

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

Aplicación de un nuevo diseño de brocas para optimizar los parámetros de perforación del Tajo Toromocho - Minera Chinalco S.A.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Ángel Gabriel CASAFRANCA SULLCA

Asesor: Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

Aplicación de un nuevo diseño de brocas para optimizar los parámetros de perforación del Tajo Toromocho - Minera Chinalco S.A.

Sustentada y aprobada ante los miembros del Jurados:

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

PRESIDENTE

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

MIEMBRO

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ

MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo incondicional

A mis hermanos por su compañía compartida A mis amigos que compartieron su amistad

AGRADECIMIENTO

El reconocimiento a la empresa minera, por la oportunidad de trabajo, ya que durante mi permanencia hizo posible la cristalización de esta investigación.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas.

RESUMEN

Chinalco a planificado y viene desarrollando el Proyecto Minero Toromocho, el cual consiste en la explotación a tajo abierto de un yacimiento de pórfido de cobre, con fracciones comerciales de molibdeno y plata, a un ritmo de extracción de 235 000 toneladas por día (tpd) de material, equivalente a 2 700 millones de toneladas (Mt) de material proyectado sobre 32 años de minado. La tasa de procesamiento será de 117 200 tpd. Las instalaciones proyectadas estarán emplazadas en las cuencas Morococha, Tunshuruco y Rumichaca. La cuenca Morococha contiene el tajo abierto, el Depósito de Mineral de Baja Ley – Suroeste, los Depósitos de Desmonte Oeste y Sureste, la Chancadora Primaria, el taller mecánico y la infraestructura de mantenimiento, un depósito de combustible, el edificio de administración, área de acopio de suelo, caminos de acarreo y caminos de acceso. Además, la cuenca Morococha contiene las instalaciones de mina existentes y los depósitos de relaves asociados con las operaciones de Compañía Minera Argentum y Minera Austria Duvaz (y otras operaciones mineras históricas). En la cuenca Rumichaca se tiene la faja transportadora principal, el complejo de la concentradora, los tanques de agua cruda y de proceso, una cantera de roca caliza (con depósitos de desmonte asociados), además del depósito de relaves en la cuenca Tunshuruco.

Cabe destacar que las primeras herramientas fabricadas para la minería con carburo de tungsteno fueron fabricadas por Widia de Alemania durante los años treinta. En 1940 aparecieron brocas de percusión con insertos de carburo de tungsteno soldados con bronce. En 1951 aparecieron las primeras brocas tricónicas fabricadas con insertos de carburo de tungsteno, introducidos a presión en los conos. El “carburo” o frecuentemente llamado “carburo tungsteno”, es una combinación de los símbolos químicos WC, formado con tungsteno “W” y carbono “C”, dentro de un

material aglomerante de cobalto “CO”.

En la actualidad se consiguió juntamente con la visita de nuestro diseñado de fábrica un nuevo modelo de broca Tricono, la cual se denominó Serie G y a la vez es con rodamientos sellados, donde el objetivo era mejorar la velocidad de perforación. (BrocaG de nueva generación mejorada por Chinalco y Shareate).

Palabras Claves. Proyecto Minero, Tajo abierto, broca Tricono, explotación.

ABSTRACT

Chinalco has planned and is developing the Toromocho Mining Project, which consists of the open-pit exploitation of a porphyry copper deposit, with commercial fractions of molybdenum and silver, at an extraction rate of 235,000 tons per day (tpd) of material, equivalent to 2.7 billion tons (Mt) of material projected over 32 years of mining. The throughput rate will be 117,200 tpd. The projected facilities will be located in the Morococha, Tunshuruco and Rumichaca basins. The Morococha basin contains the open pit, the Low Grade Ore Deposit – Southwest, the West and Southeast Waste Deposits, the Primary Crusher, the mechanical workshop and maintenance infrastructure, a fuel depot, the administration building, soil stockpile, haul roads and access roads. In addition, the Morococha basin contains the existing mine facilities and tailings deposits associated with the operations of Compañía Minera Argentum and Minera Austria Duvaz (and other historical mining operations). In the Rumichaca basin there is the main conveyor belt, the concentrator complex, the raw and process water tanks, a limestone quarry (with associated waste deposits), in addition to the tailings deposit in the Tunshuruco basin.

It should be noted that the first tools made for mining with tungsten carbide were made by Widia of Germany during the 1930s. In 1940 percussion bits with brazed tungsten carbide inserts appeared. In 1951, the first tricone bits made with tungsten carbide inserts, pressed into the cones, appeared. "Carbide" or often called "tungsten carbide", is a combination of the chemical symbols WC, formed with tungsten "W" and carbon "C", within a cobalt "CO" binder material.

At present, together with the visit of our factory designer, a new Tricone drill model was obtained, which was called the G Series and at the same time it is with

sealed bearings, where the objective was to improve the drilling speed. (New generation Gdrill improved by Chinalco and Shareate).

Keywords. Mining Project, Open Pit, Tricone drill bit, exploitation.

INTRODUCCION

El Proyecto Toromocho es un yacimiento de cobre, que se encuentra ubicado en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín. Se trata de un proyecto de larga data, que ha tenido campañas de exploración realizadas por la empresa Cerro de Pasco Copper Corporation en la década de 1930 y, posteriormente, por Centromín Perú. Durante los años 2001 y 2002, Centromín convocó a dos licitaciones públicas internacionales para otorgar la buena pro del Proyecto. Sin embargo, en ambas oportunidades, las licitaciones fueron declaradas desiertas por falta de postores. Posteriormente, en un nuevo proceso realizado en junio de 2003, Minera Perú Copper S.A. (MPCopper) obtuvo un contrato de opción de transferencia de las concesiones mineras otorgado por licitación, el cual le otorgaba los derechos de concesión minera y los derechos superficiales. A partir de entonces, se iniciaron los estudios pertinentes para el desarrollo del Proyecto y la evaluación de su viabilidad. Luego, en agosto de 2007, la empresa estatal china Chinalco (Aluminum Corporation of China) adquirió el 100% de las acciones de MPCopper, obteniendo con ello el manejo del Proyecto. El Proyecto Toromocho es un proyecto minero a gran escala que tiene como objetivo la explotación de un yacimiento constituido principalmente por cobre, molibdeno y plata en menor cantidad. Para lo cual se viene utilizando las brocas tricónicas, que de acuerdo a nuevo diseño denominada Broca G de nueva generación mejorada por Chinalco y Shareate, con el objetivo de optimizar la velocidad de perforación.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.2.1.	Ubicación	2
1.2.2.	Accesibilidad.....	3
1.2.3.	Clima y meteorología	3
1.2.4.	Geomorfología general.....	4
1.2.5.	Geología Local	6
1.2.6.	Geología Estructural.....	12
1.2.7.	Geología Económica	13
1.3.	Formulación del problema	14
1.3.1.	Problema general	14
1.3.2.	Problemas específicos	14
1.4.	Formulación de Objetivos.....	15
1.4.1.	Objetivo General.....	15
1.4.2.	Objetivos específicos.....	15

1.5.	Justificación de la investigación.....	15
1.6.	Limitaciones de la Investigación.....	16

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	17
2.2.	Bases Teóricas - Científicas.....	20
2.2.1.	Tecnología de la perforación vertical.....	20
2.2.2.	Brocas SMITH.....	23
2.2.3.	Inserto de carburo de tungsteno.....	25
2.2.4.	Calificación de una broca.....	26
2.2.5.	Fluidos de perforación.....	27
2.2.6.	Tubería de revestimiento.....	31
2.2.7.	Descripción de los parámetros de perforación.....	32
2.3.	Definición de términos básicos.....	35
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	36
2.4.1.	Hipótesis General.....	36
2.4.2.	Hipótesis Específicos.....	36
2.5.	Identificación de las Variables.....	36
2.5.1.	Variable Independiente.....	36
2.5.2.	Variable Dependiente.....	36
2.6.	Definición Operacional de Variables e Indicadores.....	37

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación.....	38
3.2.	Nivel de Investigación.....	38

3.3.	Métodos de la Investigación	39
3.4.	Diseño de la Investigación	39
3.5.	Población y Muestra	39
3.6.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	39
	3.6.1. Técnicas.....	39
	3.6.2. Instrumentos.....	40
3.7.	Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación	40
3.8.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	41
3.9.	Tratamiento Estadístico.....	41
3.10.	Orientación Ética filosófica y epistémica.....	41

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del trabajo de campo	42
	4.1.1.Perforación rotativa con Brocas Tricónicas	42
4.2.	Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados	44
	4.2.1. Nuevo diseño de Brocas	44
	4.2.2. Broca para Roca Suaves y Medias-Duras.....	44
	4.2.3. Broca para Rocas Suaves, Medias y Abrasivas	46
	4.2.4. Determinación de las Estrategias de mejora	49
4.3.	Prueba de Hipótesis	50
4.4.	Discusión de Resultados	50

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En la actualidad la extracción de minerales plantea a la minería contar con alta productividad en cada una de sus operaciones para la explotación de un determinado yacimiento mineral, así mismo consideran la certificación de los ISOS que, cada vez hay mayor competitividad en bienes y servicios. También los requerimientos de consumo del cliente buscan mayor calidad a menos precio. La industria minera relacionada a la explotación de minerales establece límites de cumplir sus requerimientos y estándares de sus clientes.

El requerimiento de mejorar la velocidad de perforación y optimizar el rendimiento de las brocas, con respecto a la perforación por el tipo de roca; al final obtener mayor velocidad de excavación debe ser mayor a 9,000 ton/h. Estos rendimientos no son posibles, sin la eficiencia del planeamiento y diseño de Ingeniería, pero tampoco con el uso de brocas de menor velocidad de perforación y menor rendimiento de las brocas.

En la actualidad el Tajo Toromocho de Minera Chinalco Perú se utiliza las brocas tónicas de tipo SP45 de características, donde se tiene una baja velocidad de perforación y un desgaste prematuro de estas brocas por lo que significa un bajo rendimiento. La Nueva broca tipo SG45 aumenta la velocidad de perforación y se tiene mayor rendimiento de las brocas, por lo tanto, se optimiza los parámetros de perforación.

El otro factor muy importante a considerar es el compromiso del control ambiental de la minera Chinalco, en el Tajo Toromocho. Como parte del compromiso es menorar la emisión del polvo que se genera en la perforación de las rocas. La broca actual está compuesta de orificios de diferente diámetro que esto origina menor emisión del polvo, generando menor contaminación del aire y mal aspecto visual.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Ubicación

La Unidad Minera Toromocho está ubicada en los distritos de Morococha y Yauli, provincia de Yauli, región Junín, dentro de territorios de propiedad de Chinalco.

El punto referencial de Unidad Minera Toromocho es el punto central del tajo Toromocho, considerado como el componente principal, cuyas coordenadas WGS84 son: 375 588 E y 8 716 565 N.

Ilustración 1.
Ubicación Geográfica del proyecto.



1.2.2. Accesibilidad

El acceso al área del Proyecto, se realiza desde la ciudad de Lima por la Carretera Central, a través de una vía asfaltada hasta Morococha (142 km), así como mediante el Ferrocarril Central (173 km). Ambas vías también unen la zona del Proyecto con la ciudad de La Oroya ubicada a aproximadamente 32 km más por carretera y aproximadamente 35 km por ferrocarril. Otro de los accesos al área del Proyecto es el desvío de Yauli, de donde por carretera afirmada y pasando por la localidad de Pachachaca, parte un ramal atravesando en su trayecto la Planta Concentradora de Mahr Túnel hasta llegar al área sur del Proyecto.

1.2.3. Clima y meteorología

El área de estudio presenta un clima montañoso (Strahler & Strahler, 2005) típico de ambientes ubicados a grandes alturas como la sierra del Perú. Este clima está caracterizado principalmente por ser frío y seco, y por presentar

dos temporadas claramente definidas: la época de lluvias, correspondiente al periodo comprendido entre los meses de octubre y marzo; y la época seca, correspondiente al resto de meses del año. El factor más influyente que define el clima en el área de estudio es su posición altitudinal (a aproximadamente 4 500 m de altitud en promedio). Otros factores considerados fueron la latitudinal (entre los 11 y 12° de latitud sur), además de su continentalidad o posición con respecto al océano. Estos factores intervienen de manera determinante en los rasgos climáticos importantes tales como la amplitud térmica diaria y anual, los regímenes eólicos, así como en los niveles existentes de humedad, precipitación y evaporación. Para la caracterización climática de la zona se consideraron y analizaron los datos procedentes de varias estaciones regionales situadas cerca del área de estudio, además de los registros (2005- 2008) correspondientes a la estación emplazada en el campamento Tuctu de Chinalco (4 500 m de altitud aproximadamente).

1.2.4. Geomorfología general.

El área de estudio se encuentra dentro del ámbito geomorfológico de la Cordillera de los Andes. Está constituida por un conjunto de elevaciones que corren alineadas en cadenas paralelas: tres en el norte, tres en el centro y dos en el sur. La Cordillera de los Andes, configura un gran macizo antiguo, que responde al clásico esquema de plegamiento en el Primario, erosión en el Secundario, formando dilatadas penillanuras y sobre elevación en bloques durante el Terciario debido a la Orogenia Andina, intercalado con grandes cuerpos intrusivos y con eventos volcánicos, conjunto que configura un relieve complejo.

En el marco de la zona del Proyecto Toromocho, se encuentran

manifestaciones de deglaciaciones recientes y modificaciones producidas por procesos periglaciares actuales. En toda el área, la mayor importancia la tienen los procesos periglaciares, como el creeping o reptación, solifluxión y deslizamientos de derrubios, que determinan la presencia de formas menores típicas del resultado de estos procesos.

Las formas que predominan gracias a estos procesos son los grandes taludes de derrubios, los cuales tapizan las laderas con derrubios muy finos producto de la intensa meteorización mecánica que caracteriza el área.

Los conos de escombros son muy numerosos, aunque sus dimensiones no son importantes, ya que los mayores son coalescentes formando los taludes. Son acumulaciones de material, situados en ángulos muertos de las partes bajas de las laderas. La selección de sus materiales es normal, con una acumulación por gravedad de rocas de mayor calibre en sus partes inferiores.

Los conos aluviales no son numerosos y tampoco de grandes dimensiones, ya que los cursos de agua no poseen en esta zona gran poder de acumulación pero sí de erosión. Los mismos, aparecen en la culminación de algunos cursos de agua, ya sean permanentes o no. Sus superficies se ven afectadas por los procesos de arroyada difusa y erosión lineal, también reciben el aporte de materiales provenientes de las vertientes adyacentes.

El proceso de solifluxión es muy importante en este sector, lo que determina la presencia, en la parte inferior de las vertientes, de lóbulos de solifluxión, por la acumulación continua de material. En algunas vertientes de pendientes acusadas, se observan canales muy pequeños, por donde desciende el barro a manera de coladas en "laniéres" (Mikkan, 1999).

El marco de geoformas del área de estudio, se completa con los

sedimentos aluviales modernos. Se trata de sedimentos de fracción predominantemente gravosa y arenosa, que recubren los lechos de los principales cursos de agua. Estos no son de gran potencia porque los cauces en su mayoría tienen fondo rocoso.

1.2.5. Geología Local

Cuenca de Minas Balcanes

En la quebrada Balcanes, afloran rocas sedimentarias de las formaciones Goyllarisquizga, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Casapalca, con orientación general al noroeste y buzamientos variables entre 30° a 55° al suroeste. El fondo de la quebrada presenta topografía escalonada debido al modelado glaciar y al diferente grado de resistencia de las rocas sedimentarias.

En el flanco derecho de la quebrada Balcanes afloran rocas dioríticas del terciario, que forman topografías escarpadas de farallones con pendientes empinadas. Se presentan sana a ligeramente meteorizada y estructuralmente se encuentran atravesadas por fallas de orientación E-O, NE-SO y NO-SE aproximadamente.

