

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**MÉTODO PARA REDUCCIÓN DE COSTOS DE
PERFORACIÓN**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

CARLOS MANUEL CUENCA NAVARRO

LIMA – PERÚ

2011

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado a la memoria de mi abuela Felisa Julca Rivera, a mi madre Enedina Navarro Julca y a mi hermana Gloria Cuenca Navarro. Gracias por atreverse a confiar en mí, y principalmente por su apoyo, porque sin ellas este sueño nunca se hubiera logrado.

RESUMEN

Este informe tiene como tema central el ahorro en la perforación desde el punto de vista de costos en función a precios y rendimientos. Se inicia con el conocimiento de las herramientas de perforación desde su composición, una breve explicación de la forma en que se fabrican, además de los mínimos parámetros que se deben controlar en los equipos de perforación, pues estos influyen en la vida útil de la columna de perforación. A partir de esos puntos se puede hablar del uso correcto para un rendimiento óptimo de estos accesorios, así como el mantenimiento que se le debe dar a los aceros que son diseñados para ese fin (perforación) y su posterior puesta en servicio. Para profundizar el tema se dan dos ejemplos que muestran casos reales donde se observa que la reducción de los costos se puede lograr desde el momento del contrato, pues se hace referencia a los servicios tipo “costo por pie perforado (CPP)” y “rendimiento garantizado”, los cuales se le ofrece a la compañía minera de acuerdo a condiciones que se ajusten a algunos de estos tipos de servicio. Para esto se toma en cuenta el método de explotación, tipo de roca, condiciones de los equipos, entre otros.

Esta forma de controlar las herramientas de perforación, esta bajo una supervisión constante por lo que se puede hacer las variaciones y correctivos para no alterar los objetivos de reducción de costos. Este control muestra los casos de descarte prematuro, pues de acuerdo a las características del descarte se puede tener un punto de partida para dar solución a los problemas.

Los objetivos propuestos son la reducción de los costos unitarios en la perforación a partir del óptimo rendimiento de los aceros y del logro de un contrato ventajoso. Como objetivo específico se necesitará la participación de una compañía proveedora de accesorios de perforación, con esta participación se podrá delegar parte del control en la disposición de los accesorios a un personal especializado en el tema. Otro de los objetivos específicos es mantener una relación constante con los representantes de la compañía de proveedora de aceros para asesorías, informes, reclamos y coordinaciones para programar capacitaciones.

Como resultado del logro de los objetivos propuestos se determina que la delegación de funciones permite tener una información detallada de lo que acontece con los materiales de perforación inclusive basada en criterios estadísticos como el consumo y el promedio de avance en dólares por metro. Todo esto aunado al descuento global por el volumen del consumo según el contrato redundará en un ahorro importante.

Todo lo anterior tiene una influencia muy importante en los costos totales de producción, pues, una perforación de calidad incidirá en una

buena voladura. La buena voladura influye en los costos totales de producción puesto que elimina sobre costos en el carguío y transporte, sostenimiento, costo por tonelada métrica rota. Además reduce el riesgo de accidentes.

INDICE

DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO I: TIPOS DE MINERALES Y ROCAS	05
1.1 Clasificación de las rocas por su estructura	05
1.2 Dureza y tamaño de los granos	06
1.3 Resistencia a la compresión	07
CAPÍTULO II: PRINCIPIOS DE LA PERFORACIÓN	08
2.1 PERFORACIÓN POR ROTOPERCUSIÓN	08
2.1.1 Distorsión de las fuerzas de retorno	09
2.2 PARÁMETROS DE PERFORACIÓN	11
2.2.1 Percusión	12
2.2.2 Rotación	13
2.2.3 Avance	14
2.2.4 Barrido	15
CAPÍTULO III: ACEROS DE PERFORACIÓN	17
3.1 Endurecimiento superficial por alta frecuencia	17
3.2 Carburización	18
3.3 Chorro de perdigones	18
3.4 Protección contra la corrosión	19
3.5 Carburo cementado	19

3.6 Inserción de carburo cementado	20
CAPÍTULO IV: COLUMNA DE PERFORACIÓN	21
4.1 Adaptador de culata	21
4.2 Barra de perforación y acoples	22
4.2.1 Las barras	22
4.2.2 Los acoples	23
4.3 Broca de botones	25
CAPÍTULO V: PARÁMETROS DEL CORRECTO USO DE LOS ACCESORIOS DE PERFORACIÓN	27
5.1 Ajuste adecuado de los parámetros de perforación	28
5.2 Usos y cuidados de los accesorios de perforación	29
5.2.1 Posicionamiento	29
5.2.2 Emboquillado	30
5.2.3 Percusión	31
5.2.4 Avance	31
5.2.5 Rotación	32
5.2.6 Sistema de barrido	33
5.3 Desgaste	34
5.4 Afilado de las brocas	35
5.5 Transporte y almacenaje	37
CAPÍTULO VI: OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN PERFORACIÓN POR SUPERVISIÓN POST VENTA	38
6.1 Consideraciones previas	38
6.2 Decisión de tipo de servicio según contrato	42
6.2.1 Costo por pie perforado	43
6.2.2 Rendimiento garantizado	44
CAPÍTULO VII: SUPERVISIÓN EN MINA VOLCAN YAULI U.E.A.ANDAYCHAGUA	46
7.1 Breve descripción del método de minado	46
7.1.1 Banqueo vertical	47
7.1.2 Perforación horizontal en frentes	49

7.1.3 Tipo de roca	49
7.2 Columna de perforación por equipos	50
7.2.1 Costos y tipos de accesorios	51
7.2.1.1 Tipos de barras y acoples	52
7.2.1.2 Tipos de shank adapter	53
7.2.1.3 Tipos de brocas	55
CAPÍTULO VIII: SUPERVISIÓN EN MINA LOS QUENUALES	
UNIDAD YAULIYACU	57
8.1 Breve descripción del método de minado	57
8.1.2 Sublevel Stopping	58
8.1.3 Tipo de roca	59
8.2 Equipos de perforación	60
8.3 Costos y tipos de accesorios	60
8.3.1 Tipos de barras y acoples	61
8.3.2 Tipos de shank adapter	62
8.3.3 Tipos de brocas	63
CAPITULO IX: DESCARTE PREMATURO POR CAUSAS	
OPERACIONALES	65
9.1 Tipos de descarte	66
9.2 Descarte prematuro	67
9.2.1 Descarte prematuro de barras y acoples	67
9.2.2 Descarte prematuro de adaptadores de culata	68
9.2.3 Descarte prematuro de brocas	69
CAPÍTULO X: DESEMPEÑO Y ASESORÍA DURANTE	
EL SERVICIO	71
10.1 Asignación de accesorios	71
10.2 Asesoramiento	72
10.3 Documentación	72
10.3.1 Informes	73
10.3.2 Valorizaciones mensuales	73

CAPÍTULO XI: INFLUENCIA DE LA PERFORACIÓN EN LOS COSTOS DEL PROCESO DE MINADO	74
11.1 Buena voladura	74
11.1.1 Simetría de los taladros	75
11.1.2 Paralelismo de los taladros	76
11.2 Perforación deficiente	77
11.2.1 Causas de un deficiente paralelismo	77
11.2.2 Atascamiento de la columna de perforación	80
11.3 Taladros de calidad	81
11.4 Beneficios de una buena voladura	81
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	87
ANEXO A: Resumen de la liquidación mensual de la Compañía Minera Volcan – U.E.A. Andaychagua.	88
ANEXO B: Resumen de la liquidación mensual de la Compañía Minera Los Quenuales S.A.	91
ANEXO C: Determinación del costo horario de los equipos de perforación en la unidad Minera Yauliyacu.	98
ANEXO D: Determinación del costo de perforación mecanizada por tonelada rota en la unidad minera Yauliyacu.	99

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es muy necesario en toda empresa tal como es la minería, la eficiencia en sus procesos y a la vez el máximo ahorro de sus costos. Parte de las operaciones mineras es la etapa de perforación, esta claro que en la perforación se efectúan cálculos y pruebas con el objetivo de lograr un diseño de mallas que resulte en una voladura eficiente en cuanto a granulometría, avances y otros, pero hay una parte en la perforación que también interviene de manera muy importante en los costos de voladura y estas son las herramientas de perforación para la ejecución de la misma.

El presente informe enfoca a los accesorios de perforación, desde su performance dependiendo del tipo de rocas, pasando por el conocimiento de los accesorios desde su composición en el proceso de fabricación, además de la variedad según el tipo de trabajo que se realice.

Con el conocimiento de las características de los accesorios se puede optimizar la vida útil de estos y llegar a los rendimientos indicados por el proveedor. Pero no sólo este ahorro va por el punto de vista del

comportamiento de los mencionados accesorios, sino también por la posibilidad de adquirirlos a un precio mejorado.

Cuando las compañías mineras buscan reducir los costos en el consumo de aceros de perforación, se plantea el problema considerando los siguientes puntos: los precios en compra directa son mayores que los conseguidos por contrato post venta; no se tiene un conocimiento claro de la cantidad de accesorios necesarios y suficientes a utilizar; la necesidad de una capacitación para el uso y optimización de la vida útil de los accesorios; también se considera la necesidad de una asesoría constante de un personal especializado en el tema de los accesorios para la perforación.

A manera de antecedente se parte del hecho que las empresas tratan de conseguir ahorros en sus costos sin perder la calidad en sus procesos, y en el caso de las compañías mineras por ende sucede lo mismo. Una parte del proceso de minado es la perforación y voladura. Si se considera sólo la perforación, desde ya se puede ir consiguiendo un ahorro y más aún si se considera la influencia de la voladura (que incluye la perforación) en los costos de todo el proceso productivo. Es ahí donde radica la importancia. El objetivo es la disminución de los costos de perforación desde la optimización de la vida útil de los aceros y el descuento en los precios al adquirirlos.

El alcance del informe incluye al proceso, estándares y prácticas en la perforación pero desde el punto de vista de los usos y cuidados de los accesorios así como del seguimiento de la supervisión post venta.

Si bien es cierto que el objetivo principal es lograr el ahorro en los costos de perforación que a su vez implica el ahorro en la voladura, en el informe se incluye a manera de concepto la gran influencia de la voladura en los costos generales de la producción que bien pueden ser problemáticas planteadas para otro estudio. Los puntos planteados sobre una voladura de calidad sólo es desde el punto de vista de la perforación pues hasta ahí se enmarca el alcance del informe.

En este informe se muestra precios y su influencia en el ahorro para la compañía minera. Cabe recalcar que los precios de los accesorios son confidenciales, por ese motivo se da conocer que los precios han sido modificados afectándolos por un factor, pero esto no repercutirá en los objetivos prácticos trazados para el informe. Otra alcance es que los seguimientos de la supervisión post venta es constante en los accesorios para equipos de perforación, pero también se interviene eventualmente y sólo cuando se requiere en aceros para perforadoras livianas, por esa razón el informe sólo se desarrolla en el contexto de la explotación mecanizada.

La metodología del trabajo por parte de la compañía minera consiste en recopilar información de consumo de accesorios y el dinero que se destina a ello para tener un punto de referencia para las comparaciones

con la nueva forma de control de los aceros. Así mismo decidirá el tipo de servicio post venta con el que ese va a contar considerando las recomendaciones de la empresa proveedora.

Por otro lado, por parte de la empresa proveedora se debe recopilar la información necesaria de la caracterización del macizo rocoso, para elegir los accesorios adecuados para la perforación. También se determinará los parámetros de perforación de los equipos, pues dichos parámetros varían en función a los modelos y las marcas. Es importante tener una base de datos para el control de los rendimientos con el objetivo de mejorarlos o en su defecto conservar una tendencia de acuerdo a lo registrado a partir del inicio de las labores de la supervisión post venta. Finalmente se debe programar capacitaciones para los operadores perforistas.

CAPÍTULO I: TIPOS DE MINERALES Y ROCAS

1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS POR SU ESTRUCTURA

El tema esta referido al comportamiento y elección del tipo de accesorio de perforación que se empleará y para esto es importante conocer el tipo de roca sobre el cual se va a trabajar. Si bien es cierto que las rocas se clasifican por su origen, es decir, rocas eruptivas, rocas sedimentarias y metamórficas, también pueden ser clasificadas por su estructura y es desde este punto de vista que se toman las decisiones en perforación, como según se vera en el transcurso del tema.

En la clasificación de las rocas por su estructura se tienen a las que son masivas, como el granito que se caracteriza por su estructura laminada, sus granos están arreglados en capas. Las pizarras también tienen los granos dispuestos en capas pero sometidos a condiciones de presión y otras como el calor, las capas se compactaron y formaron otras de mayor espesor, como losas.

Es necesario saber que la penetrabilidad de la roca depende de manera fundamental de su dureza y además del tamaño de los granos de la misma.

1.2 DUREZA Y TAMAÑO DE LOS GRANOS

Cuando la rocas están formadas por minerales duros, son más difíciles de perforar lo que ocasiona un mayor desgaste en los accesorios de perforación en comparación a lo que sucede con rocas que por ejemplo tienen contenido de calcita, en la que el tiempo de vida útil (a partir de ahora llamado rendimiento) de los aceros será mayor.

Considerando a la roca por el tamaño de sus granos, la roca de grano grueso (1.5 mm a 5 mm) produce menor desgaste comparado con rocas de grano fino (0.5 mm a 1.0 mm).

La combinación de las características de dureza y tamaño de grano son determinantes en la elección de las herramientas de perforación. Puede haber labores de roca suave y de grano fino, las cuales producen poco desgaste en los insertos de las brocas pero mayor desgaste en el faldón o cuerpo de la misma, con lo cual su rendimiento se reducirá a pesar de la conservación de los insertos, pues estos quedaran expuestos y pueden terminar desprendiéndose de la broca. En cambio las rocas duras de grano grueso desgastan

rápidamente los insertos y el descarte de la broca será considerando ese desgaste y la reducción en el diámetro de la cabeza de la broca.

1.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se define como la capacidad de una roca para resistir a una carga estática aplicada sobre ella, hasta que la misma se quiebre. La velocidad de penetración es uno de los indicativos de la penetrabilidad de la roca la cual es inversamente proporcional a su resistencia a la compresión.

La penetrabilidad de la roca se puede determinar en función de los conceptos dados anteriormente, pero este solo será un punto de vista preliminar, para dar recomendaciones certeras para la perforación, normalmente se logran con pruebas *in situ*.

CAPITULO II: PRINCIPIOS DE LA PERFORACIÓN

2.1 PERFORACION POR ROTO PERCUSIÓN

El tipo de perforación al cual esta orientado el informe es específicamente la perforación denominada roto percusión.

En esta perforación se genera una onda de choque que va desde la perforadora a lo largo del varillaje(a partir de este momento: columna de perforación) hasta el contacto entre los botones de la broca (carburo de tungsteno y cobalto) y la roca. La parte de energía que no se utiliza se refleja y retrocede a través de la columna de perforación, la que es absorbida por los dispositivos de amortiguación de la perforadora llamados “acumuladores”, los que contienen nitrógeno en su interior. Esta energía que no se utiliza retorna como fuerzas tensionales y fuerzas compresivas.

El mecanismo es el siguiente, con la energía cinética de la perforadora el pistón impacta con una aceleración de 10 m/s a la culata de la barra, la energía cinética se transmite como onda de

choque. Esta energía produce una compresión en la barra y a su vez un ensanchamiento, los que son imperceptibles porque son modificaciones a muy pequeña escala. La onda de choque se desplaza por la barra a la velocidad del sonido en el acero que tiene un aproximado de 5140 m/s (18504 Km/h).

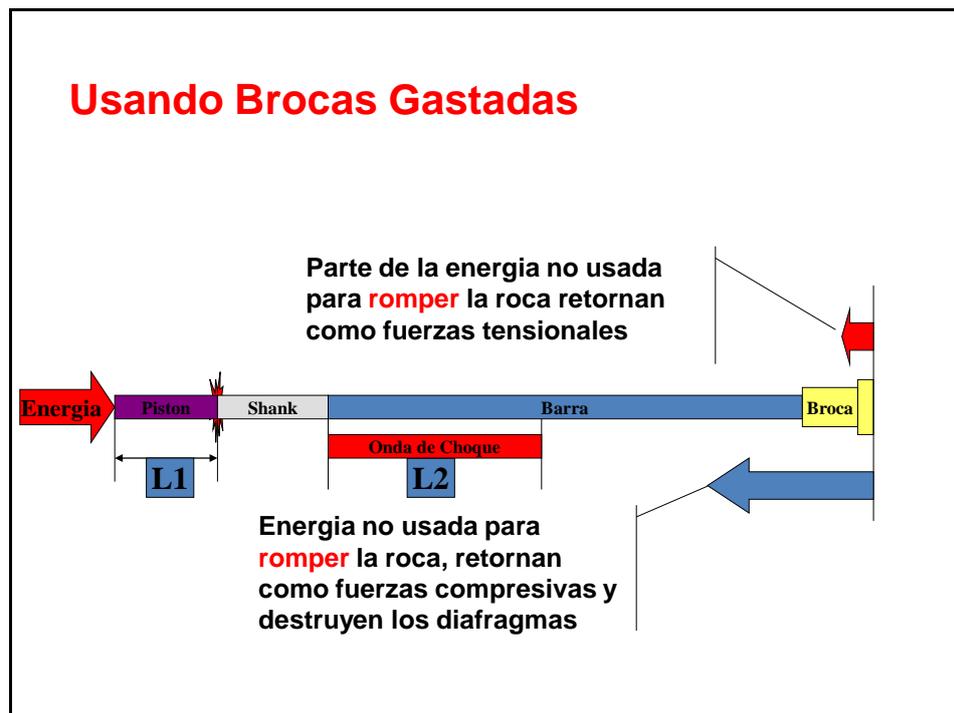
Dependiendo del método de explotación o de la profundidad de la perforación se puede requerir la unión de las barras. Cada unión refleja una parte de la onda de choque. Así mismo, el movimiento de la onda de choque a través de la columna de perforación produce fricción entre las roscas de la barras y de los maguitos de acoplamiento (o simplemente llamados acoples), originando desgaste en las roscas y pérdidas de energía en forma de calor, con lo cual la energía que llega a la broca para el proceso de perforación es menor. Por ese motivo siempre es recomendable colocar columnas con la menor cantidad de uniones, para lo cual se tiene que elegir las barras de mayor longitud posible que se dispone en fábrica.

2.1.1 Distorsión de las fuerzas de retorno

Las fuerzas de retorno (las fuerzas tensionales como las compresivas) en condiciones óptimas en el proceso de perforación están equilibradas, pero si no se siguen las recomendaciones para el correcto uso de los accesorios, pueden ocasionar deterioros en la columna de perforación y averías en la perforadora del equipo.

a) CUANDO SE USAN LAS BROCAS GASTADAS.- Las fuerzas compresivas son mayores que las fuerzas tensionales, estas fuerzas compresivas al ser descompensadas destruyen los diafragmas.

