1716	1966	1966	1716	1716	1716	1716

Air consumption:	QL 50		QL 50 HF		QL 50 HC		QL 55 QM	
Feed force (lbs)	1500-2500		1500-2500		1500-2500		1500-2500	
Rotation speed (rpm)	40-60		40-60		40-60		40-60	
Service specifications:	QL 50		QL 50 HF		QL 50 HC		QL 55 QM	
Casing discard diameter (in & mm)	4.19	106,4	4.19	106,4	4.19	106,4	4.19	106,4
Casing reverse diameter (in & mm)	4.25	108	4.25	108,0	4.25	108,0	4.38	111,3
Minimum chuck length (in & mm)	1.83	46,5	1.83	46,5	1.83	46,5	1.83	46,5
Max. worn piston to casing clearance (in & mm)	0.011	0,27	0.011	0,27	0.011	0,27	0.011	0,27
Min new piston large OD:	3.741	95,02	3.741	95,02	3.741	95,02	3.741	95,02
Max new casing ID:	3.748	95,20	3.748	95,20	3.748	95,20	3.748	95,20
Max. worn piston to cylinder clearance (in & mm)	0.009	0,23	0.009	0,23	0.009	0,23	0.009	0,23
Min new piston tail OD:	3.319	84,30	3.319	84,30	3.319	84,30	3.319	84,30
Max new cylinder ID:	3.325	84,45	3.325	84,45	3.325	84,45	3.325	84,45
Max. worn piston to guide clearance (in & mm)	0.014	0,34	0.014	0,34	0.014	0,34	0.014	0,34
Max new piston tail/sealID:	1.251	31,78	1.251	31,78	1.251	31,78	1.251	31,78
Min new guide OD:	1.242	31,55	1.242	31,55	1.242	31,55	1.242	31,55
Max. worn bit to bearing clearance (in & mm)	0.020	0,50	0.020	0,50	0.020	0,50	0.020	0,50
Max new bearing ID:	3.019	76,68	3.019	76,68	3.019	76,68	3.019	76,68
Min new bit shank OD:	3.006	76,35	3.006	76,35	3.006	76,35	3.006	76,35
Max. worn bit to chuck clearance (in & mm)	0.017	0,42	0.017	0,42	0.017	0,42	0.017	0,42
Max new chuck ID:	3.490	88,65	3.490	88,65	3.490	88,65	3.490	88,65
Min new bit shank OD:	3.479	88,37	3.479	88,37	3.479	88,37	3.479	88,37
Exhaust tube extension (in & mm):	2.07	52,58	2.07	52,58	2.07	52,58	2.07	52,58
Min. new valve height, low lift valve (in & mm):	0.978	24,84	0.978	24,84	0.978	24,84	0.978	24,84
Min. new valve height, high lift valve (in & mm):	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Valve lift new, low lift valve or w/shim (in & mm):	.045-.055	1,14-1,40	.045-.055	1,14-1,40	.045-.055	1,14-1,40	.045-.055	1,14-1,40
Valve lift new, high lift valve or w/o shim (in & mm):	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Maximum backhead standoff:	0.041	1,04	0.041	1,04	0.041	1,04	0.041	1,04
Minimum backhead standoff:	0.017	0,43	0.017	0,43	0.017	0,43	0.017	0,43