En los flancos de los cerros en ambas márgenes de la quebrada Balcanes se presentan depósitos coluviales. En las márgenes de las quebradas y por zonas, se presentan depósitos glaciares “Till”, cuya morfología es ondulada con algunas depresiones formando superficies aborregadas; estos depósitos están conformados principalmente por gravas limosas arcillosas que podrán ser evaluadas para su uso como material impermeable (soil liner).

Asimismo, en el fondo de la quebrada Balcanes más del 50% del área se encuentra cubierta por vegetación hidromórfica (p.ej. bofedales, praderas muy húmedas, etc.) charcos de agua y superficies húmedas, en general. En las

cabeceras de la quebrada se presentan dos lagunas medianas de aproximadamente 200 por 100 m de extensión. En las bofedales se presentan materiales blandos y saturados cuyo espesor estimado podría variar entre 10 y 15 m.

En general la disolución superficial en las rocas calcáreas es leve, pero en ciertos horizontes de calizas es moderada. La naturaleza variada de las calizas (pizarrosas, nódulares) y la presencia de horizontes de lutitas y areniscas en alternancia ha truncado el progreso de la disolución de las calizas que son sensibles a la disolución.

Desde el punto de vista geotécnico el área de la quebrada Balcanes presenta manantiales, ojos de agua, bofedales y algunos sectores con topografías escarpadas. La presencia de manantiales, ojos de agua y bofedales son considerables por la naturaleza del drenaje pobre del área.

Cuenca Tunshuruco

En la Quebrada Tunshuruco, ubicada a 5 km en línea recta al sur del yacimiento de Toromocho, afloran rocas sedimentarias del grupo Pucará, formaciones Goyllarisquizga, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Casapalca, con orientación general al noroeste y buzamientos variables entre 30° a 50° al suroeste. El fondo de la quebrada presenta topografía escalonada debido al modelado glaciar y al diferente grado de resistencia de las rocas sedimentarias e intrusivas.

En la parte superior de la cuenca afloran rocas calcáreas del grupo Pucará de la formación Cordonsinga que se prolongan hacia el sureste en los Cerro Huruya Punco y en dirección a la localidad de Yauli. Estas rocas calcáreas se encuentran intensamente cortadas y removidas por rocas intrusivas del

Terciario, de tal manera que las calizas se presentan marmolizadas, de color blanquecino, cristalinas y de grano medio a fino y presentan superficialmente estructuras de disolución leve a moderada dependiendo del tipo de horizonte. En los alrededores del Cerro Huruya Punco las calizas del Pucará se presentan sin alteración metasomática-hidrotermal y diferenciadas en un mínimo de tres unidades estratigráficas; la unidad estratigráfica inferior que representa la base de la secuencia en contacto con los Volcánicos Catalina del Pérmico, consiste de caliza gris claro cristalina, con oquedades de disolución de unos metros de tamaño; la unidad intermedia que consiste de caliza gris con estructuras de disolución débil a moderada y la unidad superior que se encuentra por encima del Volcánico Montero consiste de calizas brechadas porosas con estructuras de disolución (oquedades) de hasta unos metros de tamaño.

Por otro lado, en la parte media y en la parte inferior de la cuenca afloran rocas de las formaciones Goyllarisquizga, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Casapalca, también con orientación general al noroeste y buzamientos variables entre 30° a 50° al suroeste

En el flanco izquierdo del cerro Viscacharonga, afloran el Volcánico Catalina del Pérmico, el cual se encuentra cortado por rocas intrusivas granodioríticas y pórfidos del Terciario. La topografía en este sector es escarpada de farallones con pendientes empinadas. En su conjunto se presentan sana a ligeramente meteorizada y estructuralmente se encuentran atravesadas por fallas de orientación aproximadamente E-O.

En la parte superior de la cuenca, en los flancos de los cerros, se presentan depósitos coluviales de buenas características geotécnicas para ser usado como material de relleno común y material de drenaje previa

preparación. En ambos márgenes de la laguna Tunshuruca se presentan depósitos glaciares “Till”, formando morrenas laterales, cuya morfología es ondulada con algunas depresiones formando superficies aborregadas; estos depósitos están conformados principalmente por gravas limosas arcillosas que podrán ser evaluadas para su uso como material impermeabilizante.

Aproximadamente, más del 70% del área en el fondo de la quebrada Tunshuruco se encuentra cubierta por bofedales y charcos de agua. En las cabeceras de la quebrada y en el tramo medio se presentan dos lagunas medianas conocidas como Tunshuruca. En las bofedales se presentan materiales blandos y saturados cuyo espesor estimado podría variar entre 10 y 15 m.

El drenaje de la quebrada es relativamente pobre, lo que ha permitido el desarrollo de bofedales, lagunas y pequeños charcos de agua. En la mayor parte del área del valle existen abundantes ojos de agua y manantiales que afloran por encima del fondo de las quebradas con desniveles de 30 a 50 m; en algunos casos los manantiales forman artesianismo leve. Estructuras como las fallas paralelas a la quebrada Tunshuruco representan caminos hidráulicamente conectados.

En general la disolución superficial de las rocas calcáreas es variada dependiendo de la naturaleza litológica de las formaciones y del tipo de caliza presente. En particular en las calizas del grupo Pucará se ha identificado que las calizas de la base (unidad inferior) y el techo (unidad superior) presentan superficialmente estructuras de disolución considerables con oquedades hasta del orden del metro.

Desde el punto de vista geotécnico el área de la quebrada Tunshuruco

presenta manantiales, ojos de agua y bofedales, importantes por la naturaleza pobre del drenaje en el área. Adicionalmente existen áreas cuya formación geológica se define como calizas. Éstas se encuentran relacionadas a fallas geológicas, sistemas de fracturamientos y en dos áreas de la cumbre definidas como potencialmente de disolución.

Cuenca Rumichaca.

Esta área se encuentra ubicada a 7 km en línea recta al sur del yacimiento de Toromocho y tiene elevaciones variables entre 4 100 a 4 550 m.

En el área se encuentra la formación Casapalca que presenta lutitas rojas sobre una colina estable, bofedales de limos orgánicos sobre una pendiente suave y la formación Casapalca que pasa por la formación Jumasha y presenta calizas.

También se encuentran en la cuenca bofedales de limos orgánicos alternados con depósitos coluviales de gravas limosas; un farallón de 20 m de altura, y otro de 40 m de altura aproximadamente. La formación Pariatambo seguida de la formación Chúlec y la formación Goyllarisquizga.

Finalmente se encuentran los depósitos cuaternarios coluviales y fulvioglaciales, los depósitos glaciales y finalizando con bofedales. Las formaciones rocosas tienen una orientación hacia el noroeste, y su buzamiento varía entre 25° y 55° hacia el suroeste.

Divisora entre la quebrada Tunshuruco, Azulcancha y Minas Balcanes

Esta área se inicia sobre una zona de depósitos glaciales, seguida por pórfidos Yantac, por el grupo Pucará y por depósitos fluvio glaciales. A continuación, se encuentran zonas en las que se intercalan depósitos coluviales con las formaciones Goyllarisquiza y Chúlec. También aparecen las

formaciones Pariatambo y Jumasha para seguir intercalándose con los depósitos coluviales.

Llegando al flanco sur del divisorio (en dirección al río Rumichaca) la formación existente es Casapalca. Existen tres fallas en esta zona, la primera que se extiende en dirección sureste y las otras que son fallas subparalelas entre sí, que se extienden en dirección suroeste.

Cuenca de la laguna Buenaventura

En el área ubicada aproximadamente a 0,50 km al suroeste del tajo, se encuentran material coluvial de gravas arenosas con presencia de bolones.

En la zona oeste más extrema y elevada se presentan pórfidos feldespáticos y diorita Anticona. En la zona central de esta área se presentan depósitos fluvio glaciales y pórfidos feldespáticos y diorita Anticona intercalada con desmontes de mina. En la zona este central se halla la presencia de una laguna de aproximadamente 450 m de largo por 400 m de ancho.

En la zona sur se observan afloramientos de las formaciones Jumasha, Pariatambo, Chúlec acompañadas de depósitos fluvio glaciales que son una continuación de los ubicados en la zona central.

Así mismo se observa la presencia de desmonte de mina en la zona central de manera aislada y en la zona este se observa más desmonte de mina como continuación de una cantidad considerable que se ubica alrededor de las coordenadas N 8 716 000 y E 376 000.

Falda norte del Cerro Vicharrayoc

El área ubicada a 500 m al sureste del yacimiento del Proyecto se encuentra sobre roca volcánica “Catalina” del grupo Mitu. En la zona central

se presentan depósitos fluvio glaciales en la parte norte y la formación Pucará en la parte sur. En el extremo oeste se presenta la roca volcánica “Catalina” y en el sector másoccidental se presenta la formación Pucará.

1.2.6. Geología Estructural

Durante el Mesozoico la región andina del Perú septentrional y central quedó dividida en una zona negativa hacia el oeste “La Cuenca Peruana Occidental”, otra faja hacia el este denominado, “Geoanticlinal del Marañón”, en esa zona se ubica la Cuenca Triásica de Cerro de Pasco y Junín, donde las unidades lito- estratigráficas descritas manifiestan deformaciones geo-estructurales muy notorias e importantes. Las estructuras geológicas más importantes presentes enel área de reconocimiento son los siguientes:

- **Plegamientos**

Estas estructuras afectan principalmente a las rocas del Jurásico y Cretáceo, desarrollando un fuerte plegamiento en forma de sinclinales y anticlinales.

Los anticlinales y sinclinales más importantes en el área de la cuenca alta del río Huallaga se emplazan en la margen izquierda de la quebrada Tulluralca y al sur de la quebrada Pariamarca, donde las deformaciones afectan a las rocas de la formación Chaleco y Grupo Goyllarisquizga, parte de estas estructuras continúan hasta las inmediaciones de Ticlacayán.

Las rocas de la formación Chambará en la margen izquierda del valle del río Huallaga están plegadas en forma de un anticlinal y sinclinal. Dentro de esta área está el Sinclinal de Atacocha que afecta las rocas de la Formación Casapalca que se halla truncado por la falla denominado Sacra familia, con dirección norte a sur. Otra estructura importante en esta área es el Sinclinal

Campanayoc que se halla en la margen derecha y superior del valle, cuyo eje sigue en forma casi paralela.

- **Fallamientos**

El área está acompañada por fallas, algunas de carácter regional, las más resaltantes son los siguientes:

Falla longitudinal de Milpo - Atacocha, con rumbo aproximado de norte a sur, afecta a las rocas de los Grupos Goyllarisquizga y Pucará, esta discontinuidad se activó durante el levantamiento andino, ocasionando grandes movimientos y se sabe que a esta estructura está relacionada la mineralización polimetálica de las minas de Milpo y Atacocha.

Otra falla importante y regional se ubica al sur y margen izquierda de la quebrada Tulluralca, antes de la Quinoa se ubica en el margen derecha continuando hacia el este del sinclinal Campanayoc. Existen otras discontinuidades cuyas extensiones son menores a media decena de kilómetros que afectan a las rocas de la formación Chambará y en algunos casos constituyen el contacto de las rocas del Chambará y Goyllarisquizga, así como el contacto de las unidades de Chulé con Goyllarisquizga.

1.2.7. Geología Económica

El yacimiento Toromocho se encuentra en la parte central de cobre de la zona polimetálica de Cu / Pb-Zn / Pb-Ag del distrito de Morococha. Este yacimiento forma un centro de rocas de tipo skarn y brechas asociadas con 7 millones de años de mineralización, alteración e intrusiones porfiríticas y de granodiorita. El distrito de Morococha está caracterizado por una serie de sedimentos plegados del Paleozoico y Mesozoico que han sido invadidos con múltiples rocas intrusivas. Las rocas intrusivas ayudaron a preparar al área

para la mineralización y sirvieron de fuente para la mineralización hidrotermal. Los sedimentos en el área adyacente al depósito son predominantemente calcáreos, de los cuales, aquellos ubicados en la proximidad de las rocas intrusivas se han alterado a nivel local formando skarns y hornfels. Por consiguiente, la mineralización ha ocurrido en las rocas tipo skarn, las de metamorfismo de contacto (hornfels) y en las unidades intrusivas. El principal accidente geográfico estructural a nivel regional es el Domo de Yauli, que se extiende por 30 km desde San Cristóbal hasta Morococha, con un rumbo general de N35°O. En el distrito de Morococha, la principal estructura es el anticlinal Morococha; el cual ocupa la porción norte del Domo de Yauli. El anticlinal Morococha es un pliegue asimétrico que incluye al Volcánico Catalina como núcleo. La mayor parte de la mineralización con alta ley de cobre está contenida dentro de una muy alterada y relativamente blanda mineralización de skarn alterada por actinolita y arcilla. El resto está contenido dentro de una roca intrusiva, alterada por biotita, más competente.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible optimizar los parámetros de perforación del Tajo Toromocho de la Minera Chinalco S.A. con la aplicación del nuevo diseño de broca?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿La aplicación del nuevo diseño de broca SG45 permite optimizar la velocidadde perforación del Tajo Toromocho de la Minera Chinalco S.A.?
- b. ¿La aplicación de la nueva broca SG45 permite optimizar el rendimiento de las

brocas del Tajo Toromocho de la Minera Chinalco S.A.?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Optimizar los parámetros de perforación con la aplicación del nuevo diseño de brocas del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Optimizar la velocidad de perforación con la aplicación del nuevo diseño de brocas del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.
- b. Optimizar el rendimiento de las brocas con la aplicación del nuevo diseño de brocas del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.

1.5. Justificación de la investigación

Los nuevos procesos de la gestión integrada de calidad, ha influido en la industria minera a innovar, e implementar las últimas tecnologías que optimicen el proceso de perforación de rocas en términos de velocidad de perforación, rendimiento de brocas y la mitigación del impacto ambiental durante la perforación. Esto es posible por las características técnicas del nuevo diseño de brocas, su dureza y nueva composición de elementos hace posible el cumplimiento de las nuevas necesidades del cliente.

El presente estudio tiene como objetivo de evaluar técnicamente los resultados de la perforación del Tajo Toromocho, de esta manera la minera Chinalco S.A. pueda tener una nueva alternativa que le permita optimizar el proceso de perforación. Como también sirva de modelo para el análisis y utilización de otras empresas dedicadas a la industria minera, como otras investigaciones.

1.6. Limitaciones de la Investigación

Una de las limitaciones de la investigación, es de tener el acceso limitado a los informestécnicos de procesos de la perforación referente a la velocidad de perforación y rendimiento de brocas anteriores al proceso de pruebas que buscan determinar la eficiencia técnica del nuevo diseño de brocas.

La segunda limitación es la poca bibliografía y antecedentes nacionales e internacionales sobre la aplicación de este nuevo diseño de brocas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

a. Antecedentes nacionales

- **Urquizo, H. (2019).** Análisis del consumo de barrenos y brocas en corporación minera Ananea S.A. Facultad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú. La investigación analiza la vida útil del barreno y la broca, con el objetivo de mejorar su rendimiento en la perforación, analiza los pies perforados que cumplen los barrenos y las brocas, porque no llegan a cumplir su vida útil según su la ficha tecnica. En el estudio concluye como un parametro significativo el afilado de la broca que implica que las brocas alcancen la efectividad de su rendimiento, asimismo paralelo a este parametro tambien la la empresa debe contar con las condiciones y recursos necesarios, por lo tanto, los resultados hallados indican que las pruebas y experiencias son positivas. Tambien otro parametro importante que afecta a la vida útil del barreno y la broca es la calidad de la roca, la

calidad de roca puede ser dura o una calidad de roca muy abrasiva, es más difícil perforar en rocas tipo I generando mayor desgaste en los botones de las brocas y en el cuerpo de la broca y la barra, no llegando a cumplir con su vida útil; también determina que es muy importante conocer el RMR y características geomecánicas del macizo rocoso de la zona donde se efectúa la operación de la perforación, también concluye que se debe utilizar la barra y broca adecuada de acuerdo a la calidad de la roca, considerando la roca dura, media, media, suave es decir por la calidad de la roca.