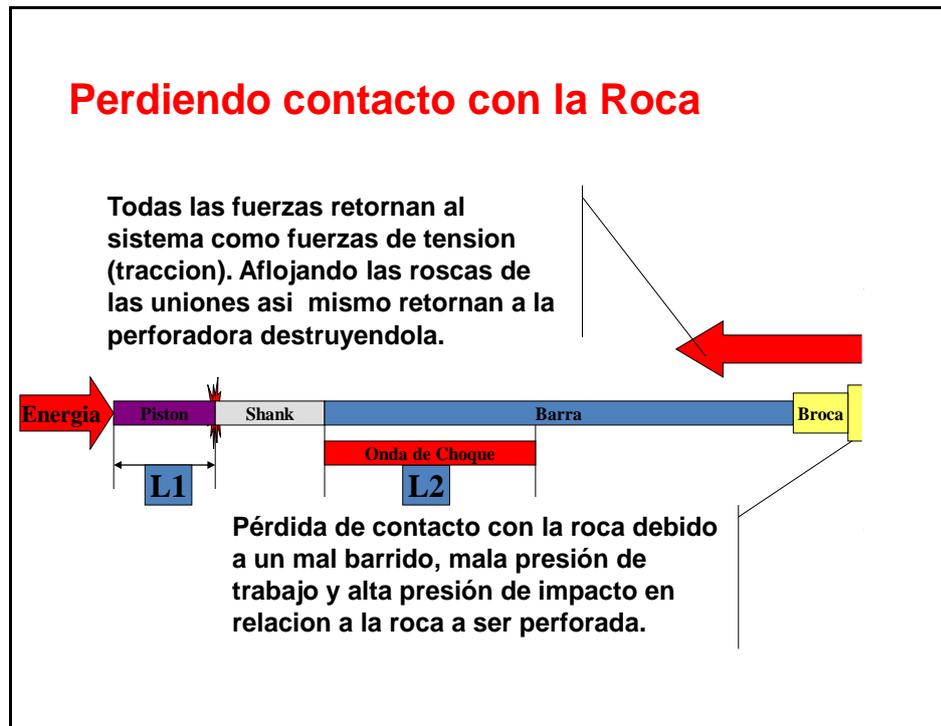
FIGURA 1: USO DE BROCA SOBREPENETRADA



Fuente: Archivo de capacitaciones Sandvik del Perú.

b) PERDIENDO EL CONTACTO CON LA ROCA.- Todas las fuerzas retornan al sistema como fuerzas de tensión (tracción), aflojando las roscas de las uniones, así mismo retornan a la perforadora destruyéndola. Al perder el contacto con la roca se produce un mal barrido, mala presión de trabajo y alta presión de impacto en relación a la roca a ser perforada.

FIGURA 2: PÉRDIDA DE CONTACTO CON LA ROCA



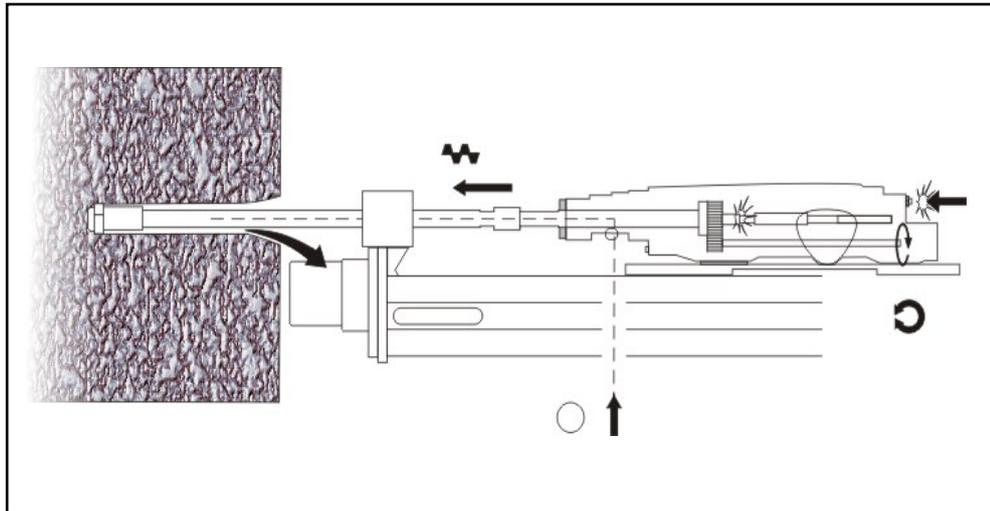
Fuente: Archivo de capacitaciones Sandvik del Perú

2.2 PARÁMETROS DE PERFORACIÓN

Los parámetros del trabajo de perforación son:

- percusión
- rotación
- avance y
- barrido.

FIGURA 3: PARÁMETROS DE PERFORACIÓN



Fuente: Sandvik del Perú.

Esquema que muestra la perforadora ejecutando sus cuatro acciones durante la perforación.

2.2.1 Percusión

Permite la penetración en la roca. El impacto de la energía generada por el pistón de un equipo que por lo general tiene un peso de 10 Kg y una aceleración aproximada de 10 m/s es transmitido a través de toda la columna de perforación.

La potencia de percusión transmitida a través de las herramientas de perforación es una combinación de fuerzas de impacto (40 toneladas presionando a toda la columna de perforación) y la frecuencia de impacto de 50 Hz (50 golpes por segundo). Esta potencia es directamente controlada por el nivel de presión de percusión.

La potencia de percusión empleada depende del terreno que esta siendo perforado. Si la roca es suave se empleará la presión en el nivel bajo del rango; si la roca es dura se utilizará la presión desde el nivel alto del rango.

2.2.2 Rotación

La rotación tiene como función girar la broca a una nueva posición antes del siguiente impacto. Una velocidad de rotación muy baja ocasiona pérdida de energía debido a la trituración de los detritos y a las bajas velocidades de penetración.

Una velocidad de rotación muy alta produce un excesivo desgaste de la broca porque la roca es triturada por rotación en vez de perforación, a su vez los acoplamientos se tornan excesivamente ajustados causando problemas en el desacople.

La velocidad de rotación depende del tamaño de la broca. A mayor diámetro de la broca menor número de RPM y viceversa. También la rotación depende de la penetrabilidad de la roca.

El número de revoluciones por minuto de la broca se obtiene de la siguiente fórmula.

$$N = \frac{60 * f * b}{\pi * D}$$

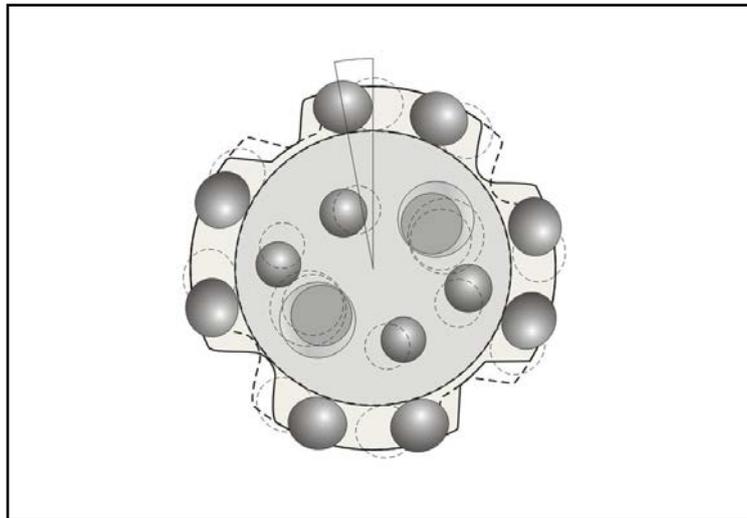
Fuente: Fórmula tomada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

Donde: $b = 9$ ó 10 recorrido para una óptima rotura de la roca (en mm)

f = frecuencia de percusión (en Hz)

D = Diámetro de la broca (en mm).

FIGURA 4: RPM DE LA BROCA



Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

Vista de planta de una broca mostrando su ángulo de rotación

2.2.3 Avance

Con el avance el Shank Adapter o adaptador de culata esta en permanente contacto con la perforadora así como la broca con la roca. La apropiada fuerza de avance depende de la

presión de percusión, el tipo de roca, la longitud del taladro, el tamaño y el tipo de equipo de perforación. La fuerza de avance muy alta no aumenta la velocidad de penetración, solo incrementará el desgaste de la broca, la desviación del taladro, barras flexionadas y producirá presiones de rotación más altas que las normales que pueden terminar en una rotura transversal de la broca.

Con una fuerza de avance muy baja se pierde contacto con la roca y esto ocasiona daño en la perforadora, aflojamiento de las roscas de las uniones y alta presión de impacto en relación a la roca a ser perforada.

2.2.4 Barrido

El propósito del barrido es remover los detritos desde el fondo del taladro. La roca triturada se mezcla con el agua de barrido que pasa desde el equipo a través de la columna de perforación, finalmente esta mezcla es evacuada del taladro por el espacio entre la barra y las paredes del taladro.

Un pobre barrido conduce a una baja velocidad de penetración, disminuye la vida de los accesorios de perforación (aumenta el desgaste de la broca) y produce atascos de barras.

Para evacuar los trozos de roca en forma continua se inyecta un agente de barrido (agua, aire o espuma) hasta el fondo del

taladro a través de un orificio central en la barra y los orificios de la broca. Por lo general la presión para el barrido con agua o aire debe estar en un rango de 10 o 12 bar.

CAPITULO III: ACEROS DE PERFORACIÓN

La fabricación de los aceros de perforación requiere del empleo de una alta tecnología y de mejoras continuas de acuerdo a los avances tecnológicos. Se sabe que estos aceros deben tener una alta dureza para perforar la roca, el desafío se da porque mientras un material es mas duro también es más frágil, entonces el objetivo es lograr una reducción a esa característica de fragilidad. A continuación se muestran algunos de los procesos de la fabricación y la composición de estos aceros

3.1 ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL POR ALTA FRECUENCIA

En el endurecimiento superficial HF (alta frecuencia), la superficie se calienta rápidamente hasta aproximadamente 900 grados centígrados y después se sumerge inmediatamente en agua. Esto produce una superficie dura, e introduce una resistencia a la compresión en la capa exterior del acero, que aumenta la resistencia a la fatiga. El método de endurecimiento superficial HF se aplica en las roscas de las barras, manguitos y ciertos tipos de brocas.

3.2 CARBURIZACIÓN

El nivel de dureza del acero depende del contenido de carbono. Mediante la carburización, que se realiza en un horno con un gas rico en carbono a una temperatura de aproximadamente 925 grados centígrados, se aumenta el contenido de carbono en la capa superficial.

En el proceso de endurecimiento posterior, se confiere un elevado grado de dureza a la capa exterior del acero y se introduce la resistencia a la compresión. El objetivo principal de la resistencia a la compresión es el de aumentar la resistencia a la fatiga del acero, mientras que el aumento de la dureza hace que mejore su resistencia al desgaste. Se obtiene una zona externa carburizada, tanto en la superficie exterior de la barra como en el orificio de barrido. La carburización se aplica en las barras roscadas, adaptadores, manguitos de acoplamiento y en ciertas brocas.

3.3 CHORRO DE PERDIGONES

El método de bombardeo con perdigones de acero se emplea para aumentar la resistencia a la fatiga del acero. Bombardeando la superficie con pequeñas bolas de acero se incrementa la resistencia a la compresión en la capa superficial. Este método también se aplica a los productos que no han sido carburizados ni endurecidos por alta frecuencia.

3.4 PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Cuando se administra el tratamiento contra la corrosión, se fosfatizan primero tanto la superficie externa de la barra como el orificio de barrido, y después se aplica una capa protectora de cera. La capa de cera en el orificio de barrido permanece intacta durante toda la vida útil de la barra.

3.5 CARBURO CEMENTADO

El carburo cementado que se emplea en la perforación de rocas se compone de una mezcla sinterizada de carburo de tungsteno y cobalto. El carburo de tungsteno confiere a los botones o plaquitas la dureza y la resistencia al desgaste, mientras que el cobalto imprime la tenacidad.

El carburo cementado se produce mediante un proceso de polvo metalúrgico. Los ingredientes, en forma de polvo, se compactan hasta adquirir la forma correcta, a alta presión. A continuación se sinterizan a alta temperatura, mediante lo cual los granos de polvo se amalgaman y el botón o plaquita se contrae hasta su tamaño final.

El carburo cementado posee las siguientes propiedades:

- Alta resistencia al desgaste, una dureza de aproximadamente nueve en la escala de Mohs
- Una resistencia a la compresión más alta que el acero.

- Alta densidad, 14500 kg/m³.
- Una conductividad térmica más elevada que el acero.
- Un coeficiente de expansión térmica más bajo que el acero (aproximadamente 50%).

La resistencia al desgaste (dureza) y la tenacidad (una combinación de resistencia a la compresión y a la tracción) son las características más importantes en la perforación de rocas.

3.6 INSERCIÓN DEL CARBURO CEMENTADO

Los botones se fijan por contracción o presión en frío. Cuando se fijan por contracción, se taladran unos orificios en el cuerpo de la broca, la cual se calienta y se colocan los botones en su posición mientras aún está caliente. Cuando el acero se enfría, los orificios se contraen, fijando los botones firmemente.

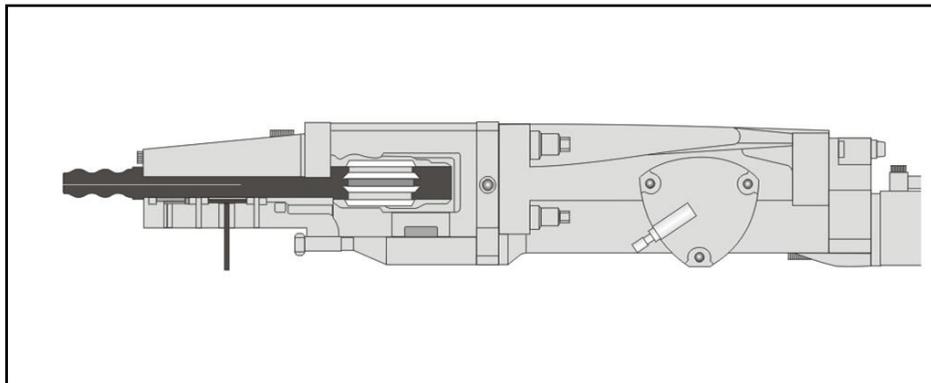
Las tolerancias entre los botones de carburo cementado y el cuerpo de la broca son muy importantes. Todos los orificios donde irán alojados los botones se miden uno por uno, con una precisión de tan solo unas milésimas de milímetro. Los botones se rectifican hasta obtener su redondez exacta y a continuación se miden con el mismo grado de precisión.

CAPITULO IV: COLUMNA DE PERFORACIÓN

Una columna de perforación esta compuesta con los siguientes accesorios: adaptador de culata (shank adapter), barra, broca de botones y en algunos casos acoples.

4.1 ADAPTADOR DE CULATA

FIGURA 5: PERFORADORA DE EQUIPO



Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

La parte sombreada acoplada a la perforadora es el shank adapter

El adaptador de culata está colocado en el interior de la perforadora. Este accesorio de perforación transmite la energía de impacto y rotación de la perforadora a la columna de perforación.

Existen muchos modelos y tamaños de adaptadores de culata, estos modelos están diseñados para cada tipo de perforadora.

El tubo de barrido entra en el adaptador pasando por una empaquetadura o sello.

4.2 BARRA DE PERFORACIÓN Y ACOPLES

4.2.1 Las barras

Las barras MF tienen una rosca hembra o copa en un extremo y una rosca macho en el otro. También existen barras de perforación que tienen rosca macho en ambos extremos

Las barras tienen sección hexagonal o también pueden ser de sección redonda.

Existen una gran gama de barras, varían por su longitud, sección, tipo de roscas, etc.

Se decide el modelo de barra a usar dependiendo de la longitud del brazo del equipo de perforación y el método de explotación de la mina. Principalmente cabe aclarar que existen muchos modelos de barras para ambos criterios, finalmente

predominará el de menor costo y mayor eficiencia en la mina a trabajar.

FIGURA 6: BARRAS DE PERFORACIÓN



Fuente: Product Catalogue. Products from Sandvik Mining and Construction Tools – 2010.

Arriba: barra MF rod de 5ft x T38. Abajo: barra TUN R38.

4.2.2 Los acoples

También llamados manguitos de acoplamiento. Son de diversos tipos. La mayoría de acoples se usan entre el adaptador de culata y la barra (cuando la barra es de rosca macho en ambos extremos).

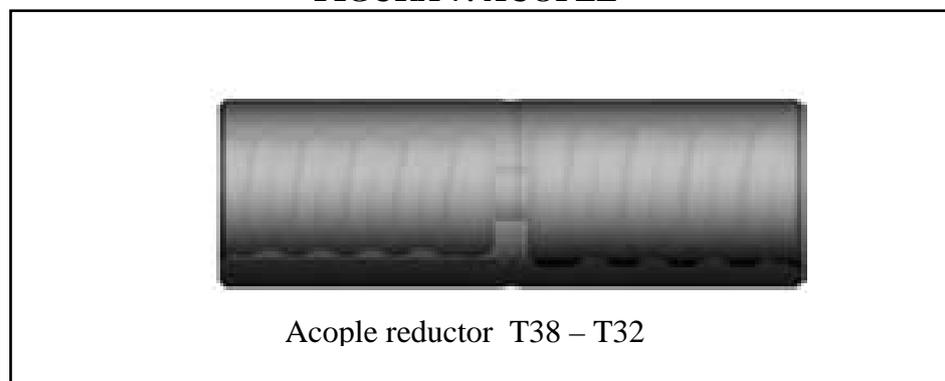
Los tipos de hilos en las roscas son: hilos redondeados tipo soga (rosca S) e hilos achatados (rosca T). En función de estos tipos de hilos y habiéndolos en distintos diámetros pueden variar los acoples; siendo estos homogéneos :(S-S; T-T) y

mixtos (S-T). También están los acoples reductores (mixtos u homogéneos), es decir, el diámetro interno de la entrada del acople es distinto al diámetro interno de salida.

Las condiciones para el uso de acoples son muy diversas .Pero una de esas condiciones es la determinación entre el uso de la barra MF o la barra sin copa. Las barras MF no necesitan acople pero tienen un mayor costo con respecto a las barras con dos roscas macho. Ya depende del proveedor recomendar que barra es más adecuada para determinadas minas, puesto que en contraparte los acoples tienen dos roscas (una de entrada y otra de salida) y hay mayor pérdida de energía en forma de calor.

Finalmente es necesario conocer que la aleación del acero no es homogénea en toda la barra, puesto que las roscas son más duras con respecto al vástago (varilla) de las barras.

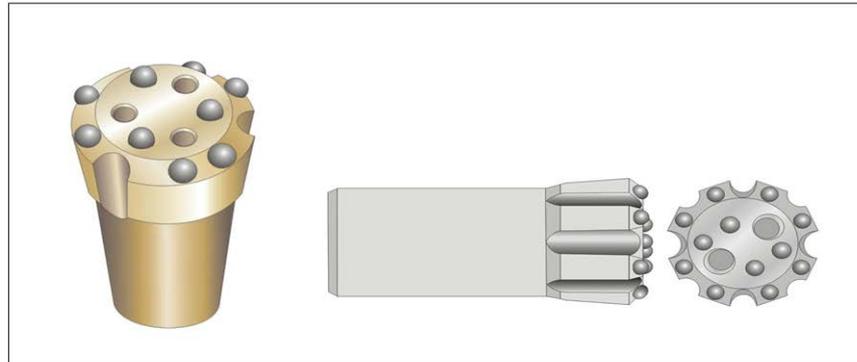
FIGURA 7: ACOPLA



Fuente: Product Catalogue. Products from Sandvik Mining and Construction Tools – 2010.

4.3 BROCA DE BOTONES

FIGURA 8: BROCAS



Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

Dos modelos de brocas. Derecha: Presentación tipo catálogo

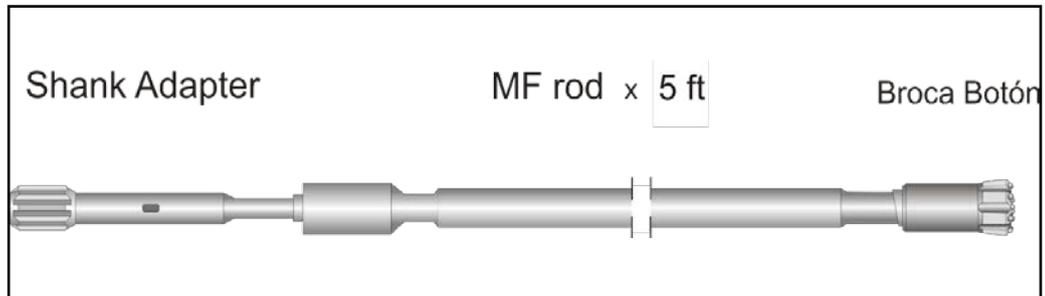
La broca es el elemento de la columna de perforación que realiza el trabajo de trituración. La parte de la broca que está en contacto con la roca está conformada por el metal duro (carburo de tungsteno y cobalto) en forma de botones.

El agente de limpieza es introducido a través del orificio de barrido de las barras y es distribuido a través de los orificios de barrido central y laterales de las brocas si los tuviera (hay brocas que no tienen orificios laterales).

La variedad de brocas es mucho más diversa que las barras existiendo varios modelos para un mismo diámetro y mismo trabajo, pueden diferir por la cantidad de botones, el tamaño de los mismos, la disposición de los orificios de barrido, la forma de los pasajes para el paso de los detritos. Está claro que un modelo será el adecuado y

tendrá sus alternativas, puesto que cada mina tiene sus propias características.

FIGURA 9: COLUMNA DE PERFORACIÓN



Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

Columna con barra MF. En este caso no necesita acople.

CAPITULO V: PARÁMETROS DEL CORRECTO USO DE LOS ACCESORIOS DE PERFORACIÓN

Los costos unitarios en perforación como parte del proceso de perforación y voladura, pueden ser mejorados, es decir, reducir costos logrando prolongar la vida útil (rendimiento) de los accesorios

Esto se consigue con un adecuado ajuste de los parámetros de perforación que se observa en los tableros de los equipos de perforación. Es también importante reconocer el desgaste de las partes de una columna de perforación, pues si no se cambia o restaura oportunamente, se acortará la vida útil del resto de la columna o pasarán a un descarte prematuro. También hay que considerar la correcta manipulación de los accesorios, así como su transporte y almacenamiento.

5.1 AJUSTE ADECUADO DE LOS PARÁMETROS DE PERFORACIÓN

Los ajustes de los parámetros de perforación están referidos a las presiones que se registran en los barómetros de los equipos electrohidráulicos. Las presiones para la percusión, el avance, la velocidad de rotación y el flujo necesario para el barrido dependen de varios factores, tales como la condición de la roca, el tipo de broca, el diámetro de taladro, entre otros. Los parámetros de perforación deben estar de acuerdo a las reales condiciones de perforación.

Es importante considerar que hay equipos de perforación que tienen modelos de perforadoras de diferente potencias por los cual las presiones se ajustan de acuerdo a la marca y versión de los equipos, como se verá en la cuadro 1.

CUADRO 1: PARAMETROS DE PERFORACIÓN

EQUIPO	PERCUSIÓN (bar)	AVANCE (bar)	ROTACIÓN (bar)	BARRIDO (bar)	VELOCIDAD DE ROTACIÓN (rpm)
Rocket Boomer H281 (AC)	180 - 190	70	60 - 70	12	190
Axera DD320 (S)	140	50	50	12	190

Fuente: Compañía Minera Milpo- Unidad El Porvenir.

Parámetros de perforación de dos modelos de equipos para un mismo frente con broca de siete botones y 45 mm de diámetro.

El operador del equipo de perforación puede controlar la presión de avance y la potencia de percusión con las perillas de ajuste. La

presión de rotación es calibrada por los mecánicos encargados del mantenimiento de los equipos.

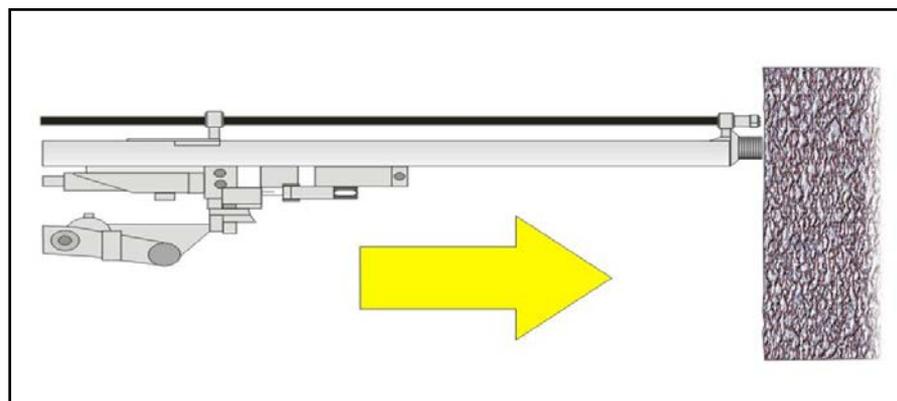
5.2 USOS Y CUIDADOS DE LOS ACCESORIOS DE PERFORACIÓN

Para el óptimo rendimiento de los aceros de perforación es importante también capacitar a los operadores de los equipos de perforación en los cuidados de dichos aceros. Por este motivo en las capacitaciones se hace hincapié en los siguientes puntos.

5.2.1 Posicionamiento

Consiste en fijar el dowell (jebe en la parte delantera del brazo del equipo de perforación) a la roca de tal forma que no exista movimiento o vibraciones de la viga o brazo del equipo en la perforación.

FIGURA 10: POSICIONAMIENTO CORRECTO



Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

En la figura se observa como se debe fijar el brazo de la perforadora a la roca.

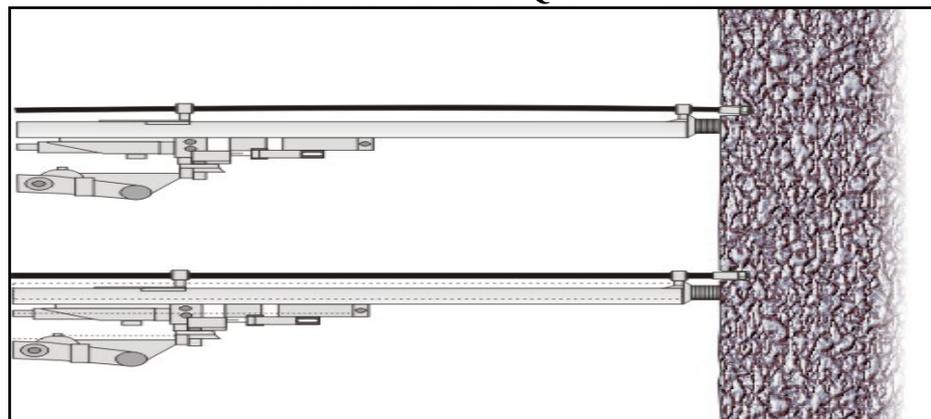
5.2.2 Emboquillado

Para el emboquillado se debe iniciar la perforación a media potencia de la máquina y con un barrido eficaz. El emboquillado violento ocasionará la destrucción de la broca.

Los centralizadores son jebes que están ubicados sobre la viga del equipo, su función es ser el punto de apoyo de barra ante los esfuerzos de flexión. Dependiendo de la longitud de la barra, en la viga puede haber de uno a dos centralizadores.

Es importante revisar regularmente los centralizadores y corroborar que el diámetro de su orificio esta dentro del rango aceptable; si no es así hay que cambiarlo, porque si se continúa perforando con los centralizadores desgastados será mayor el riesgo de una rotura barra.

FIGURA 11: EMBOQUILLADO



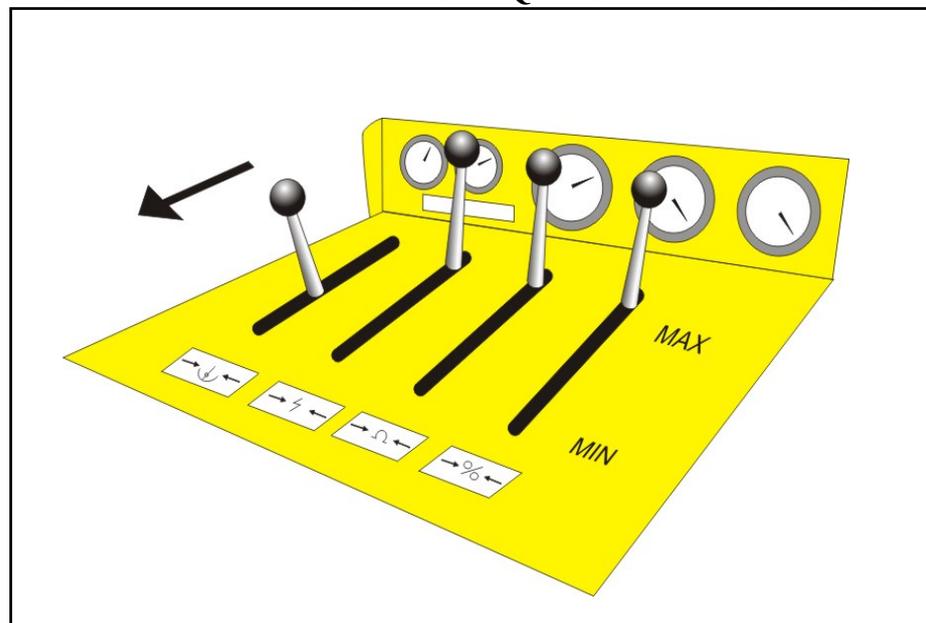
Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

Arriba: se observa la barra flexionada por la excesiva presión.
Abajo: forma correcta de realizar el emboquillado.

5.2.3 Percusión

Se debe regular la presión de percusión de modo que sea la adecuada al tipo de roca. Por ejemplo si la roca es de poca competencia, entonces se debe bajar la presión del mecanismo de percusión.

FIGURA 12: TABLERO DE UN EQUIPO DE PERFORACIÓN



Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

La presión de percusión se regula de acuerdo a las características de la roca.

5.2.4 Avance

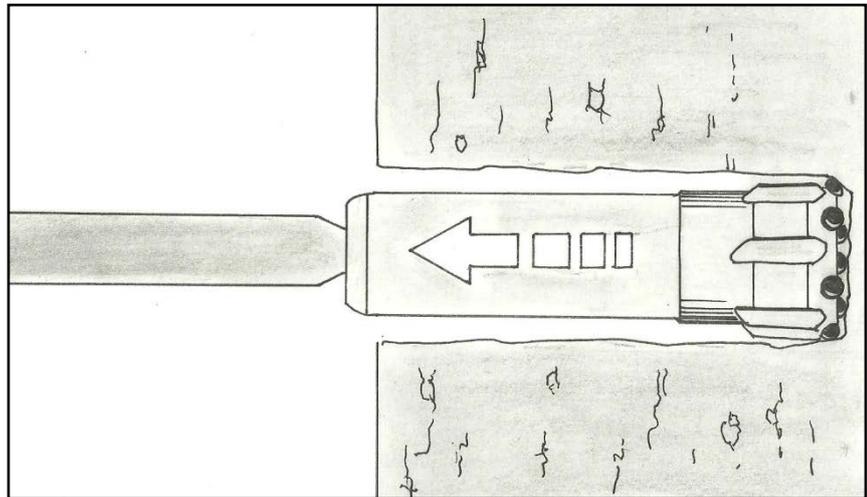
Con un adecuado ajuste en la presión de avance se obtendrá mejor economía en la perforación.

Las malas maniobras operacionales tal como es la baja presión de avance provocará que las roscas en el varillaje se

desgasten rápidamente, además se desgastarán rápidamente los insertos de las brocas.

Si la presión de avance es muy alta, ocurrirán atascos y entonces provocará la disminución en la velocidad de perforación. La excesiva presión de avance también afecta a toda la columna pues incrementa el esfuerzo de flexión.

FIGURA 13: ACCIÓN DE AVANCE



Fuente: Ilustración propia.

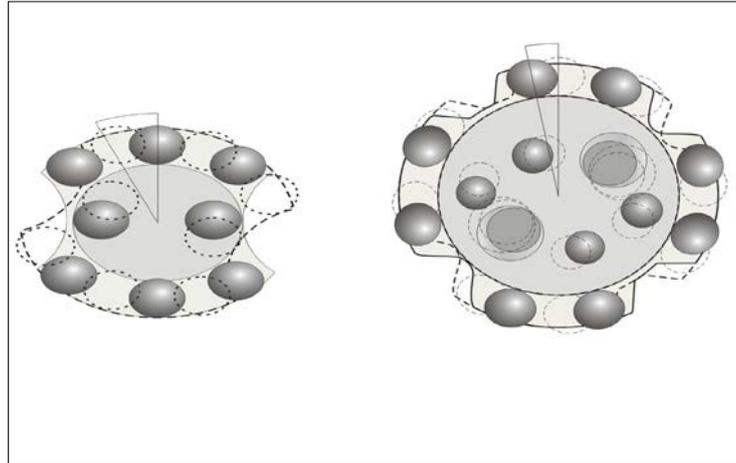
La resistencia a la penetración de la roca retorna una parte de los esfuerzos a la columna de perforación

5.2.5 Rotación

La velocidad de rotación debe ser la adecuada para que los botones de la broca se desplacen en un tramo apropiado entre cada golpe para romper continuamente la roca fresca. La velocidad de rotación depende del diámetro de la broca. Si la broca es de poco diámetro gira más rápido respecto a otra de

mayor diámetro. Con velocidades de rotación alta se reducirá el rendimiento de las brocas pues los botones se desgastaran rápidamente.

FIGURA 14: VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA BROCA

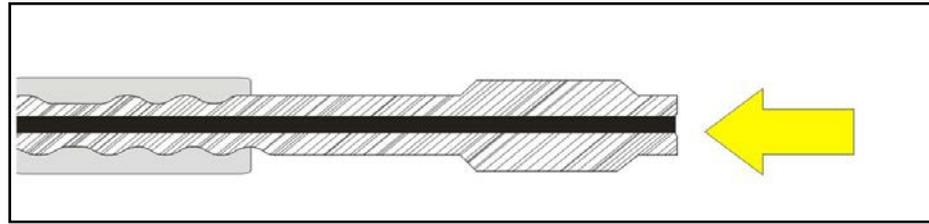


Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

La velocidad de rotación de las brocas es inversamente proporcional a su diámetro.

5.2.6 Sistema de barrido

El barrido en la perforación es fundamental, pues un barrido deficiente aumenta el riesgo de atascos, además que la perforación se hace lenta. Si hay una presión excesiva puede provocar un desgaste muy prematuro del cuerpo de la broca, así como de la barra de perforación.

FIGURA 15: SISTEMA DE BARRIDO

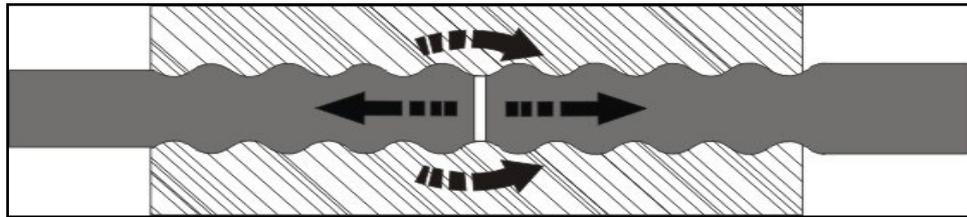
Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

Vista de perfil del shank adapter donde la parte sombreada es el orificio de barrido. El agente de barrido fluirá a través de toda la columna hasta llegar al fondo del taladro.

5.3 DESGASTE

Parte del cuidado de los aceros de perforación consiste en conocer las condiciones de las roscas. El perforar con roscas desgastadas implica un gran riesgo de paradas innecesarias y un alto costo de producción.

Es importante saber que cuando se hacen cambios de accesorios entre el adaptador de culata, acoples y barra, se debe considerar que la combinación de roscas usadas con roscas nuevas hace que se desgasten estas últimas mucho más rápido, por eso lo adecuado es cambiar el juego completo.

FIGURA 16: DESGASTE DE LAS ROSCA

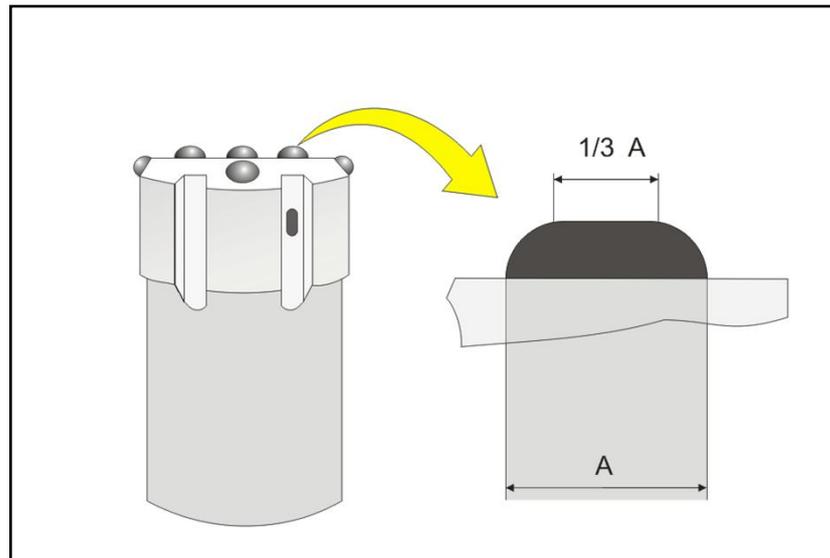
Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

En la figura se observa los sentidos de los esfuerzos en las rocas cuando la columna de perforación esta trabajando.