- **Portocarrero, M. (2019).** Reducción de los costos operativos al aumentar la velocidad de rotación en la perforación de terrenos duros, fracturados y abrasivos. Universidad Privada del Norte Cajamarca – Perú. El trabajo de investigación concluye que el control de velocidad de rotación y la presión de rotación es un factor muy importante que influye en la mejora de costos y el desgaste de brocas en la perforación.
- **Farie, I. (2015).** Criterios en la selección de aceros de perforación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú. El objetivo de la investigación analizar los tiempos que demora en el ciclo de la perforación de un frente y controlar los tiempos de retraso o muertos durante la perforación, Estos parámetros considera que se debe incluir en la elaboración del plan de perforación, en el proceso del proyecto incluye los tiempos improductivos y de los trabajos complementarios. Dentro del plan también incluye los costos de los aceros de perforación, asimismo considera los metros y los rendimientos de

Perforación.

b. Antecedentes internacionales

- **Muñoz, F. & Toscano, R. (2016).** Diseño y optimización de la perforación horizontal en las secciones 8 ½” y 6 ⅛” con el uso de brocas Smith International Universidad Central Del Ecuador. La investigación analiza la broca tipo MDi619LBPX, con 25 cortadores de 18mm y 8 cortadores de 17mm, determinada para perforar un diametro de 8 ½”, en pozos horizontales, comprueba su rendimiento de las cuatro parametros fundamentales de la perforación: tiempo de penetración, estabilidad, durabilidad y navegabilidad. Tambien analiza la broca de conos tipo XR20DOD1GVPS, con 90 insertos, protección en el gauge, talón y faldón apropiada para perforar un diametro de 6 1/8” en pozos horizontales; anbaliza su rendimiento las cuatro parametrosde la perforación: tiempo de Penetración, Estabilidad, Durabilidad y Navegabilidad. De acuerdo a los parámetros propuestos en la perforación y una vez que se perforó el pozo, se puede notar que se realizo correctamente, comparando los valores se encuentran dentro delrango que se propuso. Una vez analizadas los graficos estadisticos se nota que el rendimiento de la broca Smith son altamente competitivas al compararlas con otras brocas, llegando a superar en un 45% en la ratio de penetración neta en las mismas condiciones.
- **Llanes, J. (2017).** Evaluación De La Eficiencia Mecánica De Broca Híbrida En La Perforación De La Sección 8½” En El Piedemonte Llanero. Fundación Universidad De América Facultad De Ingenierías. Bogotá – Colombia. El estudio de la investigación analiza la litología en

los intervalos A, B y C que son similares entre sí, también los intervalos D y E en la formación los cuervos, por lo que los parámetros de perforación se pueden comparar en cuanto a ambas litologías. Se implementa una broca híbrida que resulta tener un buen rendimiento al momento de la perforación en zonas con cambios en calidad geológica de la roca, obteniendo mayor estabilidad se reduce el torque generado, como las fluctuaciones. El mejor parámetro en cuanto a los pies perforados se tiene en la formación los cuervos, con la broca híbrida con un avance de 920 pies teniendo una eficiencia de perforación de un 39,4% más que la broca PDC que tiene un avance de 565 pies en la misma formación. Debido a que los rangos trabajados durante el proyecto se perforaron a una variedad de profundidades, el autor considera que el análisis representa un modelo ideal, no se consideró la diferencia de compresibilidad de la formación. Desde el punto de vista financiero el uso de la broca híbrida para una perforación de cinco años es favorable en la formación los cuervos, ya que genera un ahorro de 525.000 USD frente a los costos actuales con el uso de la broca PDC.

2.2. Bases Teóricas - Científicas.

2.2.1. Tecnología de la perforación vertical

Un pozo vertical se define como un pozo perforado desde la superficie, el cual se va desviando hasta alcanzar la verticalidad hasta alcanzar 90° y penetrar al yacimiento con una sección completamente vertical, entre las herramientas de la perforación vertical existe un número inmenso de herramientas que se utilizan en esta perforación, varias de ellas son indispensables cuando se desea perforar un pozo las más comunes en las

operaciones de la perforación horizontal son las que se detallan a continuación (Rivero, 2015).

a. Tubería de perforación

El tubo de perforación, compuesta de acero, fabricada bajo las especificaciones del Instituto americano de petróleo, es una tubo de gran resistencia, livianamente pesada, y muy flexible, de acuerdo a la ficha técnica está diseñada para direccionales, el mismo se conecta a la unión giratoria para el sostenimiento del peso de la sarta durante la rotación y durante el bombeo del fluido de perforación; se encuentran disponibles de diámetros de 2 3/8 “hasta 6 5/8 “(Rivero, J. 2015).

b. Drill Pipe Heavy Wright

Es una tubería de perforación con tubo de acero reforzado y de mayor espesor para soportar grandes cargas a la que están sujetas. A través de la tubería de perforación todo el lodo o fluido de perforación es bombeado hacia el fondo del pozo. La tubería tiene una longitud de 30 ft de promedio, se encuentran disponibles de diámetros de 2 7/8” hasta 6 5/8” (Rivero, J. 2015).

c. Collar de Perforación

El drill collar es usado en la sección inferior del juego de perforación, también tienen una longitud de 30 ft y es de acero reforzado. Su función principal es proveer peso a la broca para la penetración en las formaciones atravesadas. mantienen rígida la sección inferior de la tubería, se encuentran disponibles de diámetros de 3 1/8” hasta 11” (Rivero, J. 2015).

d. Estabilizador

Su función es que la sarta del fondo realice la perforación en la dirección proyectada evitando la desviación de la proyección, también evita el riesgo de

la unión diferencial.

e. Herramienta de Orientación

Estas siglas en inglés (MWD) Measurement While Drilling: significa medición durante toda la perforación, esta herramienta permite obtener los valores de la trayectoria del pozo en tres dimensiones, inclinación y dirección a determinada profundidad. También mide la presión y la temperatura del pozo. Estas medidas se hacen si la herramienta está en el fondo, los valores quedan guardadas en la memoria y se transmiten en tiempo real a la interface en la superficie para su decodificación en el ordenador. El método de transmisión de datos es variable de una compañía a otra, comúnmente los valores se codifican que son transmitidos a la superficie en forma de pulsos de presión 19 transmitidos por medio del lodo de perforación. Los pulsos de presión pueden ser positivos, negativos o continuos. Los pulsos positivos restringen el flujo temporalmente (fracción de segundos a dos segundos) creando así un pulso de presión positiva (Rivero, J. 2015).

f. Motores de Fondo (PDM)

El funcionamiento del motor de desplazamiento positivo (PDM) es una transformación de energía donde se logra el cambio de presión y velocidad lineal del fluido de perforación a rotación. El motor tiene dos componentes, el estator es la carcasa exterior y posee una cavidad en forma de espiral esférica recubierta de elastómero y la otra parte es el rotor que consiste en un eje de acero solido con una sección transversal circular. La principal limitacion del motor PDM es la circulación de fluidos ácidos, en base petróleo, base aceite o abrasivos ya que atacan al elastómero. Otro límite de la influencia de la alta temperatura del pozo ya que expande al elastómero y puede atorarse en medio

de la operación de perforación. (Rivero, J. 2015).

g. Sistema Rotativo Direccional (RSS)

Este sistema es totalmente rotativo y orienta al barreno a través de un mecanismo interno de direccionamiento, extendiendo las funciones de los sistemas direccionales rotativos a aquellas aplicaciones en las que los mecanismos de direccionamiento externo alcanzan sus límites de rendimiento. Posee un mecanismo interno de direccionamiento, que es totalmente cerrado y resistente, provee gran ventaja significativa en cuanto al desgaste y confiabilidad para una perforación productiva en ambientes abrasivos. Estos sistemas también reducen la dependencia del direccionamiento con respecto al contacto con la pared del pozo. Reduce el problema de atascamiento mecánico y por presión diferencial de la columna de perforación porque no existe ningún componente estacionario en contacto con la tubería de revestimiento, o con el pozo. (Rivero, J. 2015).

2.2.2. Brocas SMITH

a. Introducción

Se inicia en 1902, Herman C. Smith inicia su trabajo en una empresa en el taller de herrería en la ciudad de Whittier, California. Cuando se descubría petróleo en las zonas cercanas, para la perforación se requería brocas de cola de pescado y C. Smith tenía el fundamento científico necesarios para fabricarlas. Aplica sus conocimientos de los metales utiliza su equipo para la construcción, la modificación y mejora esta herramienta. Actualmente la fabricación de brocas PDC es en Houston y Scurelle, Italia, y la industria de brocas de conos en Ponca City, Italia. Smith Internacional tiene el liderazgo mundialmente en brocas de perforación durante 10 años constantes.

(Rivero, J. 2015).

b. Definición

Es la herramienta principal de perforación, el mismo contiene elementos cortantes (fijos o móviles), utilizada para triturar o romper las formaciones (rocas) a un diámetro determinado (Rivero, J. 2015).

c. Principios

Cuando se desarrolla una perforación, la broca trabaja bajo dos principios esenciales: fragmentar la roca venciendo sus esfuerzos de corte y compresión. El principio de ataque de la broca se realiza mediante la incrustación de sus dientes en la formación y posteriormente en el corte de la roca al desplazarse dentro de ello por medio de cizallamiento generado por los cortadores de la broca y que vence la resistencia de la roca (Rivero, J. 2015).

d. Broca con cortador fijo

Estas brocas poseen un cuerpo sólido y un cortador fijo, utiliza un diamante natural o sintético están diseñadas y fabricadas en forma de pastillas y van montados en el cuerpo de los cortadores de la broca. Los tipos son:

- Broca PDC

Esta broca perfora y corta, por este mecanismo la roca se fractura de una manera fácil por tener una acción de la carga de corte. El cizallado es el mecanismo de corte más eficiente si se compara con los otros mecanismos a idénticas condiciones operacionales y con la misma formación (Rivero, J. 2015).

- Broca Bicentrica

Esta broca es utilizada para el ensanchamiento del tamaño del hoyo,

considerando la ampliación debajo de una restricción o cuando no hay restricción; tienen una gran aplicación en formaciones humectables o hinchables donde se requiere mayor espacio anular, en empaques de grava, en secciones curvas, cuando se quiere mejorar la corrida del casing (Rivero, J. 2015).

- **Brocas impregnadas**

Estas brocas están compuestas de un diamante natural y con insertos Grit Hot Pressed Inserts, perforan removiendo y rayando la roca, requieren de motor de alta revolución para compensar el poco volumen de cortes generados por revolución para optimizar su rendimiento.

En las brocas de diamante natural los cristales se encuentran en la matriz de carburo de tungsteno de las aletas; la herramienta actúa como una rueda de esmerilado, la matriz tiene que desgastarse ante la abrasividad de la roca para exponer nuevos cristales de diamante.

Los insertos (GHI) Grit Hot Pressed Inserts de las brocas impregnadas son producidos a alta temperatura y presión en corto tiempo para minimizar la degradación de los cristales de diamante, los GHI son soldados hasta el cuerpo de la broca para asegurar el agarre mecánico de la pieza (Rivero, J. 2015).

2.2.3. Inserto de carburo de tungsteno

El inserto se encuentra prensado en cada cono de la broca, son similares para formaciones duras a formaciones blandas y de varias geometrías. El inserto biconico fue creada mucho más antes que de las tricónicas, pero no tenían estabilidad, la cantidad de dientes es menor en comparación con el tricónico.

Por cada diente tiene una carga puntual muy alta, el cual es más eficiente la penetración en la roca por lo que se tiene menor WOB para igual ROP o mayor ROP para igual WOB; poseen más facilidad del control direccional por menos puntos de apoyo, sin efectos de vibraciones (Rivero, J. 2015).

2.2.4. Calificación de una broca

Estos datos y controles de los rendimientos de desgaste de una broca son muy útil, estos informes proporcionan una base de datos sobre el diseño y su compatibilidad, se tiene un historial de los sucesos durante la perforación. Se debe contar con un sistema de análisis y evaluación de desgaste del IADC para mejorar los rendimientos y tener un panorama de condiciones físicas del desgaste de la broca mediante una evaluación estándar.

a. Cortador Fijo

Se evalúa las hileras internas, se mide la reducción de la estructura de corte, se utiliza una escala lineal.

b. Cortador movable

El análisis y la evaluación de brocas de cortador movable se utiliza el mismo estándar de desgaste del IADC. Se reportan condiciones de desgaste de las partes cortantes que no tienen contacto con las paredes del taladro. Se usa una escala lineal del 0 al 8 y se mide la reducción de la estructura de corte combinada debido a pérdida, desgaste y/o rotura de los elementos de (L) = Ubicación Usa una letra o número para indicar la ubicación en la cara de la broca donde ocurre la principal característica de desgaste de la estructura de corte; se considera el calibre (Gage) los elementos que tocan las paredes del hoyo, la nariz (nose) los cortadores del

centro de la broca, la hilera media (middle) los cortadores entre la nariz y el calibre, todas las hileras (all rows), el broken cone (conoroto), el bond failure (falla de adherencia), el cono trancado (conedragged), interferencia entre conos (coneInterference), el desgaste en el centro tipo núcleo (Cored), la fatiga térmica (Heat Checking), la pérdida de cono (LostCone), el Calibre con desgaste redondeado (rounded Gage). Según Reglas de Smith Tools la columna es usada para indicar la condición del ensamblaje cojinete-sello. Si alguno de los componentes del ensamblaje ha fallado, se le asigna el código “F” (Failed: Fallado). Si alguna porción del cojinete está expuesta o falta, se considerará como un ensamblaje inefectivo (F). Se usa “E” cuando son los sellos están efectivos y “N” cuando no es posible determinar la condición de ningún componente. Smith Tools evalúa cada componente separadamente. Si se evalúan los tres ensamblajes en conjunto, se reporta el peor caso (G) = Calibre Usada para reportar la condición de desgaste del calibre de los elementos cortantes que tocan las paredes del hoyo, se basa en el diámetro nominal de un anillo de medida; las brocas con cojinetes/sellos fallados pueden ser medidas siempre y cuando los conos no tengan ningún movimiento axial o radial. La medida se tomará en el calibre o el talón, cualquiera de los dos que esté más cerca de la pared del hoyo. Toda broca es fabricada bajo las especificaciones API y tienen su debida tolerancia de desgaste de calibre según su diámetro nominal (Rivero, J. 2015).

2.2.5. Fluidos de perforación

Durante las operaciones de perforación de un pozo se utilizan fluidos de perforación. El término está excluido de los fluidos que circulan a través del

taladro cuya función es cumplir con la eficiencia de limpieza y seguridad en la perforación del hoyo de un pozo. El fluido de perforación está compuesto de suspensión coloidal, gas, agua, aire, petróleo, a base de agua y arcilla. El fluido es usado en la perforación rotatoria, que es un medio para transportar los detritus de la roca a la superficie, se considera como un factor muy importante para eliminar fallas en las labores de perforación. Además de transportar el detritus a la superficie, el fluido de perforación cumple con otras funciones de gran importancia, relacionada directamente con la economía y eficiencia de la operación de perforación. Por todo lo descrito los componentes del fluido de perforación y sus propiedades están sujetas a un análisis y evaluación de acuerdo a las necesidades, un fluido de perforación debe tener la capacidad de tener propiedades físicas y químicas que den buenos resultados a la gran variedad de condiciones que se presentan, hasta satisfacer las situaciones más complejas, por ello se requiere que la composición del fluido sea más variada y que todas sus propiedades estén bajo un buen control. Ello resulta y se tiene como consecuencia el aumento del costo del fluido de perforación.

Las funciones del fluido de perforación son:

- a. Transportar y remover los detritus de perforación del tope del taladro llevarlo hacia la superficie, requiere de gran para eliminar las partículas de diferente granulometría fuera del hoyo. En la formación de una perforación, los cortes o en algunos casos, partículas de la formación que proviene de las paredes del taladro cuando ocurre algún derrumbe, deben ser constantemente evacuados desde el taladro hasta la superficie. La eficiencia de esta función depende de los siguientes parámetros: viscosidad del fluido, densidad de fluido, velocidad anular, tamaño de los

cortes, densidad de los cortes. Normalmente en todo caso, al tener constante la velocidad anular se tiene como resultado un movimiento hacia arriba de las partículas, si la bomba tiene una capacidad baja para mantener una velocidad anular suficiente para transportar los detritus, se requiere un incremento de la viscosidad del lodo, para tener como resultado una mejor limpieza del hoyo.