5.4 AFILADO DE LAS BROCAS

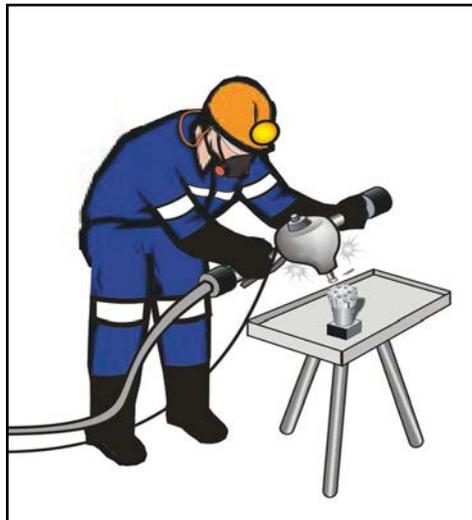
Se denomina sobreperforación cuando el desgaste de los insertos de la broca es mayor a 3 mm. Cuando la broca esta sobre perforada ya no tritura la roca y toda la fuerza transmitida por la perforadora retorna causando destrucción de los aceros.

Por esa razón es necesario afilar los insertos en intervalos apropiados. El afilado es la restauración del inserto a su estado original con la ayuda de una afiladora la cual tiene como accesorio una copa de afilado.

FIGURA 17: INTERVALO DE AFILADO DE BROCA

Fuente: Ilustración basada del archivo de capacitaciones de Sandvik del Perú.

El afilado oportuno se realiza cuando el desgaste del inserto alcance como máximo la tercera parte de su diámetro.

FIGURA 18: PROCEDIMIENTO DE AFILADO

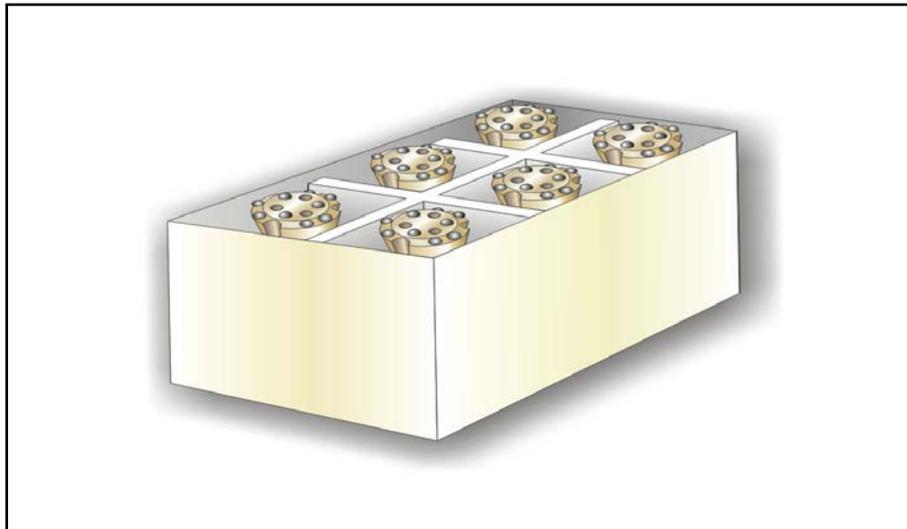
Fuente: Ilustración propia

Nótese el EPP que se utiliza para afilar. Es muy importante usar el tapón de oídos y los lentes de seguridad.

5.5 TRANSPORTE Y ALMACENAJE

Los aceros de perforación se deben manipular con cuidado. Los adaptadores de culata, las barras y las brocas tienen una capa superficial dura pero frágil, es decir, sensible a los golpes. En el transporte se debe evitar que las brocas se golpeen con otro metal duro porque puede ser dañado y reducir el rendimiento esperado.

FIGURA 19: MANIPULEO DE LOS ACEROS



Fuente: Ilustración propia.

En la figura se observa el empaque de las brocas para protegerlas de los golpes entre sí o con otro material duro.

CAPÍTULO VI: OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN POR SUPERVISIÓN POST-VENTA

6.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Para lograr el objetivo del ahorro en los costos de perforación se debe considerar los rendimientos, así como los costos de las diferentes máquinas perforadoras para así negociar un contrato por avance ya sea en \$/m o \$/pie. Para el caso específico del informe se hará referencia a los equipos de perforación (minería mecanizada).

En el caso de los equipos, las compañías mineras tienen diversas formas de adquirirlos o disponer de ellos. Estos equipos pueden ser comprados, cuyo mantenimiento puede estar a cargo de los mecánicos de la compañía minera o de la contrata proveedora de estos equipo, también esta el caso de equipos alquilados que pueden estar a cargo de los mecánicos de la contrata, otro caso se da cuando los equipos son comprados con supervisión post-venta (con supervisores de la contrata proveedora), entre otros.

En todos estos casos la compañía minera lleva un control estadístico para tener datos de referencia al momento de negociar un contrato por avance (\$/m o \$/pie). Los controles estadísticos de los equipos incluyen detalles de sus rendimientos y costos, también es importante considerar la influencia del desempeño de los operadores de los equipos en función a metros perforados por guardia.

Las negociaciones para la adquisición de los equipos y los aceros de perforación se realizan por separado, tal es así que no necesariamente los accesorios de perforación son de la misma fábrica o distribuidora del equipo. Los contratos para la adquisición de los accesorios de perforación se realizan a través de una licitación, en similar forma sucede con los equipos, pero estos contratos son independientes no sólo por el momento en que se realiza sino también por su vigencia.

Con lo explicado líneas arriba queda claro que para las compañías mineras el contrato de los equipos es independiente del contrato para los accesorios de perforación. Por eso las compañías proveedoras de accesorios que participan en la licitación presentan sus propuestas de contrato tomando en cuenta entre otras cosas los equipos que operan en la compañía minera, pues tienen que adecuar sus alternativas de stock de accesorios de acuerdo a cada caso.

El ahorro en la adquisición de los accesorios de perforación se da con los descuentos globales de la compra y la optimización de la vida útil de los mismos, lo cual esta a cargo de los supervisores post-venta.

Como se sabe la parte central del informe abarca lo relativo a los aceros de perforación tomando en cuenta todos los elementos que conforman el varillaje, es decir, desde el adaptador de culata colocado en la perforadora del equipo hasta la broca. En este sentido se mencionan, los tipos de contrato post venta que incluyen descuentos globales con respecto a una compra directa. Además se indican las funciones que cumplen los supervisores post venta. Todo esto influirá en la reducción de costos en perforación y voladura, lo que a su vez repercutirá favorablemente en el ahorro en los costos de generales de producción.

Antes de pasar al siguiente sub capitulo se muestran algunos cuadros estadísticos de costos en equipos que llevan las compañías mineras.

En los anexos C y D se muestran una de las formas en que las compañías mineras deducen el costo horario por equipo (US \$/h), así como el costo por tonelada (US \$/ton).

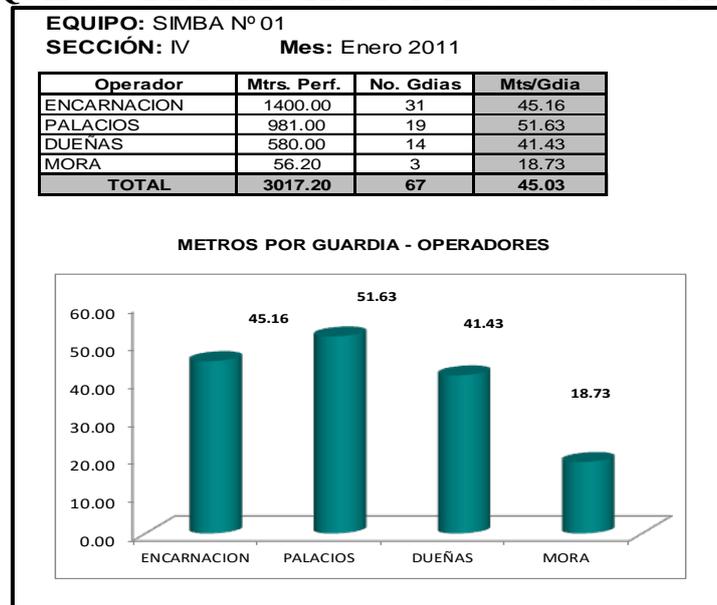
CUADRO 2: COSTOS TOTALES Y COSTOS POR AVANCE DE LOS EQUIPOS EN MINA LOS QUENUALES U.M. YAULIYACU

	COSTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO (US\$)	COSTO DE ACEROS (US\$)	COSTO TOTAL (US\$)	COSTO ESTIMADO DEL MES (US\$)	DIFERENCIA COST. TOTAL CON COST. EST.(US\$)	METROS PERF. (m)	Oct-11 (\$/m)	Prom 2011 (\$/m)
Jumbos Autopropulsados								
JUMBO ALQUILADO	24608	6065	30673	0	-30673	5298	5.80	8.30
JUMBO BOOMER H 281	14841	5808	20649	18494	-2155	4561	4.50	4.00
JUMBO QUASAR	13008	4594	17602	17763	161	4509	3.90	4.50
JUMBO SIMBA N° 07	13764	7166	20930	20638	-292	4930	4.20	4.00
JUMBO SIMBA N° 08	12948	5494	18442	17519	-923	4991	3.70	3.60
JUMBO SIMBA N° 09	8988	6346	15334	0	-15334	5566	2.80	3.20
JUMBO SIMBA N° 1	19036	6959	25995	17318	-8677	4589	5.70	4.90
	107193	42432	149625	91732	-57893	34443	4.10	4.00
Jumbos no Autopropulsados								
JUMBO RAPTOR MINI 01	8245	4919	13164	25167	12003	2723	4.80	5.20

Fuente: Compañía Minera Los Ouenuales Unidad Yaulivacu.

Cuadro donde se muestran los costos por equipos, así como sus respectivos rendimientos en metros durante el mes de octubre. También se muestran los costos por avance en \$/m. durante el mismo mes y el acumulado del año (hasta oct- 2011).

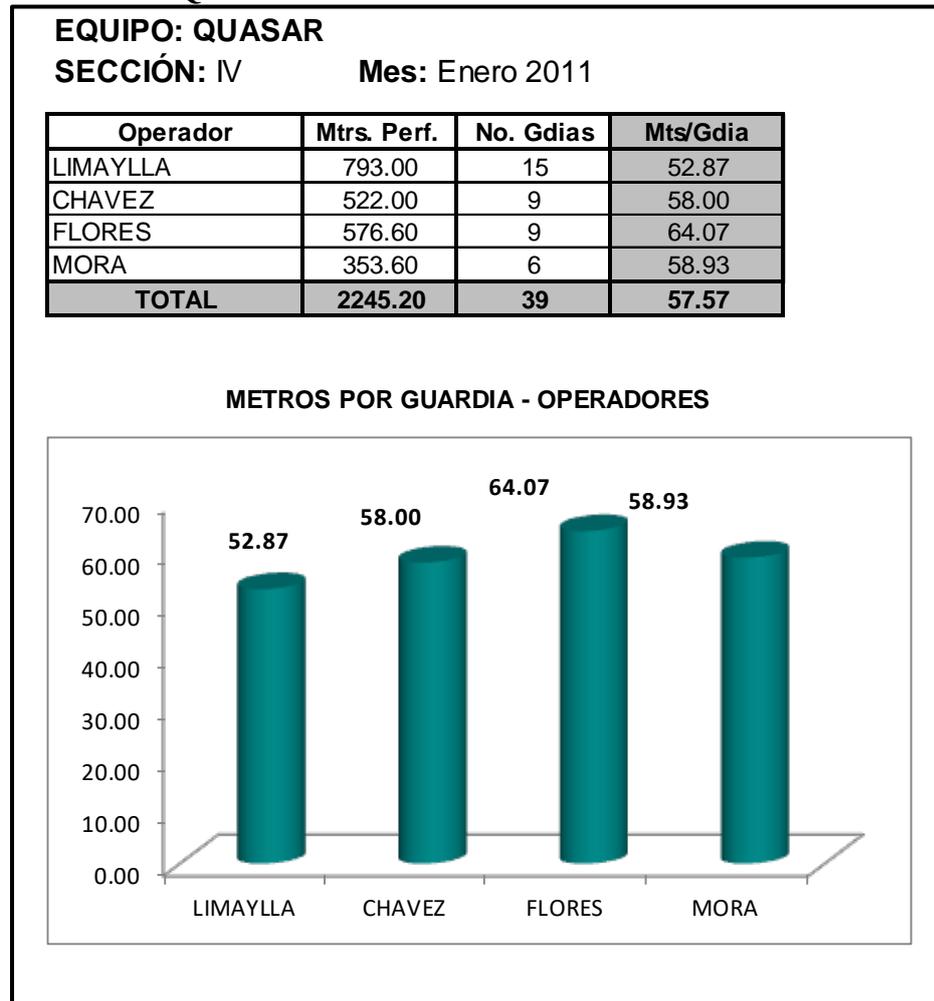
CUADRO 3: RENDIMIENTO DE LOS OPERADORES DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN EN U.M YAULIYACU



Fuente: Compañía Minera Los Quenuales Unidad Yaulivacu.

Cuadro y gráfica de los rendimientos de los operadores perforistas en función de m/guardia. Equipo Simba N° 01.

CUADRO 4: RENDIMIENTO DE LOS OPERADORES DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN EN U.M YAULIYACU



Fuente: Compañía Minera Los Quenuales Unidad Yauliyacu.

Cuadro y gráfica de los rendimientos de los operadores perforistas en función de m/guardia. Equipo Quasar.

6.2 DECISIÓN DE TIPO DE SERVICIO SEGÚN CONTRATO

Si bien es cierto que la optimización del rendimiento en los aceros de perforación reduce de manera importante los costos, también resulta determinante si se consigue obtener contratos con menores precios en los aceros. Las empresas proveedoras de accesorios de perforación pueden ofrecer estos precios reducidos con contratos que

incluyen servicios post-venta. Siempre resultará ser menor, comparado con el caso de comprar aceros en forma directa.

Para los servicios post-venta se envía personal con el cargo de supervisores a tiempo completo para el seguimiento del rendimiento de los accesorios, asesorías, valorizaciones, entre otros.

Existen dos tipos de servicio post-venta:

- Costo por pie perforado (C.P.P.)
- Rendimiento Garantizado

Incluido los precios, los proveedores de aceros de perforación; consideran que tipo de servicio post-venta deben incluir en su propuesta de licitación, pues hay condiciones y circunstancias que hacen que una compañía minera resulte beneficiada con alguno de los tipos de servicios.

6.2.1 Costo por pie perforado

Para este servicio la empresa contratista se encarga de suministrar los aceros de perforación para los equipos. Los supervisores tienen la responsabilidad que los accesorios no falten ni demoren la operación en mina.

La empresa contratista hace sus liquidaciones mensuales cobrando por los pies perforados en ese periodo. Este tipo de cobro se da considerando el costo por pie que avanza toda la

columna de perforación, es decir, el costo se da por el trabajo del conjunto de aceros y no de forma independiente de cada parte de la columna.

La disposición y puesta en servicio de los aceros queda en responsabilidad de los supervisores de la empresa especializada.

6.2.2 Rendimiento garantizado

En este tipo de servicio los aceros de perforación están en calidad de concesión y en las liquidaciones mensuales solo se cobrarán los accesorios que entren en servicio. Los cobros se efectúan por cada accesorio, es decir, shank adapter, barra, broca y acoples si los hubiera.

En este caso hay una participación directa de la compañía minera a través de la superintendencia de mina.

En contraparte al CPP la superintendencia no solo tiene el registro de los pies perforados sino también de la cantidad de accesorios utilizados durante el mes. Por ese motivo para disponer de los accesorios se necesita la autorización de superintendencia. De esta forma el área de operaciones tendrá un margen de costo destinado al consumo de accesorios de perforación para el mes.

CUADRO 5: COMPARATIVO DE LOS CONTRATOS SEGÚN TIPO DE SERVICIO

COSTO POR PIE PERFORADO (C.P.P.)	RENDIMIENTO GARANTIZADO
<ul style="list-style-type: none"> - Los supervisores de la contrata proveedora de los accesorios disponen del control de los mismos. - La facturación del cobro mensual se efectúa en función a la longitud perforada durante ese periodo. - El control de los aceros de perforación y su puesta en servicio es de total responsabilidad de los supervisores de la contrata. El personal involucrado en el área de operaciones de la compañía minera cuenta con que los accesorios siempre deben estar instalados para la operación. - Este tipo de servicio puede ser conveniente para compañías que tengan problemas mecánicos con frecuencia en sus equipos. Aunque siempre las decisiones se dan por un conjunto de factores aparte del mencionado. - La compañía minera delega la función del control y seguimiento de los accesorios de perforación a la proveedora. - El contacto y disponibilidad con el personal involucrado en labores de perforación es constante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los accesorios se encuentran en el almacén de la compañía minera en calidad de concesión. - La facturación mensual es por el total de aceros que fueron puestos en servicio durante ese periodo. - La superintendencia de operaciones es la encargada de autorizar el ingreso a mina de los aceros a pedido de los supervisores post venta. - La compañía tiene alcances con respecto al <i>stock</i> de aceros de perforación, con lo cual tiene participación en su control a través de sus supervisores de operaciones. - Uno de los casos de la práctica de este servicio es para compañías que por características propias de su minado puede ocasionar un índice alto de descartes prematuros de accesorios. - El control de accesorios y su disposición es delegada parcialmente a la contrata proveedora. - El contacto y disponibilidad con el personal involucrado en labores de perforación es constante.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VII: SUPERVISIÓN EN MINA VOLCAN YAULI U.E.A. ANDAYCHAGUA

7.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO

El método utilizado en la U.E.A. YAULI – ANDAYCHAGUA es el Corte y Relleno Descendente. Es un método muy poco empleado en el Perú, se caracteriza además por el material que utiliza para el relleno que es el cemento.

Desde que el componente de mayor costo del relleno es el cemento, este método de explotación es muy costoso y muchas veces no es económico. Por esta razón para aplicar el método, la ley de los minerales en mina tiene que ser alta.