- b. Lubricar, mantener la temperatura baja de la broca y sarta de perforación, las fricciones que se producen por el contacto de la broca y la sarta de perforación con la masa rocosa se genera un aumento considerable de calor, es importante que los lodos tengan suficiente capacidad calorífica y conductividad térmica para que permita que el calor sea recogido del taladro, para eliminarlo a la superficie y disipar a la atmósfera. La posibilidad de que el calor se elimine por conducción por medio del subsuelo es mínima, por lo que debe eliminarse por el fluido circulante; es mínima que el grado del lodo por sí mismo ayude a la lubricación, la lubricación aumenta con el uso de emulsionantes, o aditivos especiales, la calidad del lubricante se demuestra con la disminución de la torsión de la sarta, aumenta la vida útil de la mecha, se reduce la presión de la bomba, etc. El efecto de la lubricación de los lodos se observa principalmente en la fricción de la sarta de perforación con las paredes del taladro.
- c. Controla las presiones y derrumbes de las paredes del taladro. Un buen fluido de perforación deposita como una masa que debe ser delgado, liso, flexible y de baja permeabilidad, esto minimiza el problema de derrumbes y atascamiento de la tubería, consolidando la formación y retarda el transporte de fluido hacia la misma, ejerce una presión sobre la pared del

taladro; la densidad del agua más la densidad de los sólidos que se tiene durante la perforación balancean la presión de la masa rocosa en la zona superficial, puede controlarse utilizando las gradientes de la formación, siendo la normal de 0.466 psi/ft para agua salada. La presión hidrostática es la presión de la columna de fluido cuando la tubería se baja dentro del taladro, desplaza al fluido de perforación, haciendo que suba entre la sarta de perforación y las paredes del hoyo.

- d. Prevenir daños a la formación. Se debe elegirse un sistema de lodo que, dentro del taladro, se cuente con un mínimo de alteración sobre las formaciones que se van triturando, para evitar derrumbes y también minimizar el daño de la formación a producir que posteriormente puede significar costoso la reparación o pérdidas de producción. Es importante que el lodo cuente con valores óptimos en sus propiedades para tener una mejor protección de la formación, algunas veces, algunas de ellas se deben sacrificar para obtener el óptimo conocimiento del estrato perforado.
- e. La función de facilitar la óptima información sobre las formaciones perforadas. Referente a la calidad del lodo se debe contar con la obtención de toda la información requerida para evaluar la capacidad productiva de las formaciones perforadas. Los componentes físico-químicas del lodo deben ser lo más completa posible tal que pueda obtener la total información geológica, se debe considerar los mejores registros y la toma de núcleos.
- f. La función de transmitir potencia hidráulica a la broca. El fluido de perforación transmite la potencia hidráulica mediante la broca, ayudando a perforar el taladro y limpiando el fondo de la columna. La potencia se

considera en el programa del lodo; esto significa que el valor de circulación, debe tener la potencia óptima para ser usada en la limpieza del taladro frente a la mecha. Se considera las propiedades del flujo del lodo: punto cedente, viscosidad plástica, etc. La cantidad de sólidos en el lodo debe ser controlado en un nivel máximo para obtener los mejores rendimientos (Rivero, J. 2015).

2.2.6. Tubería de revestimiento

Es un componente cilíndrico vacío con aleación de acero, definida por su diámetro y el espesor del cuerpo, el diámetro nominal y el espesor nominal permanente en toda su extensión, estas condiciones hacen que las operaciones sean eficientes, ya que se introducen en el taladro dependiendo de la calidad del macizo rocoso, de las presiones de fondo y de fractura de los taladros perforados y/ o problemas que se encuentren en el desarrollo de la perforación para lograr el proceso del taladro. En base a la información geológica, geofísica, recomendaciones técnicas, información de taladros vecinos, etc., se realiza un planeamiento con un programa de revestimientos para los hoyos que se van a perforar. Diámetro mínimo interno es controlado por un diámetro específico “drift diameter”, esto es el máximo diámetro de un mandril que debe pasar libremente con su mismo peso. La extensión de estos mandriles depende con el diámetro de la tubería.

a. Funciones de la tubería de revestimiento

Para garantizar la continuidad eficaz de la perforación y el buen estado del hoyo las sartas de revestimiento cumplen las siguientes funciones:

- Actúa como soporte para la instalación del equipo que contrarresta, en caso necesario, las presiones subterráneas durante la perforación y luego

sirven también como asiento del equipo de control (cabezal) que se instalará para manejar el pozo en producción.

- Protege las zonas perforadas (derrumbe de estratos) y aísla zonas problemáticas que se presentan durante la perforación.
- Confina la producción de petróleo y/o gas a determinados intervalos.
- Contrarresta la pérdida de circulación del fluido de perforación.
- Controla las presiones durante la vida productiva del pozo.
- Aísla los fluidos de las zonas formaciones productoras (Rivero, J. 2015).

2.2.7. Descripción de los parámetros de perforación

a. Medida de penetración (rop)

Es la medida de los pies perforados en una hora (ft/hora), este parámetro indica si se debe continuar perforando con la broca o si es necesario cambiarla debido a que su valor no se encuentra dentro del rango adecuado de operación y además dependerá del modo en que se está trabajando (rotando o deslizando).

- La medida de penetración neto es la relación del rango perforado en pies con horas efectivas empleadas para perforar el mencionado rango.
- La medida de penetración neto promedio es la relación del rango perforado en pies y horas promedio empleadas en la perforación dichorango, las horas promedio incluyen el tiempo de conexión y cualquier otra actividad que tenga un tiempo menor de duración 30 min.

b. Peso sobre la broca

Conforme la estructura de corte de la broca se desgasta, se

requerirá más peso para mantener la tasa de penetración. En general, se debe aplicar peso, antes de que se supere la velocidad rotaria, de manera que la estructura de corte se mantenga en profundidad para estabilizar la broca y evitar remolino.

c. Revoluciones por minuto

La velocidad de rotación total de la broca es igual a la velocidad de rotación en superficie más la velocidad de rotación del motor en profundidad y no es limitada por el uso de brocas PDC. Se debe evitar una alta velocidad de rotación en formaciones abrasivas para que no exista un rápido desgaste por abrasión; mientras que velocidades de rotación altas en formaciones duras pueden reducir la tasa de penetración, porque los cortadores no penetran en la formación para seguir cortándola. Cuando la broca empieza a crear remolino no se debe tener una alta velocidad de rotación porque puede iniciar resonancia (altos niveles de vibración) de la sarta, problema que no se desea tener.

- RPM rotación Son las revoluciones en superficie aplicadas por la rotaria a la sarta de perforación.
- RPM motor Son las revoluciones que se tiene en el fondo por el motor, por ejemplo, si el motor de fondo tiene un factor de 0.11 rev/gal, y se está utilizando 700 galones. Cual serán las revoluciones del motor.

d. Galones por minuto

Es el caudal empleado en la perforación en cada una de las secciones generalmente afecta a la limpieza del hueco y de la broca.

Altas tasas de flujo ofrecen mejor limpieza que las bajas, porque transportan mejor los cortes a la superficie debido a una mayor velocidad anular y aumentan la energía hidráulica en la broca.

e. Torque

Al aplicar una fuerza en un punto de un cuerpo rígido, este va a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje. La propiedad de la fuerza para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que llamamos torque, medido en libras fuerza por pie. El torque rotativo es un indicador de lo que está pasando al nivel de la broca de perforación. Por ejemplo el alto torque en la PDC implica que la broca probablemente está excavando o si hay baja tasa de penetración el BHA podría estar generando el torque y no la broca; bajo torque indica que la PDC podría estar patinando en una formación dura y la estructura de corte podría estar embolada. Un alto torque en la broca de conos podría significar que los conos están bloqueados, en cuyo caso el torque se reduce a medida que los insertos o dientes se desgastan; torque

medio implicaría que puede estar excavando; mientras que el torque bajo indica que la estructura de corte podría estar sin filo o embolada.

El torque se podría considerar demasiado alto cuando la velocidad de rotación en superficie empieza a bajar, así también cuando el motor, la mesa rotaria o el top-drive empiezan a perder velocidad. Las formaciones homogéneas deben producir una señal de torque constante y parejo. Las formaciones interestratificadas que tienen diferentes resistencias producirán cambios en el torque a medida que la

broca y/o el BHA entran y salen de las mismas (Rivero, J. 2015).

2.3. Definición de términos básicos

Acoplamiento. Es el grado de contacto entre el explosivo en un taladro y la roca que lo rodea. Cuando el diámetro del explosivo es menor que el del pozo, se dice que la carga está desacoplada

Balance de Oxígeno. Es toda cantidad de oxígeno, referida en por ciento del peso, liberada como un resultado de la conversión completa del material explosivo a CO₂, H₂O, SO₂, AlO₂ (balance de oxígeno “positivo”).

Burden. Es la distancia más cercana entre el taladro y la cara libre y se mide perpendicular a la dirección de la línea de pozos que constituyen una fila.

Concentración de carga lineal. Es la concentración de explosivo, medida en kg/m, a lo largo de un pozo de tronadura. El término puede ser independiente del diámetro del pozo (por explosivos desacoplados), dependiente del diámetro (explosivos totalmente acoplados).

Diámetro crítico. Se considera al diámetro mínimo mediante el cual puede detonar una carga explosiva. Agregando gas finamente disperso se reduce considerablemente el diámetro crítico de un explosivo.

Espaciamiento. Es toda distancia entre taladros de una misma fila que se disparan con un mínimo retardo o con retardos diferentes y mayores en la misma fila.

Factor de carga. Es la cantidad de explosivo usado para romper un volumen o peso unitario de roca. El Factor de Carga se indica mediante unidades de kg/m³. o describe el peso de roca quebrada por unidad de peso explosiva (ton/kg).

Lugar de trabajo. El lugar de trabajo es el área donde los trabajadores permanecen y desarrollan su trabajo.

Trabajador. Considerado a toda persona que desempeña una actividad laboral subordinada o autónoma, el empleador es privado o del Estado. Están incluidos los trabajadores del titular de actividad minera, empresas contratistas mineras o empresas contratistas de actividades conexas.

Voladura de Rocas. Las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La aplicación de un nuevo diseño de brocas permite optimizar los parámetros de perforación del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.

2.4.2. Hipótesis Específicos

- a. La velocidad de perforación se incrementa con la aplicación del nuevo diseño de brocas del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.
- b. El rendimiento de brocas se optimiza con la aplicación del nuevo diseño de brocas en la perforación del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.

2.5. Identificación de las Variables

2.5.1. Variable Independiente:

X: Aplicación del Nuevo diseño de brocas en la perforación del tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.

2.5.2. Variable Dependiente:

Y: Optimización de los parámetros de perforación del tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Aplicación de un nuevo diseño de brocas del tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.	La aplicación de un nuevo diseño de brocas permite optimizar los parametros de perforacion del tajo Toromocho. Se mejora la velocidad de perforacion y el rendimiento de las brocas en el proceso de perforacion de los taladros programados para la voladura de cierto tonelaje.	Perforación	Diametro del taladro	m.
				Longitud del taladro	m.
				Inclinacion	grados
				Barrido	m/min
			Desgaste de la broca	Clasificacion de la roca	RQD
				Vida util de la broca	m.
				Aguzado de la broca	m.
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Optimizacion de los parametros de perforacion del tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.	Cuando se realiza el proceso de perforacion para la explotacion de un yacimiento a cielo abierto muchas veces la la velocidadde perforacion y el rendimiento de las brocas no son bien controladas por lo que se requiere el uso de nuevos diseños de brocas para optimizar estos parametros.	Parametros de la perforacion	Velocidad de perforacion	Pies/m.
				Velocidad de excavacion	Tn./h
				Rendimiento de brocas	Pies

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, que no sólo persigue describir o acercarse a la aplicación de un nuevo diseño de brocas del tajo Toromocho, sino que además nos permitirá determinar un nuevo diseño de brocas para la minera Chinalco S.A.

3.2. Nivel de Investigación

Cuando se van efectuando las perforaciones se observan detalles que deben ser analizados, para determinar las deficiencias, aciertos, que nos conduzcan a los problemas precisos, debe ser programada, planeada, consiente, y controlada.

Determinando por lo tanto una investigación de Nivel Explorativo, es decir una investigación exploratoria sirve de base para continuar con una descriptiva y ésta, a su vez, con una correlacional y después con una explicativa.

3.3. Métodos de Investigación

El método de investigación es lógico donde se desarrolla el análisis, la deducción y la síntesis, de las brocas utilizadas en el tajo Toromocho, de la misma manera se obtiene resultados mediante la observación que sobresalen al objeto del estudio.

3.4. Diseño de la Investigación

En cuanto al diseño de la investigación se ha considerado la investigación cuantitativa, descriptiva y correlacional, se cuenta con una data base que, describe los resultados al utilizar un tipo de broca con otras características. Luego de ejecutar las pruebas también se realiza un diseño descriptivo con los resultados obtenidos en el análisis de comparación entre las brocas utilizadas.

3.5. Población y Muestra

a. Población

Las brocas utilizadas en las fases de perforación del Tajo Toromocho de la MineraChinalco S.A.

b. Muestra

Brocas utilizadas en las perforaciones de la Fase 1 del Tajo Toromocho MineraChinalco S.A.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1. Técnicas

- Recopilación de datos

Se buscó la información histórica de proyectos de evaluación y control de brocas de perforación utilizados.

- Observación directa

Se realizó observaciones directas en la perforación de campo con las brocas comunes y del uso de las nuevas brocas.

- **Búsqueda de información bibliográfica**

Se utilizó esta técnica para tener una mejor comprensión acerca de las características, composición y propiedades de las brocas.

3.6.2. Instrumentos

• **Materiales**

- ✓ Planos y útiles de topografía
- ✓ Impresoras
- ✓ Formatos de reporte de velocidad de perforación
- ✓ Formatos de reporte de rendimiento de brocas
- ✓ Winchas
- ✓ Brocas comunes y las nuevas brocas propuestas

• **Equipos**

- ✓
- ✓ Laptop
- ✓ Tablet
- ✓ Microtrap (Equipo de registro de velocidad de perforación)
- ✓ Calibrador de brocas
- ✓ Equipo de aguzado de brocas
- ✓ Vídeo Cámara Fotográfica
- ✓ Kit de control de (termómetro, cronómetro, cartillas, calibradores)

3.7. Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.

- Revisión de fuentes bibliográficas de estadísticas de accidentes (informe de tesis, revistas, publicaciones, etc.)

- Observaciones del personal, con fundamentos teóricos sobre el tema.
- Equipo de seguridad

3.8. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Todo el proceso y análisis de datos se procesará en el Microsoft Excel, agrupando las variables y resultados en tablas y gráficos dinámicos.

3.9. Tratamiento Estadístico.

Se diseñarán histogramas y otros gráficos estadísticos en Microsoft Excel.

3.10. Orientación Ética filosófica y epistémica

Mi trabajo de investigación se procesará con todos los principios de la ética personal y profesional, considerando y teniendo muy en cuenta los principios, valores y criterios, que una investigación debe contar. Es muy necesario resaltar que el producto de esta investigación es el resultado de las experiencias obtenidas y de los trabajos que he realizado en el tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo.

4.1.1. Perforación rotativa con Brocas Tricónicas

Con la excepción de referencias ocasionales a otros tipos de perforación, la investigación se dedica a la discusión de perforación rotativa con brocas tricónicas, usando aire como medio de barrido de los recortes. Las variables que afectan los costos de perforación son: Costo del tricono costo de la perforadora y de la operación rendimiento de equipo, estas tres variables, incluyendo todos los factores directos con la operación y desarrollo de la mina, se deben considerar dentro de una evaluación real de los costos de perforación. El factor más importante dentro del rendimiento del equipo, es la velocidad de penetración del Tricono.