El método de corte y relleno descendente corresponde a un estado de avance pequeño a moderado de la magnitud de los desplazamientos de la roca circundante hacia el interior de la cavidad excavada o tajo, y a su vez representa un estado de avance considerable de la acumulación de la energía potencial de

deformación en la roca adyacente a dicha cavidad, asentada por su pérdida de soporte interno, por eso es necesario que el relleno tenga una capacidad estructural acorde con la naturaleza y magnitud de los esfuerzos inducidos en el entorno de la cavidad. Para el informe se describen dos formas de aplicación del método de corte y relleno descendente:

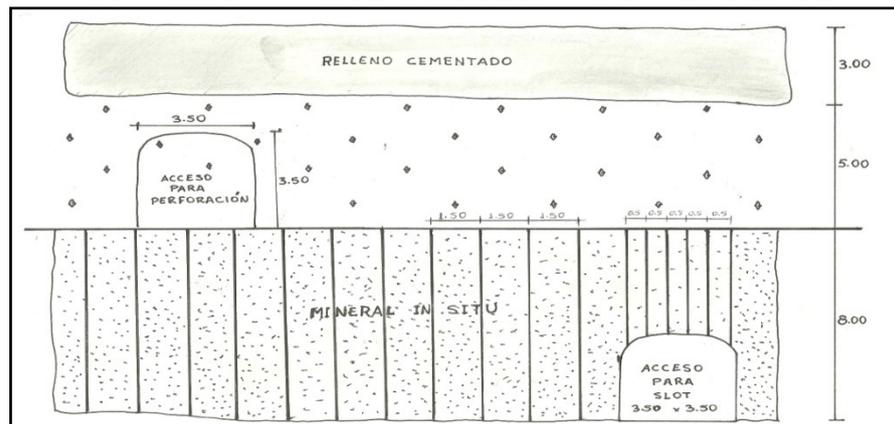
- Banqueo Vertical y
- Perforación Horizontal en Frentes.

7.1.1 Banqueo vertical

Este método de minado consiste en la extracción del mineral por medio de las galerías en mineral o frentes pilotos. Estas galerías tienen 5 m de altura por el ancho de la mineralización, por una longitud de 100 m a 120 m en el área del tajeo. La perforación a realizarse es vertical hacia abajo (banqueo), con una longitud de 8 m. La longitud de profundidad de perforación en el arranque es de 4 m, esta perforación está sobre un acceso en el nivel inferior de 4m x 4m, preparado para ser cara libre (slot). El arranque forma parte de la malla en un área de 4 metros por el ancho de la mineralización. Luego de la perforación se realiza la voladura para posteriormente extraer el mineral en una altura de 3 m quedando un espacio de 8 m de altura. Para finalizar se aplica el relleno cementado hasta

alcanzar los 7 m de altura, se espera siete días para el fraguado del relleno y se procede a extraer los 5 metros del mineral que quedaron rotos debajo de la loza rellena y se reinicia el ciclo de trabajo.

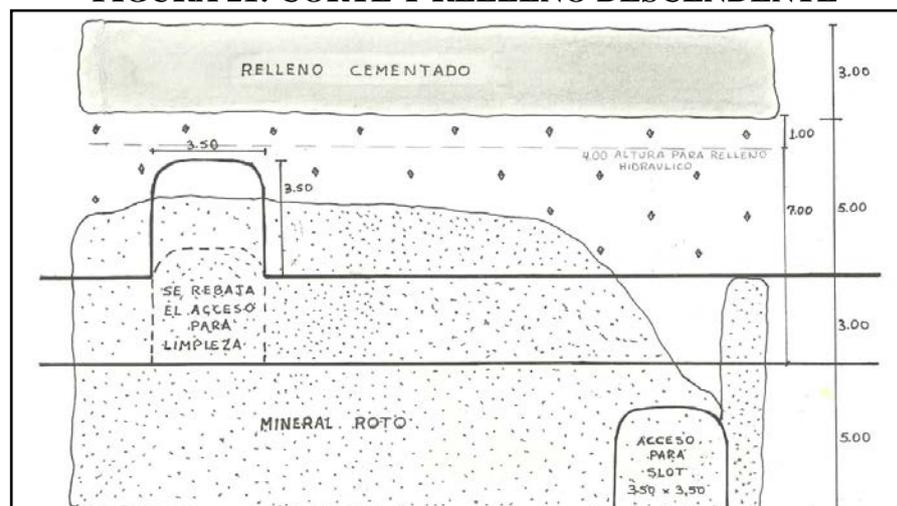
FIGURA 20: CORTE Y RELLENO DESCENDENTE



Fuente: Ilustración propia.

Bosquejo 1: Vista de perfil del método de explotación en mina Andaychagua. Los taladros se realizan en perforación vertical descendente.

FIGURA 21: CORTE Y RELLENO DESCENDENTE



Fuente: Ilustración propia.

Bosquejo 2: Vista de perfil del método de explotación en mina Andaychagua. En la figura se observa que ya se hizo la voladura y se continuará con el rebaje del acceso para la respectiva limpieza.

7.1.2 Perforación horizontal en frentes

Para este método, el minado se realiza de arriba hacia abajo de los diferentes pisos del mineral con perforación horizontal, aplicando el relleno cementado.

En este caso el frente piloto es una galería en mineral de 4m de altura por el ancho de mineralización con 50 m de longitud, esta labor es posteriormente rellenada con relleno cementado y con un acceso inferior se procede a la explotación del siguiente corte con disparos en frente.

7.1.3 Tipo de roca

El relleno cementado es usado donde hay pobres condiciones del terreno, que propician un minado de corte y relleno descendente.

En la U.E.A. Andaychagua se da este caso donde la resistencia del mineral va de débil a moderadamente débil con un RMR promedio de 25 a 30, mientras que las cajas tienen un RMR de 50. Además otra de las características que son necesarias para determinar el tipo de broca a usar es el tamaño de grano de la roca. Para la mina predomina la roca de grano fino que va de 0.5 mm a 0.8 mm aproximadamente.

7.2 COLUMNA DE PERFORACION POR EQUIPOS

Como se trata del servicio costo por pie perforado (CPP), la facturación se hace al cierre de todos los meses en función a los avances en pies perforados durante el periodo. Los costos para cada pie de avance se determinan mediante una fórmula que es parte del conocimiento solo de la empresa proveedora de aceros de perforación.

Los equipos controlados por el personal de supervisión en la U.E.A. Andaychagua son los que se observan el cuadro 3.

CUADRO 6: COLUMNA DE PERFORACIÓN POR EQUIPOS

EQUIPO	COD	COLUMNA DE PERFORACIÓN				COSTO POR PIE PERF. (US \$)
		SHANK ADAPTER	ACOPLE	BARRA	BROCA	
Jumbo Rocket Boomer H281	J-108	COP 1238 x R38	H-H R38	TUN x 8 ft	Botones x 51 mm	0.082
Jumbo Rocket Boomer H281	J-111	COP 1238 x R38	H-H R38	TUN x 11 ft	Botones x 51 mm	0.082
Jumbo Rocket Boomer H281	J-109	COP 1638 x T38	No necesita	MF Rod x 5 ft	Retráctil x 70 mm	0.17
Jumbo Rocket Boomer H281	J-112	COP 1638 x T38	No necesita	MF Rod x 5 ft	Retráctil x 70 mm	0.17

Fuente: Lista de equipos de los clientes. Sandvik del Perú.

Los datos de los precios véase aclaración del subcapítulo 7.2.1

7.2.1 Costos y tipos de accesorios

Si bien es cierto que el CPP se controla en función a los avances, porque el cobro es por los pies o metros (según sea el contrato) que perfora toda la columna de perforación, se puede hacer una lista de accesorios que emplean en esta Unidad y sus precios sugeridos de fabrica y los precios para el contrato de servicio post venta.

Los precios que se verán en los cuadros sólo se toman en cuenta cuando algún accesorio se ha descartado de forma prematura por causas operativas ajenas a su calidad, en este caso se hace el cobro directo tomando en cuenta el porcentaje del precio del accesorio que corresponde a los pies restantes que debió perforar para cumplir la vida útil que garantiza la empresa proveedora de accesorios de perforación.

Cabe aclarar que los precios son datos confidenciales, por esa razón los precios que se darán no son los reales, estos están afectados por factores de tal forma que no repercuta en el informe desde el punto de vista del objetivo, el cual es la disminución de los costos en función del rendimiento y los precios.

7.2.1.1 Tipos de barras y acoples

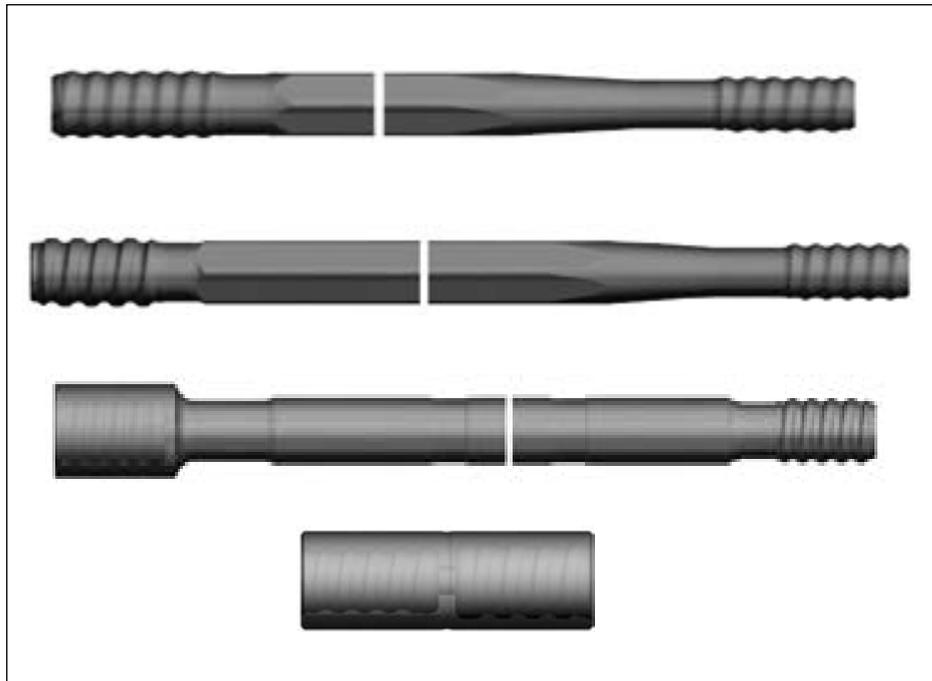
En el siguiente cuadro se muestra los tipos de barras y acoples que se usan en U.E.A. Andaychagua. Los accesorios de perforación deben ser los adecuados para las condiciones de la mina.

CUADRO 7: RELACIÓN DE BARRAS Y ACOPLEROS

ACCESORIO DE PERFORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PRECIO (US \$)		RENDIMIENTO (ft)
		SUGERIDO	SEGÚN CONTRATO	
Barra TUN R38-R32 x 11 ft	Barra frontonera de 11 ft de longitud, ϕ 38mm. Roscas macho tipo R de diámetros 38 mm y 32 mm respectivamente.	200	170	9500
Barra TUN R38-R32 x 8 ft	Barra frontonera de 8 ft de longitud, ϕ 38mm. Roscas macho tipo R de diámetros 38 mm y 32 mm respectivamente.	200	170	9500
Barra MF T38 X 5 ft	Barra MF rod para taladros largos. De 5 ft de longitud. Roscas tipo T, ϕ 38 mm en roscas hembra y macho respectivamente.	174	145	7500
Acople R38	Acople homogéneo de rosca tipo R y 38 mm de diámetro interno.	58	48	9500
Acople R38-T38	Acople mixto de roscas R y T de 38 mm de diámetro interno para ambas roscas.	58	48	9500

Fuente: Véase la aclaración del subcapítulo 7.2.1

La relación es sólo de los aceros de perforación que se emplean para los equipos a los que se les realiza la supervisión post venta en U.E.A. Andaychagua

FIGURA 22: BARRAS Y ACOPLES EN U.E.A ANDAYCHAGUA

Fuente: Products Catalogue from Sandvik Mining and Construction Tools 2010.

De arriba hacia abajo: barra TUN de 8 ft, barra TUN de 11 ft, barra MF Rod de 5 ft y acople mixto R-T.

7.2.1.2 Tipos de shank adapter

Los shank adapter o adaptadores de culata son de diversos diseños y están en función al tipo de perforadora del equipo. A continuación los modelos usados para mina Andaychagua.

CUADRO 8: RELACIÓN DE SHANK ADAPTER

ACCESORIO DE PERFORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PRECIO (US \$)		RENDIMIENTO (ft)
		SUGERIDO	SEGÚN CONTRATO	
Shank Adapter COP 1238-R38	Adaptador de rosca macho tipo R y \varnothing 38mm.	165	140	12 000
Shank Adapter COP 1238-T38	Adaptador similar al anterior pero su rosca es de tipo T.	165	140	12 000
Shank Adapter COP 1638-T38	Adaptador de cuello largo. Rosca macho tipo T y \varnothing 38mm.	185	169	12 000

Fuente: Véase la aclaración del subcapítulo 7.2.1

La relación es sólo de los aceros de perforación que se emplean para los equipos a los que se le realiza la supervisión post venta en U.E.A. Andaychagua

FIGURA 23: TIPOS DE SHANK

Fuente: Products Catalogue from Sandvik Mining and Construction Tools 2010

7.2.1.3 Tipos de brocas

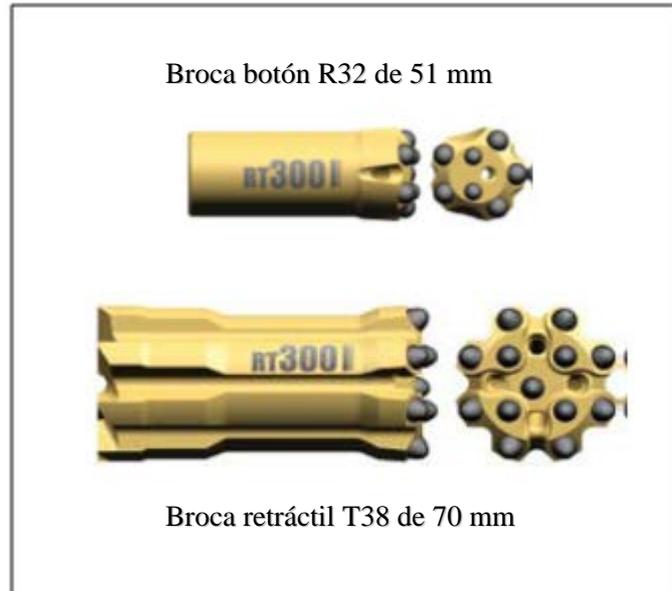
Las brocas que se describen en el cuadro 6 son elegidas además de otras condiciones (también importantes) por el tipo de explotación, pudiendo ser retráctil para el banqueo o broca de 51 mm para frentes.

CUADRO 9: RELACIÓN DE BROCAS

ACCESORIO DE PERFORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PRECIO (US \$)		RENDIMIENTO (ft)
		SUGERIDO	SEGÚN CONTRATO	
Broca Botón R32 x 51 mm	Broca de botones de 7 insertos. De ϕ 51 mm. Con dos orificios de barrido frontal y uno lateral. Rosca de tipo R y 32 mm de diámetro interno.	69	59	2800
Broca Retráctil T38 x 70 mm	Broca botón Retráctil de 13 botones. De ϕ 70 mm. Dos orificios de barrido frontal. Rosca tipo T de 38mm de diámetro interno.	125	109	4500

Fuente: Véase la aclaración del subcapítulo 7.2.1

La relación es sólo de los aceros de perforación que se emplean para los equipos a los que se les realiza la supervisión post venta en U.E.A. Andaychagua

FIGURA 24: BROCAS EN U.E.A. ANDAYCHAGUA

Fuente: Products Catalogue from Sandvik Mining and Construction Tools 2010.

Las brocas de la figura son modelos alternativos a los descritos en el cuadro 9. Nótese las diferencias respecto a lo indicado en el cuadro: las dimensiones y las formas son las mismas, sólo se diferencian en el número de orificios de barrido.

CAPITULO VIII: SUPERVISIÓN EN MINA LOS QUENUALES UNIDAD YAULIYACU

La Mina Yauliyacu es una mina subterránea que tiene seis secciones, separadas en dos zonas. La zona alta conformada por las secciones I, II, III y la zona baja por las secciones IV, V, VI.

En todos los niveles se encuentran vetas y cuerpos mineralizados, los cuales son extraídos con diferentes métodos de explotación. Estos métodos son: sublevel stoping, corte y relleno en veta convencional, corte y relleno mecanizado en cuerpos, open stope y shirinkage.

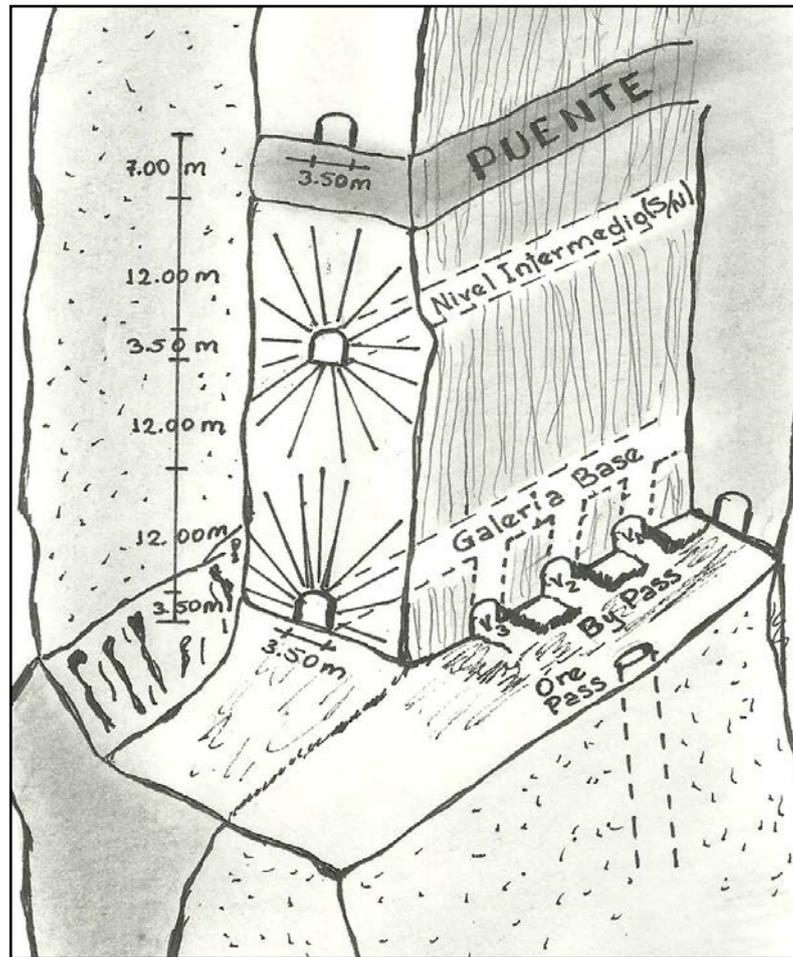
8.1 BREVE DESCRIPCION DEL METODO DE MINADO

En la mina Yauliyacu los equipos que están bajo la supervisión de los proveedores de accesorios de perforación, son aquellos que operan en las secciones I, II, IV y V. En dichas secciones se están aplicando el método *sublevel stoping*.