Los triconos de insertos de carburo de tungsteno, tienen insertos cilíndricos con extremos preformados como dientes cortantes. Se introducen los insertos a presión en taladros perforados en la superficie exterior de los conos. Bajo las mismas condiciones de perforación, los triconos de insertos de carburo de tungsteno rinden más (larga vida), que la estructura de corte de los Triconos de dientes de acero. Esta larga vida y la velocidad de penetración sostenida justifican su mayor costo. Definiciones de diseño de un tricono. Ángulo del eje. Es el ángulo formado entre el eje vertical del tricono y una línea perpendicular al eje. Una definición más simple es el ángulo formado entre el eje y el fondo del hoyo. Desplazamiento del cono. La desviación del cono es el desplazamiento horizontal paralelo al centro del cono, de una línea central al centro del tricono, o sea a tres líneas de los centros de los conos a 120° cada una. El ángulo del cono, es el ángulo incluido en el cono formado entre el eje del cono y el fondo del pozo. El incremento del ángulo del eje hace decrecer el ángulo del cono, para evitar la interferencia entre los conos. Con la reducción del ángulo del eje, se puede aumentar el ángulo del cono. Longitud de los dientes. En triconos de insertos de carburo de tungsteno, la longitud de los dientes está determinada por la longitud de la parte cortante, sobresaliente del inserto en la superficie del cono.

Espesor del cuerpo del cono. Se debe mantener un espesor mínimo del cuerpo del cono para asegurar su integridad estructural. Se determina el espesor por el tamaño del cojinete dentro del cono y también por la profundidad de los fresados torneados entre las hileras de dientes en el caso de los triconos de dientes, o la profundidad de los agujeros para los insertos en el caso de los triconos de insertos de carburo de tungsteno.

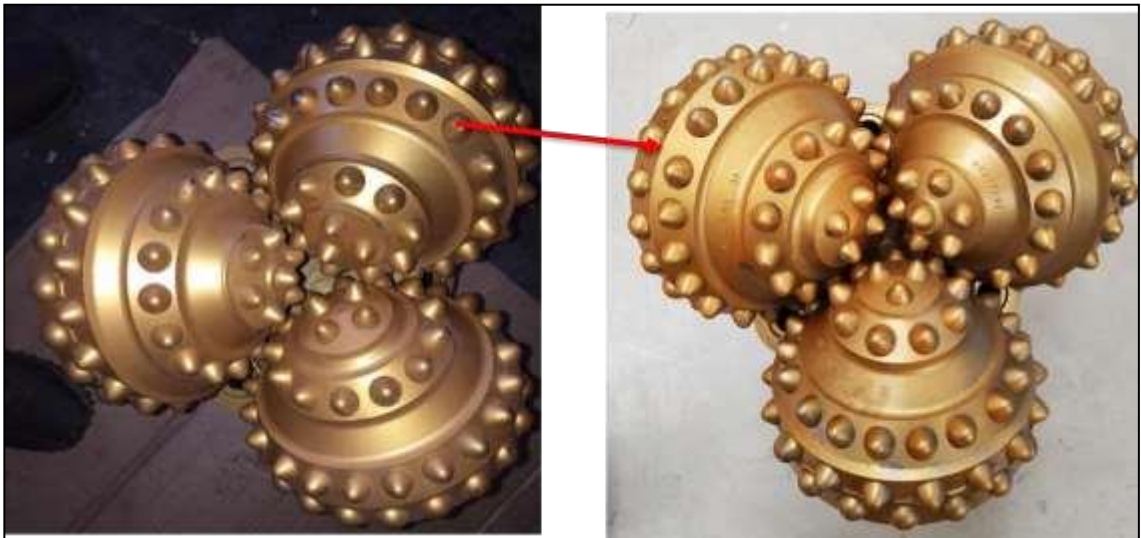
4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1. Nuevo diseño de Brocas

Se consiguió juntamente con la visita de nuestro diseñado de fabrica un nuevo modelo de broca la cual se denominó Serie G y a la vez es con rodamientos sellados, donde el objetivo era mejorar la velocidad de perforación. (Broca G denueva generación mejorada por Chinalco y Shareate)

Ilustración 2.

Tricono 12 ¼" Sa 642 - Tricono 12 ¼" SA 642 G (SA645G)



La composición del carburo de tungsteno en el caso de la serie G (SA 645G) es de partículas finas y en capas cumpliendo la función de un inserto blando que es más resistente al quiebre de insertos.

4.2.2. Broca para Roca Suaves y Medias-Duras

La broca SA 645, nos ayudara a ganar velocidad en los tipos de Roca Suave y Medio

Estructura de corte:

- Inserto Balístico en el Gage y filas interiores.
- Diseñado para formaciones suaves medias duras, resistencia a la compresión: 15000 – 23000 psi.

Ilustración 3.

tricono 12 1/4" sa 645 65/8" aPI rEG.



Especificaciones del Tricono.

- Código: IADC 645
- Hilo: 65/8 Api Reg.
- Peso: 98 Kg.
- Diámetro tricono: 311mm.
- Tipo de Rodamiento: Rodillo-Bola-Rodillo-Botón de empuje.
- Cojinetes semi-sellados refrigerados por aire.
- Tipo de Circulación: Chorro de Aire.
- Filas internas y Nariz: Insertos Balísticos.
- Protección de Bisel de cono exterior: Insertos semi redondos.

Protección del Faldón.

- Recubrimiento endurecido sobre faldón.
- Insertos resistentes al desgaste sobre el labio del talón y del faldón.

Ilustración 4:

Faldón.



Parámetros Operacionales.

- Peso sobre el Tricono: 36750 – 85000 lbs.
- Velocidad de Rotación: 60 – 100 RPM
- Presión de Barrido: 0.2 – 0.4 Mpa.

4.2.3. Broca para Rocas Suaves, Medias y Abrasivas.

Las brocas SA 545G, nos aguda en Rocas Suaves, Medianas y abrasivas de altaresistencia a la compresión simple.

Estructura de Corte.

- Insertos cónicos en el Gage y Balísticos en filas interiores.
- Diseñado para formaciones Suaves, Medianas y abrasivas con alta resistencia a la compresión simple tales como: Pizarras, calizas blandas, dolomitas, areniscas, esquistos, limonitas.
- Resistencia a la compresión: 15000 – 23000 psi. (100-160 Mpa.)

Especificaciones del Tricono.

- Código: IADC 545G
- Hilo: 65/8 Api Reg.
- Peso: 98 Kg.
- Diámetro tricono: 311mm.
- Tipo de Rodamiento: Rodillo-Bola-Rodillo-Botón de empuje.
- Cojinetes semi-sellados refrigerados por aire.
- Tipo de Circulación: Chorro de Aire.
- Filas internas y Nariz: Insertos Balísticos.
- Protección de Bisel de cono exterior: Insertos semi redondos.

-

Ilustración 5:
Tricono 12 1/4" Sa 545g 65/8" Api Reg.



Protección del Faldón.

- Recubrimiento endurecido sobre faldón.
- Insertos resistentes al desgaste sobre el labio del talón y del faldón.

Ilustración 6:

Faldón Tricono SA 545G.



Parámetros Operacionales.

- Peso sobre el Tricono: 24500 – 61250 lbs.
- Velocidad de Rotación: 80 – 110 RPM
- Presión de Barrido: 0.2 – 0.4 Mpa.

4.2.4. Determinación de las Estrategias de mejora.

Comparación entre el rodamiento de rodillos de sellado y el rodamiento de rodillos de sellado abierto

- Los rodamientos de rodillos de sellado son adecuados para una gama más amplia de formaciones rocosas (los rodillos de sellado

abiertos no son adecuados para formaciones rocosas que contienen agua).

- En términos generales, la vida útil del rodamiento de rodillos de sellado es mayor que el sellado abierto.
- La estabilidad del rendimiento del rodamiento de rodillos de sellado es mayor que el sellado abierto.

4.3. Prueba de Hipótesis

Mediante la variable independiente y dependiente, realizaremos la prueba de hipótesis de acuerdo a como fueron expuestas estas variables, con lo cual se acepta la hipótesis:

La aplicación de un Nuevo Diseño de Brocas para Optimizar los Parámetros de Perforación del Tajo Toromocho de la Minera Chinalco S.A.

- ✓ **H0:** Determinar la aplicación del Nuevo diseño de brocas en la perforación del tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.
- ✓ **H1:** Lograr la optimización de los parámetros de perforación del tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.

4.4. Discusión de Resultados

La aplicación del Nuevo Diseño de Brocas para lograr la optimizar los Parámetros de Perforación del Tajo Toromocho de la Minera Chinalco S.A., se obtuvieron mejoras significativas en las operaciones y producción.

Las variables que afectan los costos de perforación son: Costo del tricono Costo de la perforadora y de la operación, rendimiento de equipo, estas tres variables, incluyendo todos los factores directos con la operación y desarrollo de la mina, se deben considerar dentro de una evaluación real de los costos de perforación. El factor más importante dentro del rendimiento del

equipo, es la velocidad de penetración del tricono.

El carburo de tungsteno cementado tiene la más alta resistencia a la compresión de cualquier metal sintético comercialmente disponible. El mismo mantiene su alto nivel de resistencia, dureza y rigidez de una amplia gama de temperaturas. Debido a su resistencia a la abrasión combinada con su resistencia al impacto, no hay nada igual para ser empleado como herramientas cortantes para la perforación y trituración de roca. Las propiedades del carburo de tungsteno más importantes para la minería son resistencia a la abrasión y al impacto. En general, un incremento en una de estas propiedades decrece la otra propiedad. Ambas propiedades están determinadas por su contenido de cobalto, su granulometría y dureza sintetizada.

Mediante la aplicación de las nuevas Brocas, elaboradas con carburo de tungsteno se optimizan los parámetros de perforación y los resultados del rendimiento se muestran de acuerdo a las siguientes tablas:

Tabla 1:
Mejoras Obtenidas en un mismo Tipo de Roca, con el Cambio de Brocas

Rendimiento 2020					
Tipo de Roca	Duro				
Mes	Cantidad Triconos	Total Metros	Total Horas	Rendimiento Promedio (mts)	Velocidad(m/hr)
Enero_2020	2	4,486	108	2,243	41.5
Febrero_2020	3	6,048	134	2,016	45.1
Marzo_2020	3	6,371	137	2,124	46.5
Abril_2020	5	13,209	391	2,642	33.8
Mayo_2020	6	15,569	365	2,595	42.7
Junio_2020	7	21,154	506	3,022	41.8
Julio_2020	9	23,204	624	2,578	37.2
Agosto_2020	4	9,450	254	2,363	37.3
Setiembre_2020	5	14,595	361	2,919	40.4
Octubre_2020	6	15,965	441	2,661	36.2
Noviembre_2020	5	13,445	344	2,689	39.1
Diciembre_2020	12	33,557	759	2,796	44.2
Total general	67	177,053	4,423	2,643	40.0

Tabla 2:
Mejoras Obtenidas en un mismo Tipo de Roca, con el Cambio de Brocas

Rendimiento 2019					
Tipo de Roca	Duro				
Mes	Cantidad Triconos	Total Metros	Total Horas	Rendimiento Promedio (mts)	Velocidad(m/hr)
Enero_2019	14	36,137	683	2,581	52.9
Febrero_2019	7	20,330	510	2,904	39.9
Marzo_2019	8	20,723	580	2,590	35.7
Abril_2019	13	30,916	813	2,378	38.0
Mayo_2019	12	28,655	836	2,388	34.3
Junio_2019	16	40,007	1,037	2,500	38.6
Julio_2019	24	53,912	1,444	2,246	37.3
Agosto_2019	17	39,893	1,143	2,347	34.9
Setiembre_2019	15	38,057	966	2,537	39.4
Octubre_2019	18	46,221	1,260	2,568	36.7
Noviembre_2019	21	51,374	1,479	2,446	34.7
Diciembre_2019	17	43,247	1,122	2,544	38.5
Total general	182	449,472	11,872	2,470	37.9

Tabla 3:
Detalles del control de brocas.

Equipo	N° Serie	# Tramos	Precio \$	Costo Horario (\$/hr)	Total Nros	Total Horas	VP (m/hr)	Tipo de roca	PDC
PD - 101	7007260	1	3,250	250	3,790	103.00	37 m/Hr	MEDIO	0.86
PD - 101	7007237	1	3,250	250	6,448	129.50	50 m/Hr	SUAVE	0.50
PD - 101	7007254	1	3,250	250	5,583	124.50	45 m/Hr	MEDIO	0.58
PD - 102	7007238	1	3,250	250	4,902	79.00	62 m/Hr	MEDIO	0.66
PD - 102	7007258	1	3,250	250	4,225	84.50	50 m/Hr	MEDIO	0.77
PD - 102	7007235	1	3,250	250	3,627	86.50	42 m/Hr	MEDIO	0.90
PD - 102	7007259	1	3,250	250	3,469	80.00	43 m/Hr	DURO	0.94
PD - 103	7007336	1	3,250	250	2,487	72.00	35 m/Hr	DURO	1.31
PD - 103	6913074	1	3,250	250	3,207	92.00	35 m/Hr	DURO	1.01
PD - 103	7007262	1	3,250	250	3,324	84.00	40 m/Hr	DURO	0.98
PD - 103	7007261	1	3,250	250	3,067	66.00	46 m/Hr	DURO	1.06
PD - 401	7000558	1	3,250	250	3,870	89.00	43 m/Hr	MEDIO	0.84
PD - 401	7000563	1	3,250	250	4,037	98.00	41 m/Hr	MEDIO	0.81
PD - 401	6068069	1	3,250	250	1,602	42.00	38 m/Hr	DURO	2.03
PD - 401	7004204	1	3,250	250	2,090	57.00	37 m/Hr	DURO	1.56
PD - 401	7004200	1	3,250	250	3,880	81.50	48 m/Hr	MEDIO	0.84
PD - 402	7000568	1	3,250	250	4,534	75.30	60 m/Hr	MEDIO	0.72
PD - 402	7004201	1	3,250	250	5,051	77.00	66 m/Hr	SUAVE	0.64
PD - 402	7004199	1	3,250	250	2,623	48.00	55 m/Hr	DURO	1.24
PD - 402	7004207	1	3,250	250	2,933	60.00	49 m/Hr	DURO	1.11
PD - 402	7004198	1	3,250	250	3,000	53.00	57 m/Hr	MEDIO	1.08
PD - 101	7007328	1	3,250	250	6,015	134.00	45 m/Hr	SUAVE	0.54
PD - 101	7007323	1	3,250	250	6,120	116.00	53 m/Hr	SUAVE	0.53
PD - 102	7007242	1	3,250	250	5,353	110.00	49 m/Hr	SUAVE	0.61
PD - 102	7007340	1	3,250	250	3,777	74.00	51 m/Hr	MEDIO	0.86
PD - 102	7007329	1	3,250	250	5,174	83.00	62 m/Hr	MEDIO	0.63
PD - 102	6711275	1	3,250	250	4,650	84.00	55 m/Hr	MEDIO	0.70
PD - 102	6801615	1	3,250	250	4,189	95.00	44 m/Hr	MEDIO	0.78
PD - 103	7007255	1	3,250	250	3,512	72.00	49 m/Hr	DURO	0.93
PD - 103	7009440	1	3,250	250	4,158	70.00	59 m/Hr	MEDIO	0.78
PD - 103	6711280	1	3,250	250	3,695	64.00	58 m/Hr	MEDIO	0.88
PD - 103	7007330	1	3,250	250	3,414	86.00	40 m/Hr	DURO	0.95
PD - 401	7004203	1	3,250	250	3,755	64.50	58 m/Hr	MEDIO	0.87
PD - 401	7003885	1	3,250	250	987	29.00	34 m/Hr	DURO	3.29
PD - 401	6801931	1	3,250	250	3,245	89.50	36 m/Hr	DURO	1.00
PD - 401	7007378	1	3,250	250	3,649	98.50	37 m/Hr	DURO	0.89
PD - 401	6711277	1	3,250	250	2,927	75.00	39 m/Hr	DURO	1.11
PD - 402	7004206	1	3,250	250	5,022	99.00	51 m/Hr	MEDIO	0.65
PD - 402	7003868	1	3,250	250	3,632	67.00	54 m/Hr	MEDIO	0.89
PD - 402	7003867	1	3,250	250	3,877	80.50	48 m/Hr	MEDIO	0.84

Estaremos Utilizando las brocas selladas (SA 645 y SA 545) al mismo costo donde incrementaremos la velocidad de perforación y rendimiento bajando el TDC (Total Drilling Cost = costo total de perforación) en diferentes tipos de Rocas.