8.1.1 Sublevel stoping

El minado se realiza mediante la perforación paralela ascendente para vetas angostas de anchos menores a 3 m y perforación radial ascendente para vetas de más de 3 m de potencia desde una galería base, que se va a correr dejando un puente de 7 m respecto al nivel superior. Además se corre un subnivel de contorno intermedio. La sección del subnivel y de la galería base así como del *by pass* es de 3,5 m por 3,5 m. El puente de mineral que se va a minar es de 43m. La extracción será mediante *un by pass* de extracción paralelo a la galería base con ventanas. Después de la limpieza del mineral disparado se procederá a rellenar el tajeo. Para el informe se considera el método cuando se aplica en algunas vetas con diseminados, utilizándose equipos de perforación como los Raptor Junior y Mini Raptor, los cuales forman parte de los equipos a seguir por el servicio post-venta.

FIGURA 25: MÉTODO SUBLEVEL STOPING



Fuente: Ilustración propia.
Bosquejo del método de minado por medio de taladros largos.

8.1.2 Tipo de roca

Como se sabe para determinar los tipos de accesorios a usar aparte del método de minado también es muy importante el tipo de roca de las zonas a minar.

En la mina Yauliyacu en las zonas que son objeto del informe, predominan las areniscas silisificadas que son de grano medio teniendo un RMR que varía de 45 a 60 con un GSI de

fracturada-regular y una resistencia a la compresión de 120 Mpa a 150 Mpa; mientras que el mineral tiene un RMR mas bajo que va de 30 a 40 y con un GSI muy fracturada-regular a muy intemperizada y resistencia a la compresión de 60 Mpa.

8.2 EQUIPOS DE PERFORACIÓN

La Unidad Yauliyacu aplica su método de explotación con perforaciones verticales y los equipos de perforación que son objeto de la supervisión post venta se enumeran en el cuadro 7.

CUADRO 10: COLUMNA DE PERFORACIÓN POR EQUIPOS

EQUIPO DE PERFORACIÓN	SHANK ADAPTER	BARRA	BROCA
Atlas Copco Simba	COP 1638 T-38	MF Rod T-38 x 4ft	Broca Botón Retráctil 64 mm
Tamrock Secoma Quasar	Montabert T-38	MF Rod T-38 x 4ft	Broca Botón Retráctil 64 mm
Rocket Boomer H281	COP 1238 T-38	MF Rod T-38 x 4ft	Broca Botón Retráctil 64 mm
Raptor Junior	COP 1838 T-38	MF Rod T-38 x 4ft	Broca Botón Retráctil 64 mm
Mini Raptor	COP 1638 T-38	MF Rod T-38 x 4ft	Broca Botón Retráctil 64 mm

Fuente: Lista de equipos de los clientes. Sandvik del Perú.

8.3 COSTOS Y TIPOS DE ACCESORIOS

En el servicio denominado Rendimiento Garantizado la facturación se da según la puesta en servicio de los accesorios, los cuales desde el momento que llegan a almacén están en consignación. Los accesorios de la columna de perforación se cobran por separado.

Con la misma aclaración del capítulo anterior los precios tienen alteraciones.

8.3.1 Tipos de barras

Para el método de perforación con taladros largos se usan unas barras especiales las cuales se embonan unas con otras. Para la mina Yauliyacu el juego de barras embonadas por lo general estaba conformado por 14 barras.

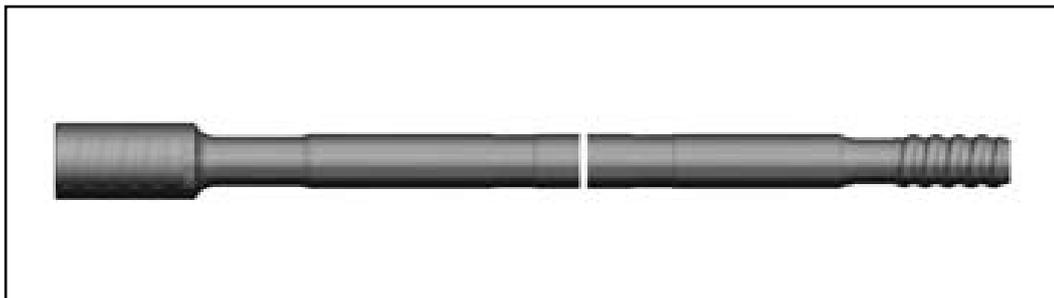
CUADRO 11: BARRA MF rod T38

ACCESORIO DE PERFORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PRECIO (US \$)		RENDIMIENTO (m)
		SUGERIDO	SEGÚN CONTRATO	
Barra MF T38 x 4 ft	Barra para taladros largos de 4 ft de longitud. Rosca hembra tipo T de \varnothing 38 mm y rosca macho tipo T de \varnothing 38 mm.	260	221	2400

Fuente: Véase la aclaración del subcapítulo 7.2.1

La relación es sólo de los aceros de perforación que se emplean para los equipos a los que se le realiza la supervisión post venta en mina Los Quenuales Unidad Yauliyacu.

FIGURA 26: BARRA MF rod T 38



Fuente: Products Catalogue from Sandvik Mining and Construction Tools 2010.

8.3.2 Tipos de shank adapter

Debido a los distintos equipos que son controlados, se emplean determinados tipos de shank adapter de acuerdo al modelo de las perforadoras de dichos equipos.

CUADRO 12: RELACIÓN DE SHANK ADAPTER

ACCESORIO DE PERFORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PRECIO (US \$)		RENDIMIENTO (m)
		SUGERIDO	SEGÚN CONTRATO	
Shank Adapter Montaber t HC 50	Adaptador de 500 mm de longitud. Rosca macho tipo T y \varnothing 38 mm. Ocho estrías.	268	235	3100
Shank Adapter COP 1238-T38	Adaptador de cuello corto. Rosca macho tipo T y \varnothing 38mm. Ocho estrías.	272	237	3100
Shank Adapter COP 1638-T38	Adaptador de cuello largo. Rosca macho de tipo T de \varnothing 38 mm. Con cola. Ocho estrías.	294	258	3100
Shank Adapter COP 1838-T38	Adaptador de cuello largo. Rosca macho tipo T y \varnothing 38mm. Ocho estrías.	291	250	3100

Fuente: Véase la aclaración del subcapítulo 7.2.1

La relación es sólo de los aceros de perforación que se emplean para los equipos a los que se les realiza la supervisión post venta en mina Los Quenuales Unidad Yauliyacu

FIGURA 27: TIPOS DE SHANK ADAPTER

Fuente: Products Catalogue from Sandvik Mining and Construction Tools 2010.
 De arriba hacia abajo: Montabert HC 50, COP 1238 T 38, COP 16 38 R38
 (para el caso de la unidad Yauliyacu se usa rosca T38), COP 1838 T 38.

8.3.3 Tipos de brocas

En esta Unidad las brocas para la perforación con equipos son sólo de un tipo. Para estas brocas de 64 mm de diámetro se estableció que los metros ejecutados en perforación para su reemplazo y su posterior afilado es aproximadamente 30 m o dos taladros perforados.

CUADRO 13: BROCA RETRÁCTIL DE 64 mm

ACCESORIO DE PERFORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PRECIO (US \$)		RENDIMIENTO (m)
		SUGERIDO	SEGÚN CONTRATO	
Broca Retráctil T 38 x 64 mm. 8x10 4x10	Broca de \varnothing 64 mm. Con 12 botones esféricos de 10 mm. Con dos orificios de barrido frontal. Rosca tipo T de 38mm de diámetro interno	165	144	640

Fuente: Véase la aclaración del subcapítulo 7.2.1

Los datos de la broca retráctil T 38 es sólo para los equipos a los que se les realiza la supervisión post venta en mina Los Quenuales Unidad Yauliyacu.

FIGURA 28: BROCA RETRÁCTIL DE 64 mm

Fuente: Products Catalogue from Sandvik Mining and Construction Tools 2010.

La broca de la figura es una broca alternativa a la broca descrita en el cuadro 13. Las diferencias están en el número de orificios de barrido y en los ocho insertos diametrales de 11 mm y 5 insertos frontales de 9mm (en total cuenta con 13 insertos)

CAPITULO IX: DESCARTE PREMATURO POR CAUSAS OPERACIONALES

Los descartes prematuros de los aceros de perforación tienen diversas causas que van desde el desconocimiento o la no puesta en práctica de las recomendaciones para optimizar la vida útil de los accesorios hasta situaciones que se presentan por el mismo tipo de minado.

Estos descartes prematuros tienen siempre una causa y lo que se tiene que hacer es identificarla, con lo cual se tomaran las medidas respectivas para corregirlas y generar un informe a superintendencia para su respectivo cargo.

Los descartes prematuros se pueden identificar observando la forma en el cual se han roto o descartado estos accesorios, conociendo el tipo de descarte se pueden considerar un número reducido de causas y así llegar al origen del problema.

9.1 TIPOS DE DESCARTE

Muy pocos son los descartes prematuros que se pueden revertir, sin embargo existen casos a los que se le puede dar una solución temporal, estos casos pueden ser cuando las barras se tuercen o también cuando la rosca delantera de la barra esta rota. Cuando las barras se tuercen es posible enderezarlas mediante el uso de una prensa hidráulica. Si la barra con la rosca delantera rota tiene el tamaño suficiente para reemplazar a otra pequeña es posible tornearla y generar una nueva rosca.

Para ambos casos no se puede esperar la misma vida útil con respecto a las barras cuando se encuentran intactas.

Cada accesorio de perforación tiene su vida útil que se le garantiza a la compañía minera. Si no tuvieron ningún problema operacional, cumplido el periodo de rendimiento se tienen que descartar. Estos descartes además del rendimiento cumplido se evidencian en las barras por su desgaste externo cuando el vástago se vuelve redondeado y pierde sus ángulos hexagonales, y el desgaste de la rosca. Lo mismo sucede con el shank adapter en lo que concierne al desgaste del cuerpo y las roscas. En el caso de las brocas estas se descartan por el desgaste del cuerpo al disminuir su espesor y por ende su diámetro, también cuando los insertos ya cumplieron con la cantidad de afiladas correspondientes.

A veces sucede que la broca solo tiene desgaste en los insertos antes que el desgaste del cuerpo o la rosca, ese también es un motivo para el descarte. Los desgastes por condiciones de uso son diversos dependiendo de la mina. Hay casos en que el cuerpo de la broca es consumido, también será motivo de descarte porque los insertos a pesar que estén en buenas condiciones, quedaran expuestos y se desprenderán.

De hecho todo esto se puede advertir y se corroborarán con la data de los metros o pies trabajados. Hay casos en los cuales los accesorios no tienen la cantidad de pies perforados para su descarte ni muestran signos para ello y terminan pasando al desuso, estos son llamados descartes prematuros, debido a que no cumplen con su vida útil y esto se da por causas operacionales a las cuales habrá que darle solución.

9.2 DESCARTE PREMATURO

Para describir los descartes más comunes se pueden separar en tres partes. Debido a las características de su función de cada accesorio en la perforación sus daños son distintos.

9.2.1 Descarte prematuro de barras y acoples

Para comenzar, los desgastes de las roscas tanto de las barras como de los acoples es un motivo de descarte, pero si

esto ocurre antes de la vida útil se puede interpretar como primera instancia que la presión de impacto en relación a la roca a ser perforada es alta. También puede ser un mal uso de la columna de perforación al percutar en vacío.

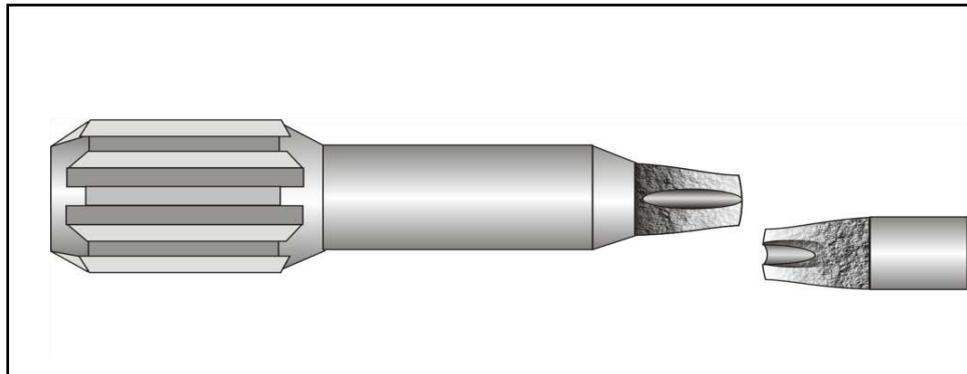
En las barras además de los desgastes de roscas también se pueden producir roturas o dobladuras. Para estos casos lo primero que se debe evaluar son las presiones con las que se están trabajando en especial las presiones de percusión y avance. También puede influir el uso que se le da a la columna de perforación, no se debe usar para desatar rocas. Otras causas pueden ser la geología como comunicación con fallas geológicas, geodas y grietas. El no realizar el cambio oportuno de los centralizadores puede producir una rotura de barra.

9.2.2 Descarte prematuro de adaptadores de culata

Los comúnmente llamados por su denominación en inglés shank adapter. Los desgastes prematuros de las roscas del shank adapter tienen las mismas causas que originan los desgastes de roscas en las barras y acoples. Otra causa de ese desgaste se da cuando la rosca de la otra parte del varillaje ya está muy desgastada. Otros tipos de desgastes como la menor vida útil de los sellos del shank adapter se pueden producir por la alta presión del barrido. También la desviación de los taladros puede provocar altas fuerzas de flexión en el adaptador y golpes

en ángulo del pistón al adaptador provocando roturas y/o menor vida útil de este accesorio.

FIGURA 29: DESCARTE PREMATURO DE SHANK ADAPTER



Fuente: Ilustración propia.

La rotura entre el buje y los hilos se debe al excesivo esfuerzo de flexión por la mala orientación del equipo.

9.2.3. Descarte prematuro de brocas

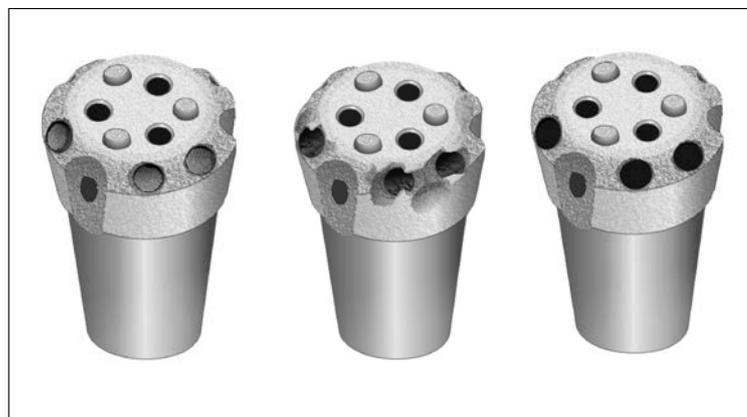
Entre los principales descartes prematuros de brocas están las fracturas de los botones y botones aplastados. Esto sucede debido a las altas presiones de avance y en otros casos cuando la broca choca con un perno de sostenimiento.

Cuando los insertos de las brocas se desprenden, se puede deber a un emboquillado brusco, también si la fuerza para la perforación es muy alta respecto a la roca.

El caso de los botones sueltos o botones proyectados generalmente ocurre cuando se afloja la broca sin el cuidado necesario o con una excesiva percusión en vacío.

Existen aun más tipos de descarte como los relacionados a los tipos de rotura, como la rotura transversal. Para conocer el motivo de esta rotura es necesario saber con que presión de rotación se esta trabajando. La rotura transversal se debe por lo general a sobreesfuerzos de rotación cuando la broca esta atascada. La rotura longitudinal se debe por lo general a la excesiva fuerza de avance. Muchos de los casos mencionados son comunes y es fácil deducir las causas, pero hay que corroborarlas *in situ* y hacer las correcciones y recomendaciones respectivas. Para los casos de los desgastes excesivos de los insertos, una de las correcciones aparte de las indicaciones en la operación, es acortar los intervalos de afilado, porque la roca puede variar su dureza y por lo tanto el desgaste se acelerará, causando nuevos problemas en el equipo y todo el proceso de perforación.

FIGURA 30: DESCARTE PREMATURO DE LAS BROCAS



Fuente: Ilustración propia

De izquierda a derecha: Las fallas están denominadas como botón astillado, botón aplastado y botón suelto.

CAPITULO X: DESEMPEÑO Y ASESORIA DURANTE EL SERVICIO

El servicio post-venta en general es en todo momento, debido a muchas variantes o imprevistos, y requerimientos de la compañía minera, los cuales ameritan acciones y recomendaciones, todo con la finalidad de que los accesorios tengan un rendimiento y duración optima lo cual reducirá los costos en perforación y voladura.

10.1 ASIGNACIÓN DE ACCESORIOS

Para el seguimiento del rendimiento de todos los accesorios que conforman la columna de perforación, se codifican dichos aceros y se registran los metros o pies perforados en una base de datos.

La asignación de accesorios, esta referida al hecho de recomendar cuantas brocas debe tener un operador para su recambio durante la guardia, lo que permite devolver las brocas al final de la labor con el desgaste dentro de los límites indicados en el subcapítulo 5.4. La determinación de la cantidad de aceros de

perforación depende del tipo de roca, y es importante cumplir el intervalo de afilado.

Estas decisiones se ponen en conocimiento de la superintendencia con las respectivas razones para concordar, todo con el fin de conservar los accesorios. Lo mismo ocurrirá con las barras y el shank, ellos también se registran en una base de datos. Se asignan juego de barras en caso de tratarse de taladros largos (barras MF rod). En este último caso el control de rendimiento es para el conjunto de las barras.

10.2 ASESORAMIENTO

El asesoramiento es una parte importante del servicio, ante las necesidades y requerimientos de la superintendencia y jefes de guardia. Puesto que más allá de lo establecido, pueden haber cosas que necesiten en operaciones en lo referente a perforación. También existe un compromiso de capacitación al personal de acuerdo al cronograma convenido con el área de capacitación o área correspondiente.