Teniendo en consideración las especificaciones del Tricono

Ilustración 7:
Especificaciones de los Triconos SA 645 y SA 545G.



CONCLUSIONES

- Se concluye que el yacimiento Toromocho se encuentra en la parte central de cobre de la zona polimetálica de Cu / Pb-Zn / Pb-Ag del distrito de Morococha. Este yacimiento forma un centro de rocas de tipo skarn y brechas asociadas con 7 millones de años de mineralización, alteración e intrusiones porfíricas y de granodiorita, conformando un gran yacimiento obtenido por Minera Chinalco.
- Se comprobó que el Tajo Toromocho de Minera Chinalco Perú se utiliza las brocas tónicas de tipo SP45 de características, con la que se tiene una baja velocidad de perforación y un desgaste prematuro de estas brocas lo que significa un bajo rendimiento.
- Se comprobó que se efectuó la adquisición de una nueva broca tipo SG45, con la cual aumento la velocidad de perforación y se tuvo un mayor rendimiento de las brocas, por lo tanto, se tuvieron mejoras en el rendimiento, pero no se alcanzó optimizar los parámetros de perforación de acuerdo a lo requerido.
- Se determinó que el costo del Tricono, costo de la perforadora más la operación, y el rendimiento de equipo; Estas tres variables, incluyendo todos los factores directos con la operación y desarrollo de la mina, generan los costos más determinantes, pero el factor más importante dentro del rendimiento del equipo, es la velocidad de penetración del Tricono.
- Se determino que se requiere un Nuevo Diseño de Brocas para Optimizar los Parámetros de Perforación para establecer los estándares del Tajo Toromocho.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la adquisición de los triconos de insertos de carburo de tungsteno, ya que tienen insertos cilíndricos con extremos preformados como dientes cortantes que son introducidos en los taladros perforados en la superficie exterior de los conos, dándole una adecuada versatilidad para la perforación.
- Se recomienda los triconos de insertos de carburo de tungsteno por su gran resistencia a la abrasión, por lo que rinden más (larga vida), que la estructura de corte de los Triconos de dientes de acero.
- Se recomienda los triconos de insertos de carburo de tungsteno, por su larga vida y la velocidad de penetración para lograr establecer los parámetros de perforación requerida, para cumplir con los estándares de perforación y reducción de costos durante el proceso.
- Se recomienda utilizar las brocas selladas SA 645 y SA 545, con las cuales incrementaremos la velocidad de perforación y rendimiento bajando el TDC en diferentes tipos de Rocas.

TDC: Total Drilling Cost = costo total de perforación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berto, A. (2019). *Análisis del Uso de brocas diamantadas para Optimizar la velocidad de perforación en Voladuras Primarias* – Compañía Minera Antamina S.A. Huaraz. Cuzco - Perú.
- Enaex, (2014). *Manual de Perforación superficial*. Chile: edición enaex
- Escriba, E. (2018). *Utilización de brocas en botones en las perforaciones para optimizar sus rendimientos técnicos y económicos en minería a tajo abierto*. Arequipa – Perú: Ediciones une
- Exsa, (2012). *Manual Práctico de Voladura*. Lima – Perú: 4ta edición.
- López, J, (2003). *Manual de Perforación y Voladura*. España: Ediciones Madrid
- Macedo, R. (2020). *Empleo de brocas SAN-G APU Para Mejorar la velocidad de perforación en la Fase 8 de la Mina Antamina*. Huaraz - Perú: Año 2018. Minera Chinalco. (2018). *La de Perforación y Voladura*. Junín – Perú: Chinalco
- Minera Chinalco. (2018). *Superintendencia de Operaciones*. Junín – Perú.
- Minera Chinalco. (2019). *Departamento de Control y Producción*. Junín – Perú.
- Sandvik, (2018). *Catálogo de brocas y Sistemas de barras*. Lima – Perú.
- Zavala, K. (2017). *Empleo de brocas con pastillas para Minimizar Costos de perforación en la Compañía Minera Antamina*. Huaraz - Perú.

ANEXOS

Instrumentos de recolección de datos

Perforación Rotativa Con Triconos.



Perforación Rotativa con triconos



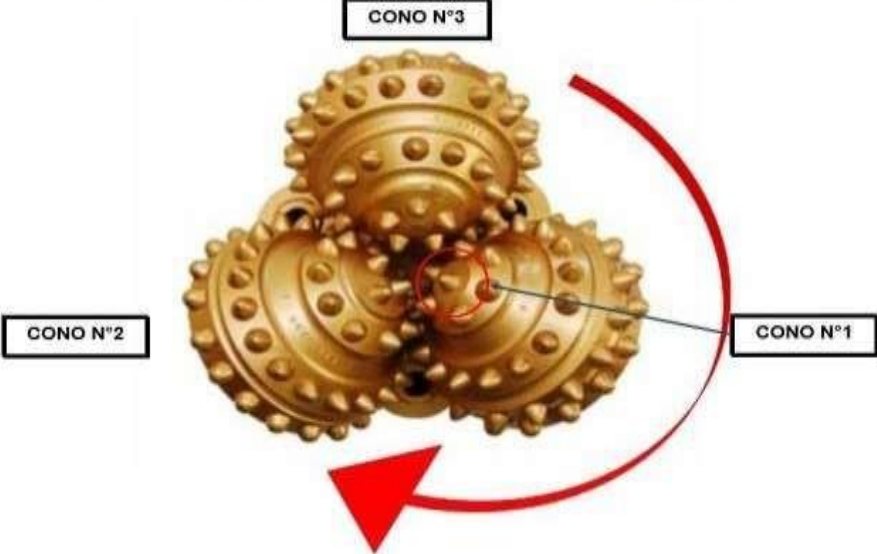
Introducción

La sarta de perforación utilizada en la perforación rotativa comprende muchos elementos, pero el componente más importante es la broca.

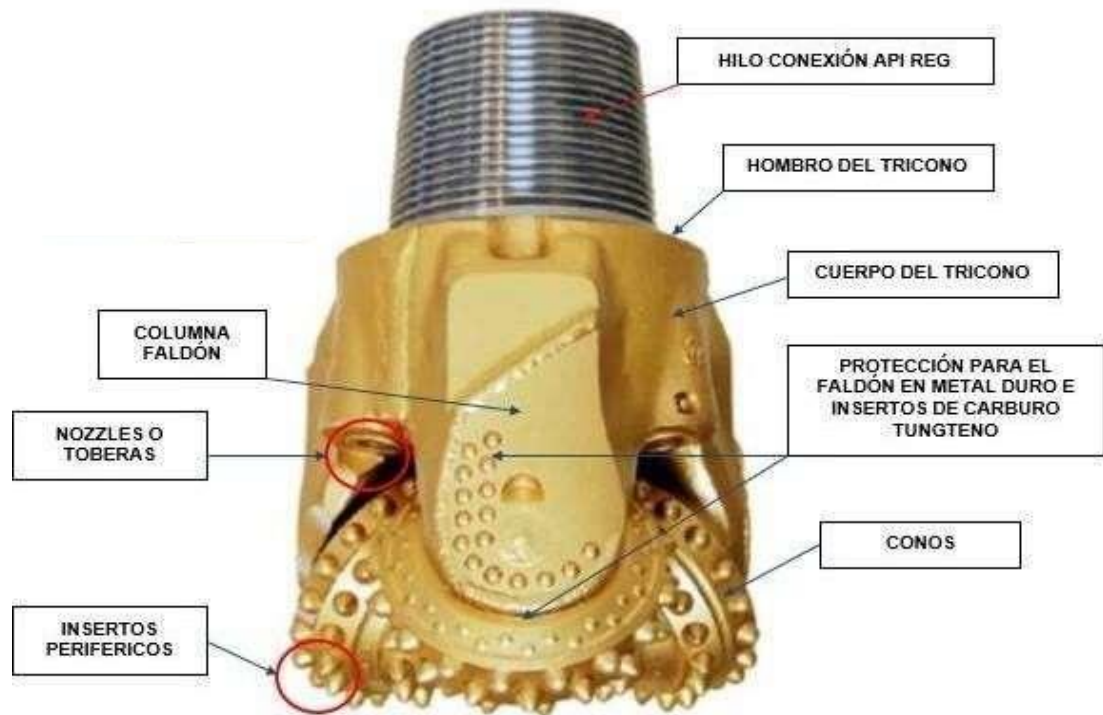
La broca desintegra la formación debajo de sus dientes y bordes cortantes, y permite el progreso de rotura en la dirección prevista.

Componentes

Enumeración de los conos



COMPONENTES DEL TRICONO



Clasificación

- Se clasifica según el código IADC(Internacional AsociaciónDrilling Contractors): es un sistema de designación de los triconos con el cual se especifica el tipo de broca(Dientes oinsertos), la formación rocosa y algunos criterios de diseño.

Designa 3 dígitos ABC

- **A** : Designa la formación rocosa a perforarRango.- (1 a 8):
- **B** : Designa la clasificación de dureza de la rocaDe blanda a dura.
Rango.- (1 a 4):
- **C** : Establece distintas características en relación a rodamientos y diseño espacial de los insertos de la fila exterior de los conos.
Rango.- (1 a 7): 1 a 3 abiertas y 4 a 5 rodamientos sellados y demás cofinete de fricción sellado.

of



GRADO 4



GRADO 5



GRADO 7



DO 6

Propiedades de la roca

➤ **U.C.S. : Esfuerzo a la Compresión,**

¿Cuanto empuje se necesita para romper una roca en una condición estática?

Alto U.C.S. = Roca dura.

➤ **Módulo de Young, ¿Cuán elástica es una roca?**

Alto Módulo de Young = La roca es elástica y resiste el impacto, pero puede romperse bien.

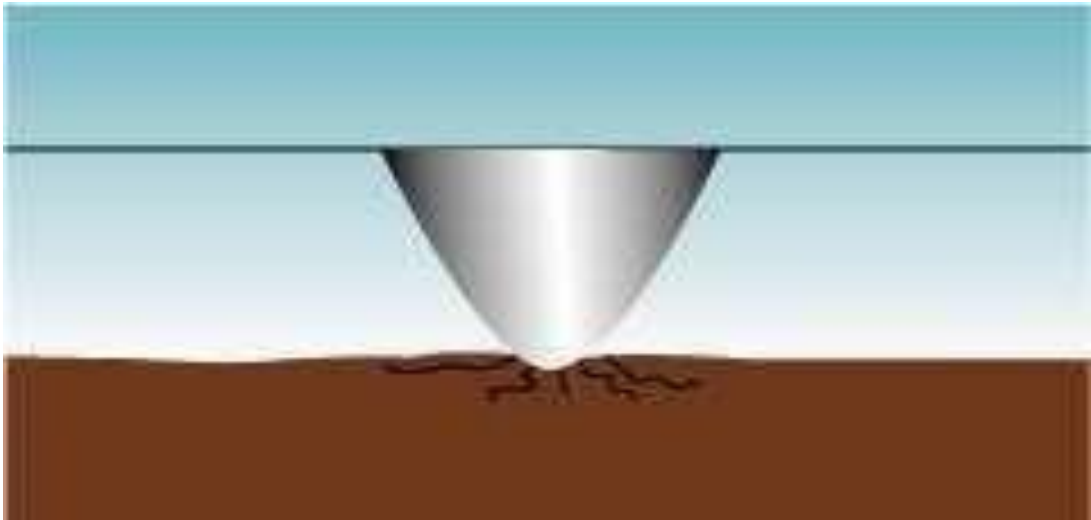
➤ **Radio de Poisson, ¿Cuánto se deforma una roca a una presión dada?**

Alto Radio de Poisson = La roca absorbe la energía dada sin romperla. No forma detritus.

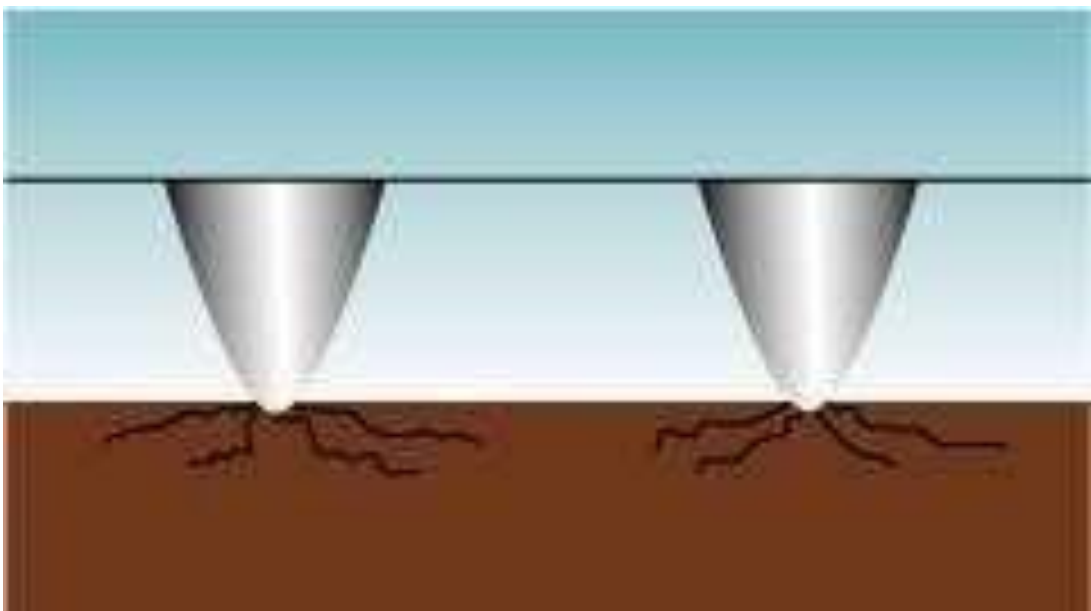
Las 3 propiedades combinadas determinan cuán dura o blanda es una roca y cómo debe perforarse.



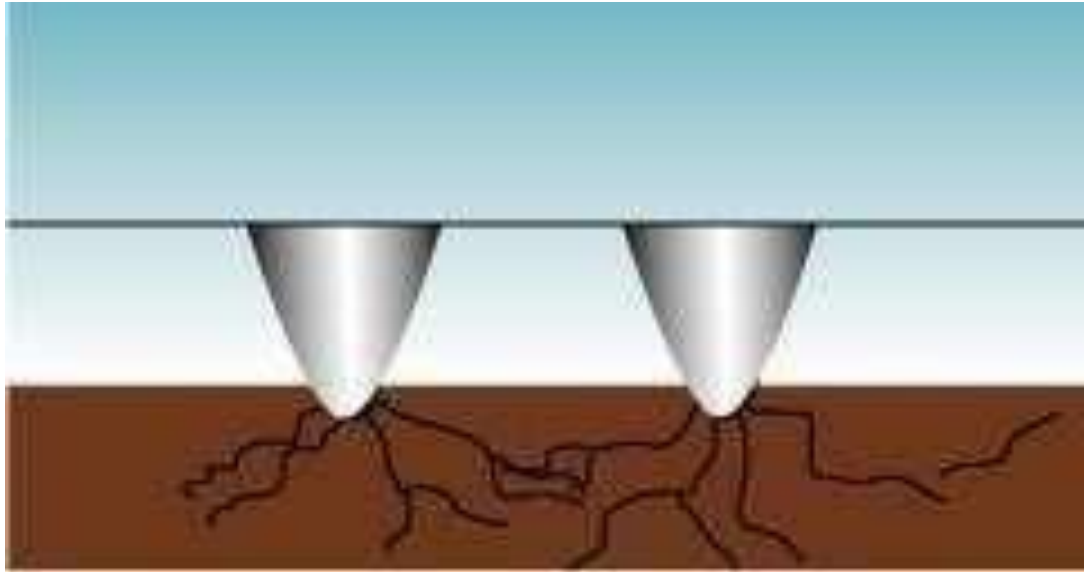
Como se rompe la Roca:



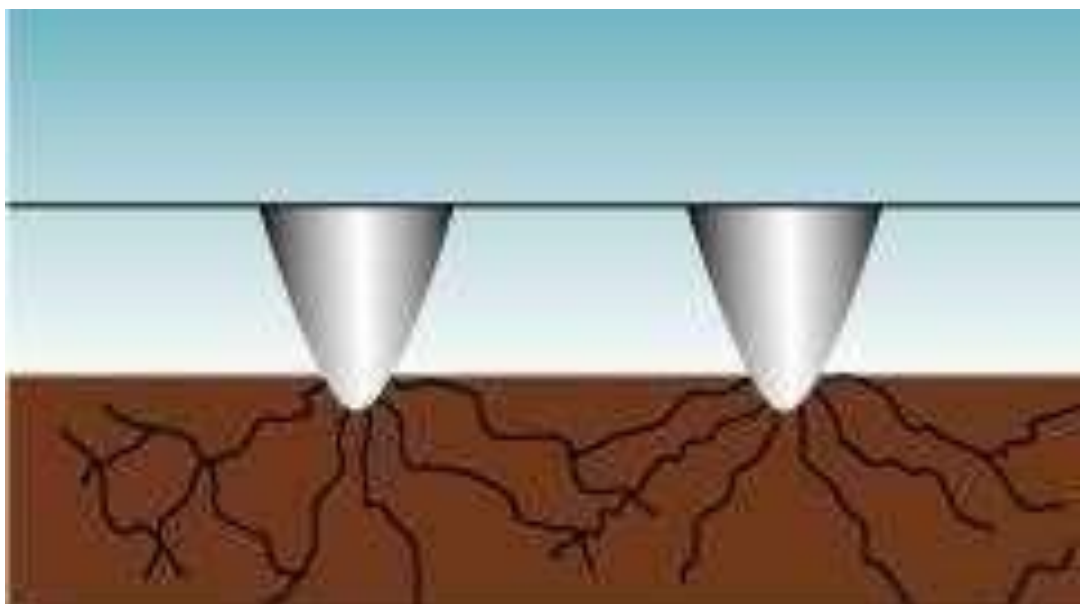
Corte de roca, abrasión: grietas muy pequeñas, desgaste longitudinal del inserto.



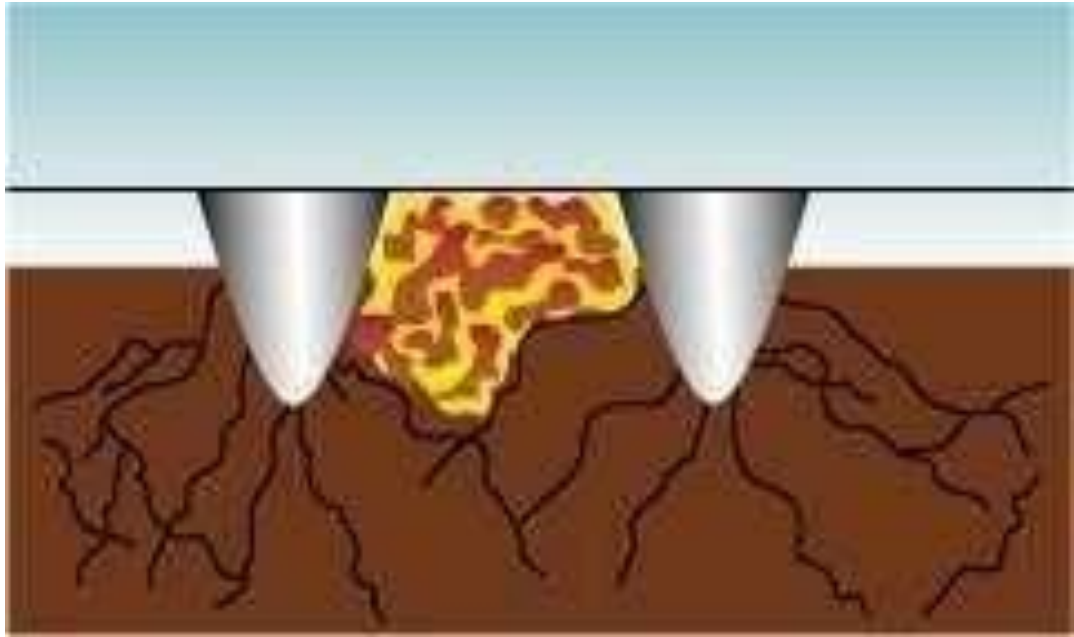
Corte de rocas, abrasión más profunda: grietas más profundas, pero no se conectan. El siguiente cono debe romper la roca entre estos dientes.



El corte de rocas, el desprendimiento comienza - Suficiente peso aplicado a la roca de la tarjeta más profundo. Las grietas se conectan. Las virutas se liberarán con una explosión de aire.



Corte de rocas, desprendimiento profundo: grietas que se conectan a niveles más profundos. Las grietas se conectan entre los dientes y entre las filas.



Corte de roca, sobre penetración: cortes atrapados entre la cáscara del cono y roca. No puede ser expulsado por el aire de las boquillas.

Parámetros

- Pull Down
- R.P.M.
- Presión de aire Torque
- Velocidad de barrido
- Velocidad de Salida de Detritus
- Inyección de Agua al Taladro.

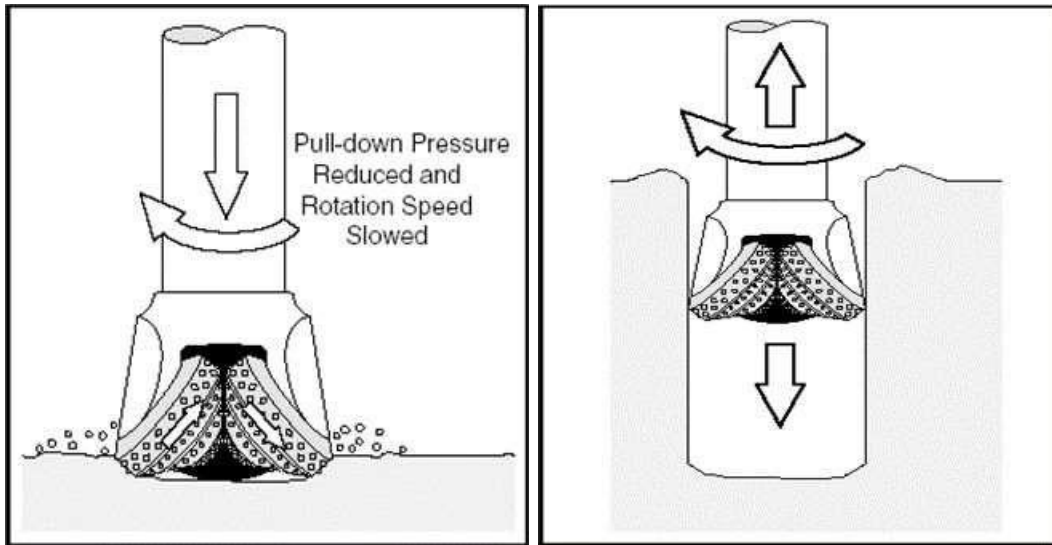


Parámetros de Perforación

Emboquillando un Pozo Nuevo

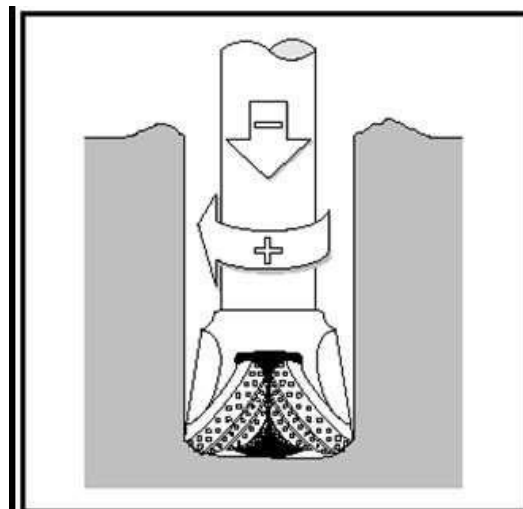
Para un emboquillado seguro y eficiente de un pozo nuevo el tricono debe alimentarse con una baja presión de pull-down junto con una baja velocidad de rotación.

Rotación activada es fundamental que la rotación esté activada antes de comenzar la perforación del pozo cuando se retira el tricono del mismo.

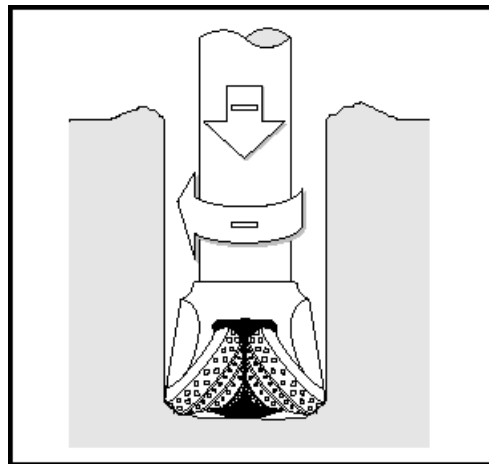


Métodos de Operación:

EN FORMACIONES BLANDAS
AUMENTAR LA ROTACIÓN Y
DISMINUIR LA PRESIÓN DE
PULLDOWN.

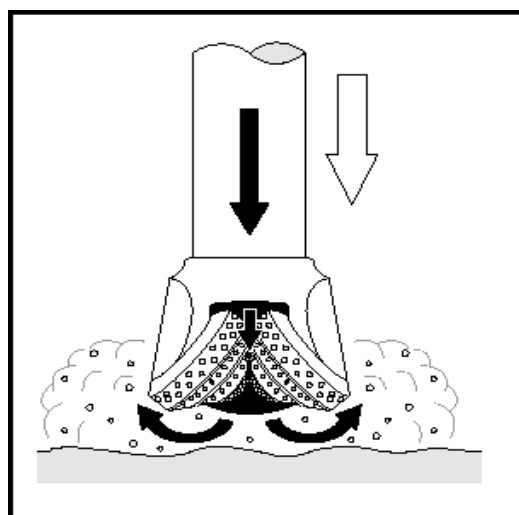


EN TERRENOS FISURADOS
REDUCIR LA ROTACIÓN Y LA
PRESIÓN DE PULLDOWN.

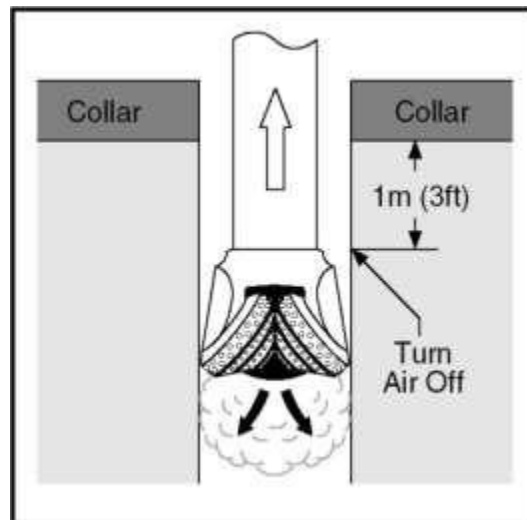


Aire de Barrido

ANTES DE QUE EL TRICONO COMIENZE A PERFORAR ES CRÍTICO QUE SE CONECTE EL AIRE DE BARRIDO PARA ASEGURAR QUE TODAS LAS TOBERAS ESTÁN LIBRES Y PROVEER AIRE PARA EL ENFRIAMIENTO DE LOS COJINETES (COJINETES DE AIRE SOLAMENTE).



AL RETIRAR EL TRICONO, EL AIRE DE BARRIDO DEBE CORTARSE A UN METRO (TRESPIES) POR DEBAJO DEL COLLAR.



INSPECCIONES

LUEGO DE PERFORAR SE DEBE INSPECCIONAR EL TRICONO POR DESGASTE Y FALLAS A FIN DE PODER DETERMINAR SI PUEDE SER REUTILIZADO.



Anexos

Perforación de Rocas en Minería Superficial Minera Chinalco Perú S.A.

Perforación de rocas en minería superficial

04 de Julio 2019



Índice

- Generalidades en la perforación.
- Características de la maquinaria de perforación usado en la minera chinalco.
- Elementos de perforación(Barras, Bit Sub, Niple; entre otros).
- Código IADC Y Brocas triconicas.
- Costos en perforación.



Presentación

La perforación en roca ha ido evolucionando con el tiempo con la incorporación y empleo de diferentes tecnologías, aunque muchas han ido cayendo en desuso, bien por la eficiencia conseguida, o bien por otros condicionantes externos (económicos, medioambientales, etc.). Las más empleadas y desarrolladas se basan en sistemas de perforación mecánicos, conocidos como sistemas de perforación “*a rotación*” y “*a percusión*”.

Percusión **Rotación**



La rotura o fragmentación de la roca se produce básicamente por impacto de un útil de filo más o menos aguzado sobre la misma.



La rotura o fragmentación de la roca se da por compresión y corte.



I.- Generalidades de la perforación

La perforación de rocas en minería es una de las operaciones unitarias que consiste en realizar un hoyo o hueco al cual se le denomina “Taladro” cuyas características(Diámetro, Longitud, Geometría, entre otros) ya han sido diseñados según el propósito.

Que en este caso en particular es tener todas las características técnicas para alojar el explosivo.



I.- Generalidades de la perforación



Para el iniciar la perforación de una malla se debe tener en consideración el ancho operativo de la superficie en la cual se perforará, conformación de un muro de seguridad que debe de cumplir todo los estándares de seguridad (Una solo acceso, señalización entre otros) y contar con una línea de energía si así fuera el caso (Perforadora eléctrica).



SH/REATE

DRILLCO

II.- Características de la maquinaria de perforación-MCP

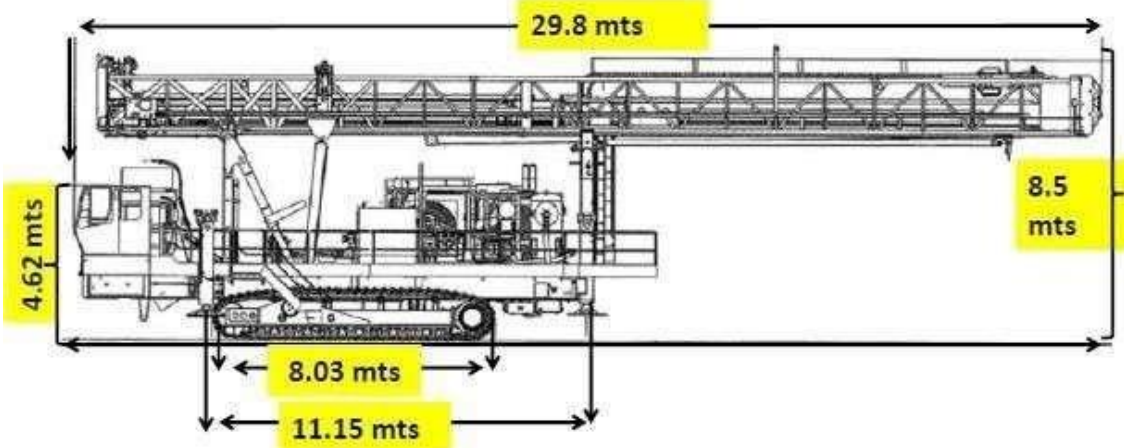


La perforadora PV 351E de atlas copco es una perforadora instalado en una oruga de excavadora cat 385 o atlas copco 360.