10.3 DOCUMENTACIÓN

Todas las decisiones así como las recomendaciones, controles y seguimientos en la perforación están registrados en documentos con copia a la superintendencia. El trabajo de oficina es una parte

importante durante el servicio post-venta, aquí se generan las solicitudes, informes y las valorizaciones o liquidaciones mensuales.

10.3.1 Informes

Las solicitudes, los informes son documentación que se redactan para dar a conocer descartes prematuros, prevención de daños a accesorios para actuar inmediatamente y corregirlos. En realidad cualquier acontecimiento referido a la perforación debe estar por escrito.

10.3.2 Valorizaciones mensuales

Son las llamadas por la compañía minera liquidaciones mensuales, que son el resumen de todo el consumo durante el mes, con base de datos cotejados y llevados a productividad para su ingreso a su sistema de registro de costos. Luego de efectuada esta documentación la forma y el momento de pago se maneja con el área de ventas de la contrata proveedora de accesorios y de acuerdo al contrato.

CAPITULO XI: INFLUENCIA DE LA PERFORACIÓN EN LOS COSTOS DEL PROCESO DE MINADO

La perforación y voladura representa el 20% del costo directo del minado, pero su influencia en el costo total del mismo es muy grande. Esta repercusión radica en que una mala voladura generará complicaciones en procesos que representan los mayores costos tal como es el transporte, además de otros, los cuales se desarrollarán a lo largo de este capítulo.

11.1 BUENA VOLADURA

La buena voladura consiste en lograr una excavación estable, es decir, obtener un buen avance, fragmentación de acuerdo a la granulometría planificada, excelente perfil de la labor y sobrerotura permisible. Las condiciones para lograr una buena voladura son:

- Simetría de los taladros (malla de perforación)
- Paralelismo de los taladros y
- Calidad y tipo de explosivos.

Los costos unitarios de la perforación y voladura se toman como un todo. Siguiendo la línea del informe solo se centrará en la perforación.

La mala perforación dará como resultado una deficiente voladura a pesar que la calidad y tipos de explosivos sean los correctos.

FIGURA 31: OBTENER UNA BUENA VOLADURA



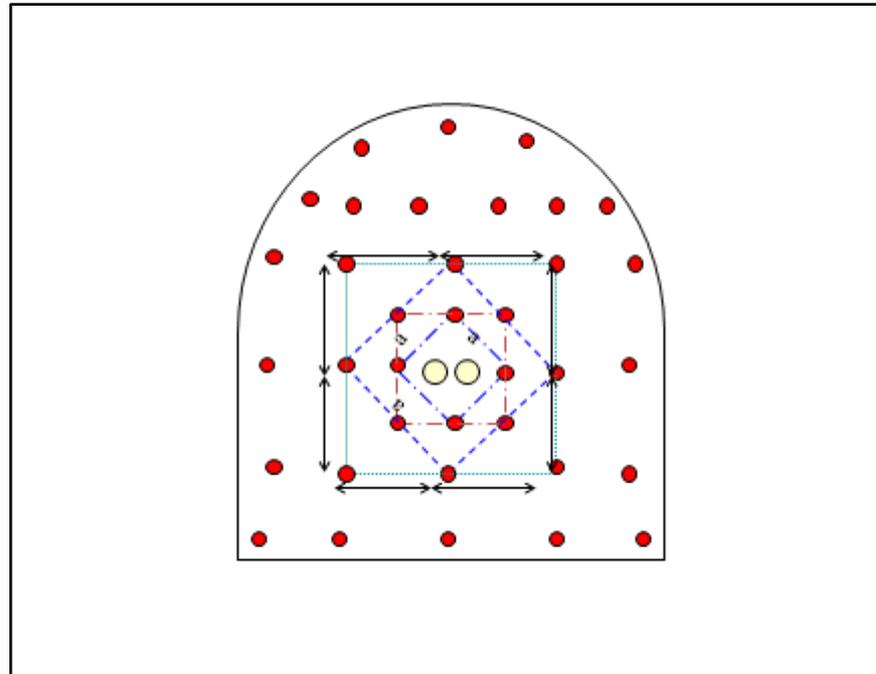
Fuente: Archivo de capacitación “Calidad de Perforación” Sandvik del Perú.

11.1.1 Simetría de los taladros

Las compañías mineras tienen sus diseños de mallas de perforación que logran después de un análisis, las que luego son estandarizadas en sus procesos de perforación y voladura. Con estas pautas los operadores perforistas deben marcar la malla respetando la distancia y posición donde se

realizaran los taladros. Con estos pasos el objetivo será lograr la simetría de los taladros.

FIGURA 32: SIMETRÍA DE LOS TALADROS



Fuente: Archivo de capacitación “Calidad de Perforación” Sandvik del Perú.

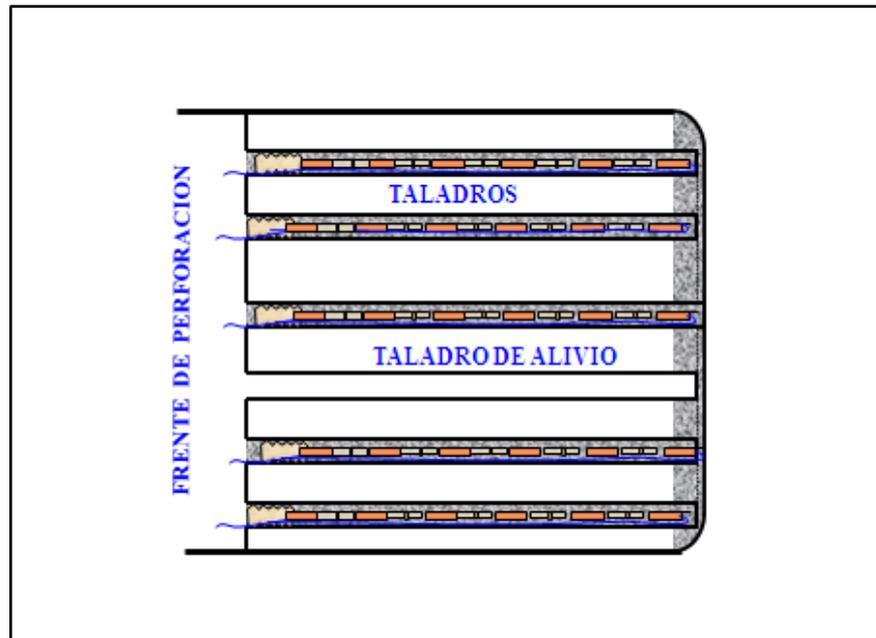
11.1.2 Paralelismo de los taladros

Además de la simetría, los taladros también deben ser paralelos. Se dice que los taladros son paralelos, cuando estos mantienen su longitud de espaciamiento uno con otro a lo largo de su longitud, es decir, desde el inicio (emboquillado) hasta el fondo de los taladros.

El paralelismo de los taladros es muy importante, porque con un arranque con taladros paralelos y alineados se logran

buenas voladuras lo que implica una buena fragmentación y un avance con el 95% de eficiencia.

FIGURA 33: PARALELISMO DE LOS TALADROS



Fuente: Archivo de capacitación “Calidad de Perforación” Sandvik del Perú.

11.2 PERFORACIÓN DEFICIENTE

Para no realizar una perforación deficiente que es la causa del incremento de los costos en el minado, es necesario tener claro cuales son los factores que intervienen en el proceso de perforación y pueden influir de forma negativa.

11.2.1 Causas de un deficiente paralelismo

Para lograr el paralelismo de los taladros se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Fuerza de gravedad sobre la columna de perforación
- Posicionamiento del equipo
- Alineamiento del brazo del equipo
- Flexibilidad de la columna de perforación
- Longitud del taladro
- Acoplamiento de barras
- Estructura de la roca (geológicamente)
- Uso de brocas sobreperforadas

Sabiendo la acción correcta a tomar respecto a dichos factores se evitara voladuras deficientes

Un arranque con un deficiente paralelismo y taladros no alineados e inclinados terminaran en una sobreexcavación, aumentando los costos de sostenimiento. También el avance por disparo será menor (ver figura 34).

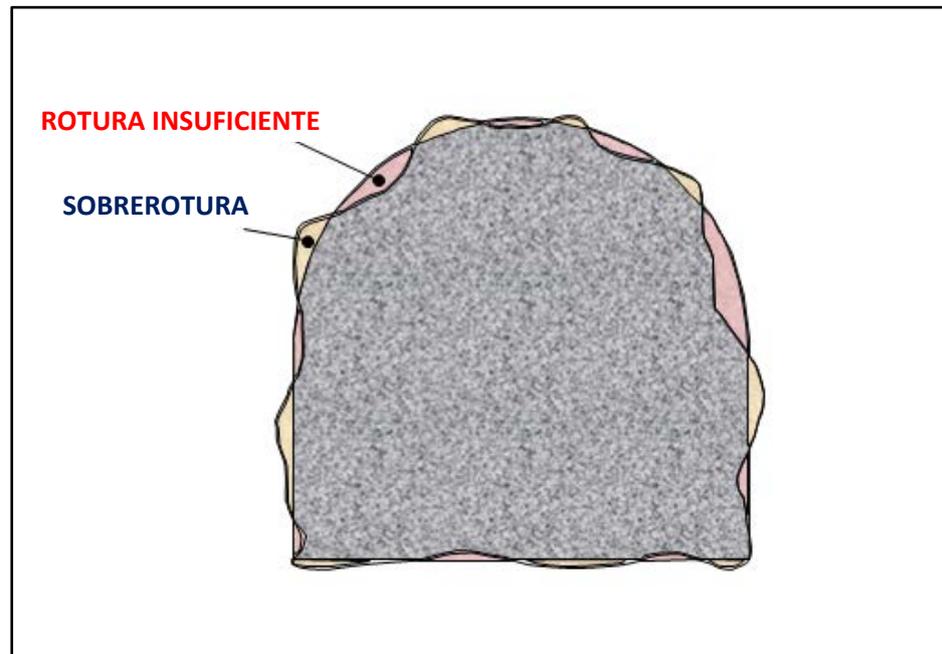
Otros casos de perforación deficiente son aquellos en los que los taladros del contorno del frente (cuadradores y alzas) no están alineados. Estos originan rotura insuficiente y sobreroturas a la vez (ver figura 35).

Cuando los taladros son de diferentes longitudes, luego del disparo se verá un frente disparejo con protuberancias de roca.

FIGURA 34: SOBREEEXCAVACIÓN

Fuente: Archivo de capacitación “Calidad de Perforación” Sandvik del Perú.

Finalmente dependiendo del tipo de desviación de los taladros pueden ocurrir dos tipos de problemas. Si los taladros desviados se aproximan provocaran un anillamiento (confinamiento), por otro lado si los taladros se separan dejaran tacos en el frente generado, lo que significa menor avance por disparo.

FIGURA 35: PERFIL DEL TUNEL

Fuente: Archivo de capacitación “Calidad de Perforación” Sandvik del Perú.

11.2.2 Atascamiento de la columna de perforación

El atascamiento de la columna de perforación se puede producir por las siguientes causas:

- Desviación de los taladros.
- Deficiente sistema de barrido.
- Comunicación con otro taladros vecino
- Comunicación con fallas geológicas, geodas y grietas
- Experiencia del operador.

11.3 TALADROS DE CALIDAD

El objetivo de una buena voladura comienza con una eficiente perforación. Siendo así, a los taladros generados se les denomina taladros de calidad.

Con los taladros de calidad se obtiene:

- Mejor fragmentación
- Menor voladura secundaria
- Mayor recuperación de mineral
- Reducción de atascamientos de columna
- Menor tiempo de paralización de equipos
- Mayor rendimiento de los aceros de perforación
- Reducción del costo total de producción
- Mayor seguridad
- Mejor control de voladura

11.4 BENEFICIOS DE UNA BUENA VOLADURA

Al principio del capítulo se mencionó cuales son los requisitos de una buena voladura, pero además se remarcó la gran influencia que tiene ésta sobre los costos generales en el proceso de producción. Al lograr una buena voladura se tendrán las siguientes conclusiones:

- La buena fragmentación reduce los costos de carguío, transporte y chancado
- Un buen avance por disparo reduce el costo por metro o TM rota.

- Si el perfil de la labor es deficiente aumentara los costos de sostenimiento.
- El excelente perfil de la labor reduce las condiciones inseguras y minimiza los riesgos de accidentes.

CONCLUSIONES

- Contar con un servicio post venta en aceros de perforación permite delegar funciones al personal que esta especializado en el tema.
- El contrato con servicio post venta otorga un descuento en los precios de los accesorios con respecto a una adquisición por compra directa.
- El tipo de servicio CPP (costo por pie perforado) es adecuado para minas que tienen problemas de paralizaciones no programadas en perforación. El servicio Rendimiento Garantizado permite a la compañía minera tener una mayor participación en el seguimiento de los accesorios de perforación y es adecuado para unidades mineras que por sus características geológicas, método de explotación y otros, produce un alto índice de descartes prematuros de accesorios.
- Para una elección adecuada del tipo de servicio se toma como primer punto de vista lo indicado en el *ítem* anterior, pero la

elección definitiva involucra más factores los cuales se deben ponderar en su conjunto.

- El ahorro en los costos de perforación no sólo pasa por los precios sino también por el óptimo rendimiento de los accesorios, en otros términos mayor vida útil.
- Un óptimo rendimiento de los aceros se logra también determinando el intervalo de afilado de la broca. Una broca sobreperforada genera demoras en la operación, puesto que disminuirá la velocidad de penetración, incrementará los costos al dañar la columna de perforación y la perforadora del equipo.
- Una perforación de calidad incidirá en una buena voladura. La buena voladura influye en los costos totales de producción puesto que elimina sobre costos en el carguío y transporte, sostenimiento, costo por tonelada métrica rota. Además reduce el riesgo de accidentes.

RECOMENDACIONES

- La capacitación sobre la optimización de los rendimientos en los aceros de perforación se debe extender también a los supervisores y capataces.
- Proponer e intercambiar ideas con los supervisores del servicio, pues como se sabe las condiciones en las minas son cambiantes en todo aspecto y el dinamismo en las relaciones es importante.
- Los perforistas son parte clave en los usos y cuidados de los aceros de perforación. Por eso se debe programar capacitaciones periódicas para el personal.
- Se debe hacer un seguimiento de las operaciones *in situ* haciendo un reconocimiento de la forma en que ejecutan su trabajo los perforistas así como de los estándares de los equipos asociados a los aceros de perforación (presiones, condiciones del carro del brazo del equipo, centralizadores, etc.).

BIBLIOGRAFÍA

ATLAS COPCO ROCK TOOLS. *Catálogo de productos*. Ostervalá. Elanders Tofters. 1999. 95p

Preguntas de perforación. http://www.xuletas.es/ficha/pregunta_de_perforación. (30 de may. 2011).

SANDVIK COROMANT ROCK DRILLING TOOLS. *Failures rock drilling tools*. (s.p.d.i.). 20p

SANDVIK ROCK TOOLS. *Mechanics of rock drilling*. (s.p.d.i.). 29p

SANDVIK ROCK TOOLS. *Taladros largos*. (s.p.d.i.). 18p

SANDVIK ROCK TOOLS. *Top hammer drilling tools: Product Catalogue. Products from Sandvik mining and construction tools*. (s.ed.). (s.l.). 2010. 91p

SANDVIK ROCK TOOLS. *Usos y cuidados de los accesorios de perforación*. (s.p.d.i.). 20p

ANEXOS

- ANEXO A: RESUMEN DE LA LIQUIDACIÓN MENSUAL DE LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN – U.E.A. ANDAYCHAGUA.
- ANEXO B: RESUMEN DE LA LIQUIDACIÓN MENSUAL DE LA COMPAÑÍA MINERA LOS QUENUALES S.A.
- ANEXO C: DETERMINACIÓN DEL COSTO HORARIO DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN EN LA UNIDAD MINERA YAULIYACU.
- ANEXO D: DETERMINACIÓN DEL COSTO DE PERFORACIÓN MECANIZADA POR TONELADA ROTA EN LA UNIDAD MINERA YAULIYACU.



**RESUMEN GENERAL DE PIES PERFORADOS MARZO - 2007
VOLCAN Cía. MINERA - UNIDAD ANDAYCHAGUA**



FECHA	(Todas)
-------	---------

PIES PERFORADOS		TIPO DE TRABAJO		COSTO						TOTAL PIES PERFORADOS
EQUIPO	CUENTA	CANCAMO		DESQUINCHE		FRENTE		REBAJE DE PISO		
		0.082	0.17	0.082	0.17	0.082	0.17	0.082	0.17	
J-108	DESMONTE MINERAL	499.5		1241		405		225		2370.5
				4869.5		5138		1307.5		11315
J-109	DESMONTE MINERAL		486		828.5		2549.5		608	4472
					922		10175		1338	12435
J-111	DESMONTE MINERAL	13620		997		1385.5		288		16290.5
				369		1294		939		2602
Total pies perforados		14119.5	486	7476.5	1750.5	8222.5	12724.5	2759.5	1946	49485
TOTAL US \$		1157.80	82.62	613.07	297.59	674.25	2163.17	226.28	330.82	5545.59

VºBº ANDAYCHAGUA
PRODUCTIVIDAD

VºBº ANDAYCHAGUA
SUPERINTENDENCIA MINA
Ing. Edward Medina B.

VºBº SAN CRISTOBAL
COSTOS
Ing. Gilberto Revilla

RESUMEN DE PIES PERFORADOS MARZO - 2007
JUMBO - 108 , JUMBO - 111

COSTO 0.082

PIES PERFORADOS			TIPO DE TRABAJO				TOTAL PIES	
Nv	TAJEO	ACCESO	CANCAMO	DESQUINCHE	FRENTE	REBAJE DE PISO	PERFORADOS	
670	1300E	1427		135	770	424	1329	
	1300W	1437			120	100	220	
720	1100W	1027		105			105	
770	1100E	1031	930	432.5	187.5		1362.5	
		1079					187.5	
		1081		1107			126	1233
		1181		315				315
	1100W	1031	320	361			681	
		1081		468.5			468.5	
	1200E	1180	600	473			1073	
	1200W	1180	1420	295		150	1865	
	AC	1081	90		170	150	90	
		1135		1066			1236	
		1180		210			510	
		1214		140			140	
		Rp10		107.5			107.5	
825	AC	825	164				164	
	BP	CA 825	174				174	
850	1100E	1020	54	90	259	668.5	1071.5	
		1079	2490	245	2449.5		5184.5	
		Rp10		195			195	
	1100W	1020		417.5	1133.5	587.5	2138.5	
900	400W	432	3664		870.5	232.5	4767	
	AC	464			120		120	
950	1300W	1437		175			175	
	400E	464		82.5			82.5	
		464 x Rp 4		120	420		540	
	500E	645	1116				1116	
	500W	550		364.5	166		530.5	
		625		64			64	
		645	2850	150		90	3090	
	600E	804			155	144	299	
	600W	736	140	181	315		636	
	AC	438		284	675.5	213	1172.5	
		804 Rp 6			135		135	
Total pies perforados			14119.5	7476.5	8222.5	2759.5	32578	
TOTAL US \$			1157.80	613.07	674.25	226.28	2671.40	

RESUMEN DE PIES PERFORADOS MARZO - 2007
JUMBO - 109

COSTO 0.17

PIES PERFORADOS			TIPO DE TRABAJO				TOTAL PIES
Nv	TAJEO	ACCESO	CANCAMO	DESQUINCHE	FRENTE	REBAJE DE PISO	PERFORADOS
670	1300E	1427			345		345
770	1100E	1081		100		96	196
	1200E	1180	210				210
	1200W	1180			208		208
825		1214			96		96
	AC	825		132			132
	BP	825		155	42		197
850		825E	120				120
	1100E	1020			459.5		459.5
		1079		120	220		340
900	1100W	1020		273	1338.5		1611.5
		1120			216		216
	400W	432	48		2732	441	3221
950	400E	464			1319.5	657	1976.5
		464 x Rp 4		162			162
	500W	550	24	150	709.5		883.5
	600E	804		95	716.5		811.5
	600W	736		256	2713.5	144	3113.5
	AC	438		232.5	494	608	1334.5
	550		75			75	
	804			559.5		559.5	
	Rp 6		84			84	
	804 x Rp 6			555		555	
Total pies perforados			486	1750.5	12724.5	1946	16907
TOTAL US \$			82.62	297.59	2163.17	330.82	2874.19



Casapalca, 04 de Febrero del 2011.

EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.

**Atención: ING. PABLO MUNGUIA.
 SUPERINTENDENTE DE MINA**

Referencia: Informe Mensual de Aceros de perforación: Enero del 2011.

De nuestra mayor consideración,

Me es grato saludarlo por la presente y al mismo tiempo informarle que *Sandvik del Perú S.A.* pone de su conocimiento, el informe mensual de aceros de perforación de los equipos de perforación: Mini Raptor N°1, Mini Raptor N°2, Raptor Junior, Simba N° 01, Simba N° 02, Simba N°07, Simba N°08, Boomer H-126, Quásar, Kleff en las Secciones I, II, IV, V Correspondiente al mes de **Enero** 2011.

La Finalidad es lograr un mayor rendimiento de los aceros de perforación.

Sin otro particular quedo de Ud.

Atentamente,

.....
**Nino Palomino D.
SANDVIK DEL PERU S. A.**

Cc.

Ing. R. Contreras.
Ing. V. De La Cruz.
Ing. L. León.
Ing. F. Gutierrez.
Ing. V. Guevara.
Ings. Jefes de Sección.
Ing. O. Reyes.
Ing. J. Ynga.
File.

1. INTRODUCCION

Los trabajos elaborados en el presente mes, están basados en un detallado control de los aceros de perforación en los Jumbos Hidráulicos con que cuenta EMQSA en las Secciones (I, II, IV, V).

Objetivo

Determinar y mejorar los rendimientos de los accesorios de perforación en las columnas de extensión en las diferentes Secciones a fin de optimizar los costos de perforación.

2. RESUMEN DE RENDIMIENTOS DE ACEROS DE PERFORACIÓN MES DE ENERO 2011.

ITEMS	DESCRIPCION	ACUMULADO					RENDTO 2011	PROM 2010	PROM 2009
		CANT	METROS	RENDTO.	STANDAR	CUMP.ENERO			
1	BROCA DE 64 mm	50	32748	655	630	104%	104%	105%	110%
2	BARRA DE 4' T38	100	26727	2629	2400	110%	110%	114%	116%
3	SHANK ADAPTER T38	8	26983	3341	3100	108%	108%	111%	122%

Nota: Para el rendimiento de las barras, se sacó el promedio ponderado.

Para el resumen de rendimientos no se está considerando las brocas, barras y shank; descartados prematuramente.

MINI RAPTOR 01 – MINI RAPTOR 02 – RAPTOR JUNIOR – SIMBA 01 -SIMBA 02, - SIMBA 07 – SIMBA 08 – BOOMER H-126 – KLEFF – QUASAR.

3. OBSERVACIONES :

- El rendimiento de los aceros de perforación de los Jumbos Electro Hidráulicos de la columna T38 (brocas, barras y shank), se encuentran dentro de los estándares establecidos.

El metraje total de Mina fue de **37056.49 Mts.** (Equipos a cargo de EMQSA).

- El metraje de los Jumbos electrohidráulicos fue recopilado de los reportes de perforación **(TPM)**.

TALLER AFILADO SECCION V Nv. 27: No cumple con las condiciones adecuadas para el Servicio de Restauracion de Afilado, solicitamos urgente Renovacion del Taller.

4. COSTO DE ACCESORIOS DE PERFORACION EN JUMBOS.

El costo en (\$/m) de los aceros de perforación en los Jumbos electrohidráulicos (Shank, Barra, Broca y accesorios) a nivel mina, correspondiente al mes de **Enero** es de **1.09 \$/mts.** En Shank, Barras y Brocas.

TIPO DE PERF.	2009 2010		2011	PROM. 2011
			ENERO	
PERF. VERTICAL	1.07	1.36	1.09	1.09

Para el Promedio 2011: Se considero los Jumbos: Boomer, Simba 07, Simba 08, Mini Raptor 01, Mini Raptor 02 , Raptor Junior ,Simba N°1 , Klef , Quasar y Simba N°2

5.- VARILLAJE CONICO.

ITEMS	DESCRIPCION	ACUMULADO			RENDIMIENTO	%
		CANT.	METROS	RENDIMIENTO	ESTANDAR	CUMPLIMIENTO
1	BROCA CONICA	2	248	124	90	138%
2	BARRA CONICA	1	248	248	330	75%

COSTO DE ACEROS DE PERFORACION VARILLAJE CONICO

El Costo (\$/mt) de los Aceros de Perforación en la Maquinas Stoper y Jackleg (Broca cónica y Barras Cónicas), para la Sección IV Fue en:

Maquinas Livianas. **0.00** \$/mts

Nota: En el presente mes no se ha consumido brocas y barras conicas del almacen.

6.-RENDIMIENTO POR EQUIPO (MTS/GDIA) Y VELOCIDAD DE PERFORACION.

PERFORACION	EQUIPO	PROMEDIO MTS/GDIA - ENERO	PROMEDIO 2011	PROMEDIO 2010	PROMEDIO 2009
LONG HOLE	QUASAR	57.57	57.57	80.72	91.81
LONG HOLE	SIMBA 07	84.69	84.69	74.02	72.77
NEUMATICO	DRIFTECH N°03			26.52	72.77
LONG HOLE	SIMBA N°08	86.36	86.36	84.68	82.76
LONG HOLE	MINI RAPTOR N° 2	80.47	80.47	76.67	47.73
LONG HOLE	BOOMER	73.06	73.06	74.28	67.08
LONG HOLE	SIMBA No. 1	45.03	45.03	62.61	72.78
LONG HOLE	SIMBA No. 2	76.44	76.44	68.46	77.98
LONG HOLE	RAPTOR JUNIOR	66.77	66.77	48.30	58.35
LONG HOLE	MINI RAPTOR N° 1	60.06	60.06	53.44	60.41
LONG HOLE	KLEFF	59.88	59.88	66.96	60.41
TOTAL GENERAL		69.03	69.03	65.15	84.98

MTS/HR. DE PERFORACION POR EQUIPO (VELOCIDAD DE PERFORACION)

EQUIPO	Hrs. DE PERCUTADAS	ENERO	ENERO	ACUM. 2011	ACUM. 2011	ACUM. 2011
		MTRS. PERF.	MTS/Hr.	Hrs. De PERF.	MTRS. PERF.	MTS/Hr.
QUASAR	237.00	2245.20	9.5	237.00	2245.20	9.5
SIMBA 07	332.25	4149.60	12.5	332.25	4149.60	12.5
SIMBA 08	441.33	5095.20	11.5	441.33	5095.20	11.5
MINI RAPTOR N° 1	391.62	3483.60	8.9	391.62	3483.60	8.9
BOOMER	359.46	4530.00	12.6	359.46	4530.00	12.6
MINI RAPTOR N° 2	372.25	4345.20	11.7	372.25	4345.20	11.7
RAPTOR JUNIOR	379.17	3514.80	9.3	379.17	3514.80	9.3
SIMBA No. 01	292.28	3017.29	10.3	292.28	3017.29	10.3
SIMBA No. 02	357.59	4280.40	12.0	357.59	4280.40	12.0
KLEFF	218.23	2395.20	11.0	218.23	2395.20	11.0
TOTAL	3381.18	37056.49	109.2	3381.18	37056.49	109.2

7. TRABAJOS REALIZADOS EN EL PRESENTE MES

- Afilado de brocas 100% personal de SANDVIK.
- Se realizó un total de 31.00 Hrs-Hombre de capacitación.

8. CONCLUSIONES

- El rendimiento de los aceros de perforación de los Jumbos Electro Hidráulicos de la columna T38 (brocas, barras y shank), se encuentran dentro de los estándares establecidos.

8.1 CONDICIONES OPERATIVAS DE LOS JUMBOS ELECTROHIDRAULICOS LONG-HOLE.

Jumbo Simba 08

- Fuga de agua por el guide del cabezal de la perforadora.
- El RPM se encuentra muy elevado.

Jumbo Simba 07

- Problemas con la compresora
- Acumuladores Vacios.

Jumbo Simba 02

- Fuga de agua por el guide del cabezal de la perforadora (origina recristalización del shank).
- Constante rotura de cadena (origina desalineamiento shank con la mordaza).

- El RPM se encuentra muy elevado
- Los Holders se encuentran desgastados

Jumbo Mini Raptor 02

- Problemas con la viga.
- Los Holders se encuentran desgastados

Jumbo Mini Raptor 01

- El RPM se encuentra muy elevado
- Desalineamiento del Shank con la Mordaza.
- Los Holders se encuentran desgastados

Jumbo Quasar

- Acumuladores Vacios.

Jumbo Simba 01

- Fuga de agua por el guide del cabezal de la perforadora (origina recristalización del shank).
- Los Holders se encuentran desgastados.

Jumbo Raptor Junior

- Los Holders se encuentran desgastados
- Constante rotura de cadena (origina desalineamiento shank con la mordaza).

Jumbo Boomer H-126

- Fuga de agua por el guide del cabezal de la perforadora (origina re cristalización del shank).
- Desalineamiento del shank con la Mordaza (Origina Flexión en la columna de perforación).
- Cadena de avance muy flojo.

8.2 COSTO \$/MTS. A NIVEL MINA

- El costo de los aceros de perforación para el mes de **Enero 2011** en los Jumbos electrohidráulicos, Long Hole (Columna T-38) fue de **1.09 \$/mt.**

9. RECOMENDACIONES

- Se continuará mejorando los rendimientos de los accesorios de perforación (Reducir los costos unitarios), se dará más importancia al cumplimiento del intervalo de afilado y la distribución de brocas según el RMR de las Labores.
- Para evitar los continuos atascamientos de la columna es necesario perforar con una buena presión de agua, mayor a 10 Bar, tener presente el paralelismo de los taladros, perforar con baja potencia y con cuidado en terrenos fracturados con presencia de fallas y geodas, reducir el RPM en este tipo de terreno de 160 a 150. De esta manera se evitará la fatiga y desgaste prematuro de la columna de perforación.
- Para evitar las roturas prematuras de los aceros, tener presente:
 - ✓ Evitar en lo posible atascos de la columna.
 - ✓ Minimizar las desviaciones de los taladros.
 - ✓ Posicionar bien y tener buena estabilidad del equipo (buen emboquillado).
 - ✓ Presiones de trabajo dentro de los parámetros.
 - ✓ Labor con estándares (altura de perforación).
 - ✓ Fijar bien los stingers de la viga.
 - ✓ Seguir capacitando a los operadores en el uso y cuidado de los aceros de perforación.

- Evitar la perforación (Jumbos) en tajos que tienen altura mayor al estándar, perforaciones tipo Breasting, porque no se realiza un buen anclaje de los stinger, esto ocasionará rotura de Shank, rotura de los insertos de la broca, desviaciones del taladro y/o el atascamiento de las barras, etc.

10. ANEXOS.

- 10.01 *Resumen de rendimientos Sección I*
- 10.02 *Detalle de rendimientos de aceros Sección I* *Jumbo Simba 08, mini 02*
- 10.03 *Metros Perforados por Operador Sección I* *Jumbo Simba 08*
- 10.04 *Metros perforados por Operadores Sección I* *Jumbo, Mini 02*
- 10.05 *Resumen de Rendimientos Sección*
- 10.06 *Detalle de Rendimientos de Aceros Sección II* *Jumbo Simba2, Simba*
07 Klef
- 10.07 *Metros perforados por Operadores Sección II* *Jumbo Simba N° 07*
- 10.08 *Metros perforados por Operador Sección II* *Jumbo Simba N° 02*
- 10.09 *Metros perforados por Operador Sección II* *Jumbo Klef*
- 10.10 *Resumen de Rendimientos de Aceros Sección IV*
- 10.11 *Detalle de Rendimientos de Aceros Sección IV* *Jumbo Simba N°01,*
Quasar klef
- 10.12 *Metros perforados por Operador Sección IV* *Jumbo Simba N°01*
- 10.13 *Metros Perforados por Operador Sección IV* *Jumbo Quasar*
- 10.14 *Metros Perforados por Operador Sección IV* *Jumbo klef*
- 10.15 *Resumen de Rendimientos de Aceros Sección V*
- 10.16 *Detalle de Rendimientos de Aceros Sección V* *Boomer, Raptor Junior,*
Mini 1
- 10.17 *Metros Perforados por Operadores Sección V* *Boomer*
- 10.18 *Metros Perforados por Operadores Sección V* *Raptor Junior*
- 10.19 *Metros Perforados por Operadores Sección V* *Mini Raptor N° 01*
- 10.20 *Resumen de Rendimientos Rosca T-38.*
- 10.21 *Detalle del costo total de aceros por metro perforado por Jumbos.*
- 10.22 *Detalle del costo total de aceros por metro perforado por Secciones.*
- 10.23 *Resumen del Costo Total de Aceros de Perforación.*
- 10.24 *Resumen General de Rendimientos **Enero***
- 10.25 *Resumen General de Varillaje Cónico.*
- 10.26 *Costo \$/mts por equipo*
- 10.27 *Resumen sobre Capacitaciones en Temas de Aceros de Perforación.*
- 10.28 *Resumen sobre Descarte prematuro de los Aceros de Perforación.*
- 10.29 *Costos de los aceros de perforación descartados prematuramente.*
- 10.30 *Rendimiento (mts/gdía) por equipo y Velocidad de Perforación.*

DETERMINACIÓN DEL COSTO HORARIO DE EQUIPOS Y COSTO POR TONELADA

JUMBO ELECTROHIDRAULICO TALADROS LARGOS

DETERMINACIÓN DEL COSTO HORARIO DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN

D	Depreciación				$I = \frac{(N+1) * N * Va * i}{2N * Ve}$
I	Intereses				
S	Seguros				
Va	Valor de adquisición en US\$	=	359900		
Ve	Vida económica en hrs	=	12000		$K = \frac{(N+1) * N}{2N * Ve}$
N	Vida económica en años	=	5		
Vr	Valor de rescate	=	15%		
i	Tasa de interes anual	=	17.5%		$I = K * Va * i$
s	Tasa de seguros anual	=	2.5%		
K	Factor	=	0.00025		$S = K * Va * s$
M	Mantenimiento y Repuestos	=	50% Va		
F	Filtros	=	20% Comb + Lubr		

DEPRECIACION EQUIPO

$$D = \frac{\text{Valor adquisición} - \text{Valor de rescate}}{\text{Vida económica en años}} = 25.49 \text{ US\$/hr}$$

INTERESES EQUIPO

$$I = K * Va * i = 15.75 \text{ US\$/hr}$$

SEGUROS EQUIPO

$$S = K * Va * s = 2.25 \text{ US\$/hr}$$

MANTENIMIENTO Y REPUESTOS

$$M = \frac{50 \% Va}{\text{Vida económica en años}} = 15.00 \text{ US\$/hr}$$

COMBUSTIBLES

Consumo de Petróleo por Hora	=	0.25 gl/hr		
Costo Combustible	=	1.30 \$/gl	=	0.33 US\$/hr

LUBRICANTES

Costo Lubricantes	=	6.00 \$/gl		
Consumo de Lubricantes por Hora	=	0.125 gl/hr	=	0.75 US\$/hr

FILTROS

Costo Combustible + Lubricantes	=	1.08 \$/gl		
Costo Filtros	=	20%	=	0.22 US\$/hr

GRASAS

Costo Grasas	=	0.50 \$/lb		
Consumo de Grasas por Hora	=	0.050 lb/hr	=	0.03 US\$/hr

LLANTAS

Costo Juego de Llantas	=	1600 \$		
Vida útil aproximado	=	4500 hrs	=	0.36 US\$/hr

COSTO HORARIO SIN MANO DE OBRA, GASTOS GENERALES Y UTILIDAD

$$= \boxed{60.15 \text{ US\$/hr}}$$

**COSTO POR TONELADA NO INCLUIDA LA MANO DE OBRA,
GASTOS GENERALES Y UTILIDAD**

Producción x hora = 66 Ton

COSTO DE VARILLAJE (US\$/TON)

Ton/m = 4

COSTO DE BARRAS T-38 X 4'

Vida útil de Barra = $\frac{(\text{Metros Perforados} \times K)}{\text{Nro. Barras}}$

$$K = (n+1)/2$$

$$n = \text{N}^\circ \text{ de barras} = 13$$

$$K = 7$$

$$= 2692 \text{ m}$$

Promedio de Perforación x 15 barras = 5000 m

Costo x Barra = 130 \$ = 0.39 US\$/m
= 0.0975 US\$/ton

COSTO DE SHANK T-38

Vida útil de Shank = 3000 m

Costo x Shank = 135 \$ = 0.045 US\$/m
= 0.01125 US\$/ton

COSTO DE BROCA T-38

Vida útil de Broca = 700 m

Costo x Broca = 93 \$ = 0.13286 US\$/m
= 0.03321 US\$/ton

Costo de Varillaje = 0.141964 US\$/ton

COSTO US\$/Ton SIN MANO DE OBRA, GASTOS GENERALES Y UTILIDAD = 1.05339 US\$/ton