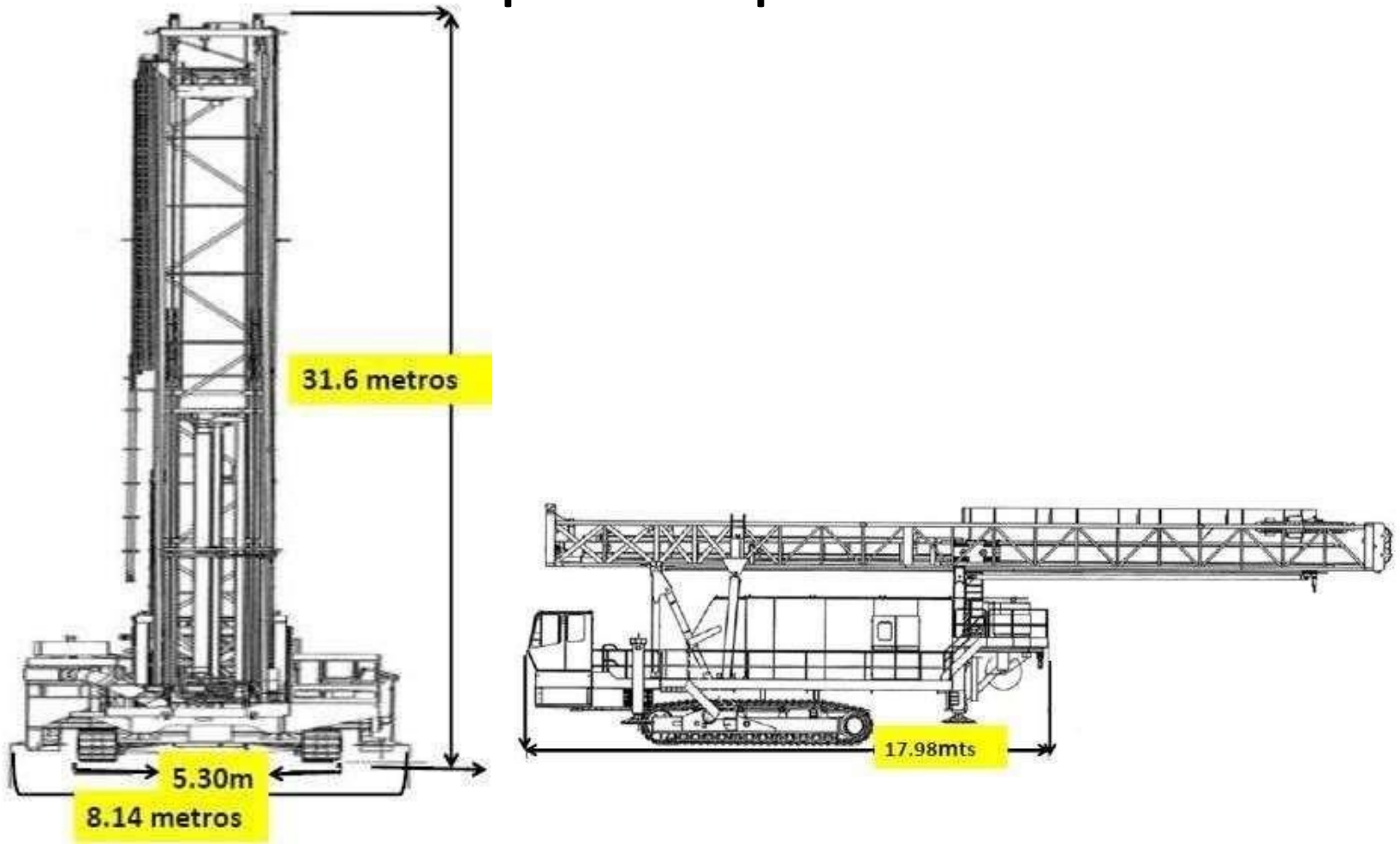
- **Pit Viper 351:** 3 unidades
- **Fuente de energía:** Eléctrica.
- **Tipo de perforadora:** Rotativa.
- **Diámetro de taladro:** 10 5/8” a 16”.
- **En una sola pasada:** puede perforar 19.8 m
- **Profundidad máxima a perforar:** 41.15 m
- **Peso total de la máquina:** 185,824 Kg.
- **Fuerza de empuje sobre la broca:** 125000 lb.



II.- Características de la maquinaria de perforación-MCP



II.- Características de la maquinaria de perforación-MCP



III.- Elementos de perforación

Son componentes metálicos armados secuencialmente que conforman el ensamblaje de fondo y la tubería de perforación, cuya finalidad es transmitir las fuerzas de empuje y rotación al tricono, además determinar la profundidad el pozo.

Hilos:

BECO: Bucyrus Erie Company.

Presentan hilo grueso Aprox- 2 hilos por pulgada.

API : American Petroleum Institute. Presentan hilo fino Aprox- 4 hilos por pulgada.



III.- Elementos de perforación



Shock Absorber: absorber parte de la energía liberada por el triconode perforación que no ha sido utilizada en romper la roca

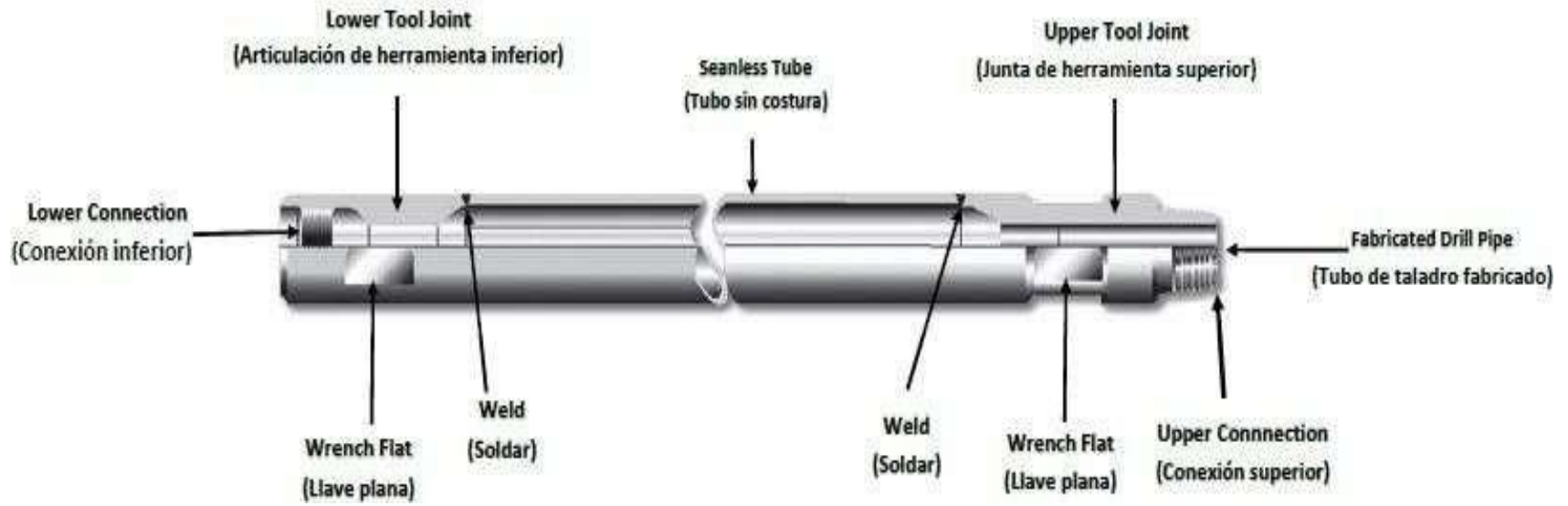
Top Sub: Permiten acoplar elementos con diferentes uniones roscadas y proteger los hilos del amortiguador.

Drill Pipe: Elementos de extensión y de unión que transfieren la energía de rotación y empuje desde el cabezal de rotación a la herramienta de corte o tricono.

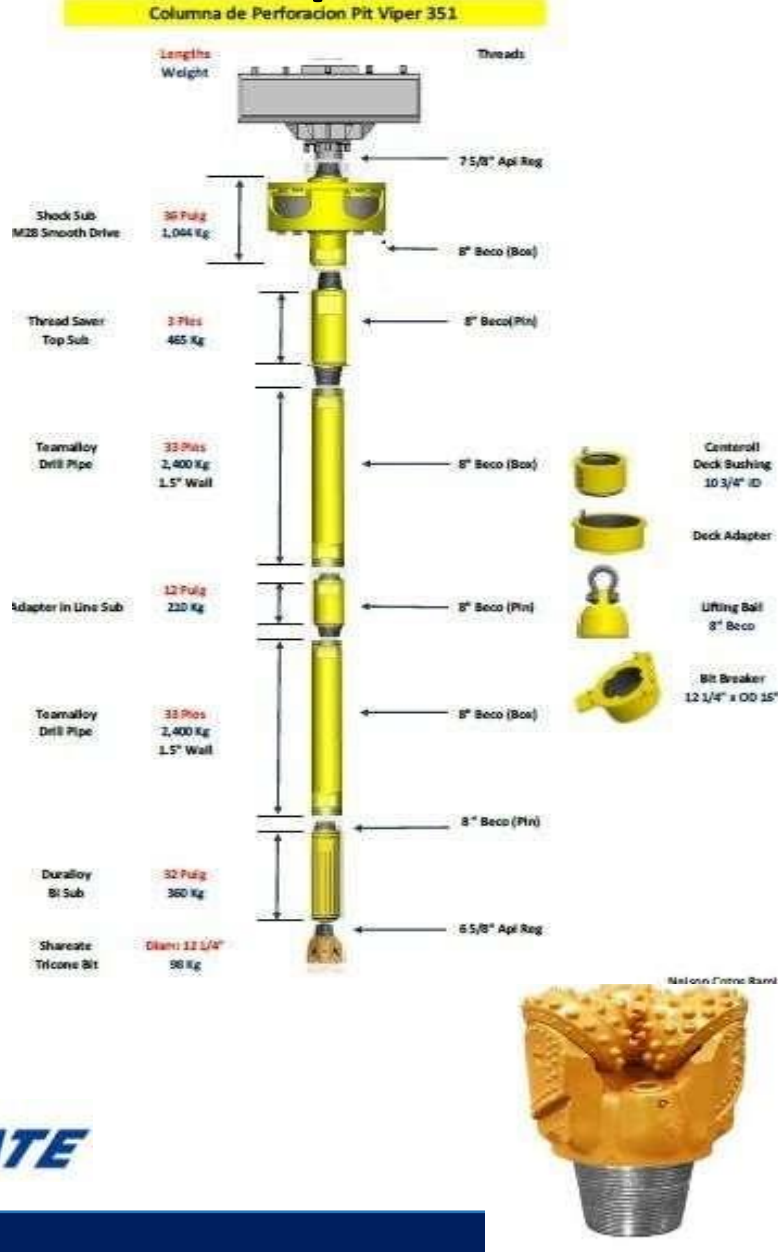
Bit Sub: Unir la barra de perforación y el tricono.



Drill Pipe (Tubería de perforación)



III.- Elementos de perforación



IV.- Código IADC Y Brocas triconicas.



A.- Código IADC

El código IADC(International Association of Drilling Contractors), es un sistema de designación de los triconos con el que se especifica el tipo de boca(de dientes o insertos), La formación rocosa para la que está previsto y algunos criterios de diseño del mismo.



IV.- Código IADC Y Brocas triconicas.

A.- Código IADC



El código IADC(International Association of Drilling Contractors), se simplifica en tres dígitos.

ABC Donde;

A : Varía de 1 a 8.

B : Varía de 1 a 4.

C : Varía de 1 a 7.



A.- Código IADC

— Primer dígito (1 a 8)

- Triconos de dientes:
- 1-X-X. Formaciones blandas con baja resistencia a la compresión y alta perforabilidad.
 - 2-X-X. Formaciones de tipo medio y semiduras, con alta resistencia a la compresión.
 - 3-X-X. Formaciones semiduras abrasivas.
 - 4-X-X. (Reservado para usos futuros.)
- Triconos de insertos:
- 5-X-X. Formaciones blandas a medias con baja resistencia a la compresión.
 - 6-X-X. Formaciones semiduras con alta resistencia a la compresión.
 - 7-X-X. Formaciones semiduras y abrasivas.
 - 8-X-X. Formaciones muy duras y abrasivas.



IV.- Código IADC Y Brocas triconicas.

A.- Código IADC



— Segundo dígito (1 a 4)

- X-1-X. Designa la clasificación de dureza de la roca de blanda a dura
- X-2-X en cada clase de la serie.
- X-3-X
- X-4-X

* Nos muestra el tamaño de inserto en los conos



IV.- Código IADC y Brocas Tricónicas.

A.- Código IADC

— Tercer dígito (1 a 7)

Establece distintas características en relación a rodamientos y diseño espacial de los insertos de la fila exterior de los conos.

- X-X-1 Tricono estándar de rodamientos cilíndricos abiertos.
- X-X-2. Tricono estándar de rodamientos cilíndricos abiertos y barrido exclusivamente con aire.
- X-X-3. Tricono estándar de rodamientos cilíndricos abiertos, con insertos especiales de carburo de tungsteno en el tacón exterior de los conos.
- X-X-4. Tricono de rodamientos cilíndricos sellados.
- X-X-5. Tricono de rodamientos cilíndricos sellados con insertos especiales de carburo de tungsteno en el tacón exterior de los conos.
- X-X-6. Tricono de cojinetes de fricción sellados.
- X-X-7. Triconos de cojinetes de fricción sellados con insertos especiales de carburo de tungsteno en el tacón exterior de los conos.



B.- Brocas Triconicas

Información Técnica Brocas Triconicas

TRICONO 12 1/4" SA 542 6" 6 5/8" Api reg.

Estructura de Corte

- Insertos cónicos en el gage y balísticos en filas interiores.
- Diseñados para formaciones suaves, medias, duras y abrasivas con alta resistencia a la compresión simple tales como: pizarras, calizas blandas, dolomitas, areniscas, esquistos, limonitas.
- Resistencia a la compresión 15000 – 23000 psi (100 – 160 Mpa)

Especificaciones del tricono

- Código IADC : 542
- Hilo 6 5/8" Api Reg.
- Peso 98 KG.
- Tipo de Rodamiento : Rodillo - Bola – Rodillo de Botón empuje.
- Cojinetes abiertos refrigerados por Aire.
- Protección del bisel de cono exterior , Insertos semiredondos.



B.- Brocas Triconicas



SH/REATE

DRILLCO 

B.- Brocas Triconicas

Información Técnica Brocas Triconicas

- TRICONO 12 1/4" SA 542 6 5/8" Api reg.

Protección del Faldón

- Recubrimiento endurecido sobre el faldón.
- Insertos resistentes al desgaste sobre el labio del talón y faldón

Parámetros Operacionales

- Peso sobre el tricono 24500 – 61250 lbs.
- Velocidad de Rotación 80 -110 RPM
- Presión de Barrido. 0.2 – 0.4 Mpa.



B.- Brocas Triconicas

TRICONO 12 1/4" SA 642 6" 6 5/8" Api reg.

Estructura de Corte

- Insertos cónicos en el gage y balísticos en filas interiores.
- Diseñados para formaciones medias, duras y abrasivas con alta resistencia a la compresión simple tales como: Dolomitas , pizarras, basaltos , etc.
- Resistencia a la compresión 29000 – 38000 psi (200 – 260 Mpa)

Especificaciones del tricono

- Código IADC : 642
- Hilo 6 5/8" Api Reg.
- Peso 98 KG
- Tipo de Rodamiento : Rodillo - Bola – Rodillo de Botón empuje.
- Cojinetes abiertos refrigerados por Aire.



B.- Brocas Triconicas

TRICONO 12 1/4" SA 642 6 5/8" Api reg.

Protección del Faldón

- Recubrimiento endurecido sobre el faldón.
- Insertos resistentes al desgaste sobre el labio del talón y faldón

Parámetros Operacionales

- Peso sobre el tricono 36750 – 73500 lbs.
- Velocidad de Rotación 60 -100 RPM
- Presión de Barrido. 0.2 – 0.4 Mpa.

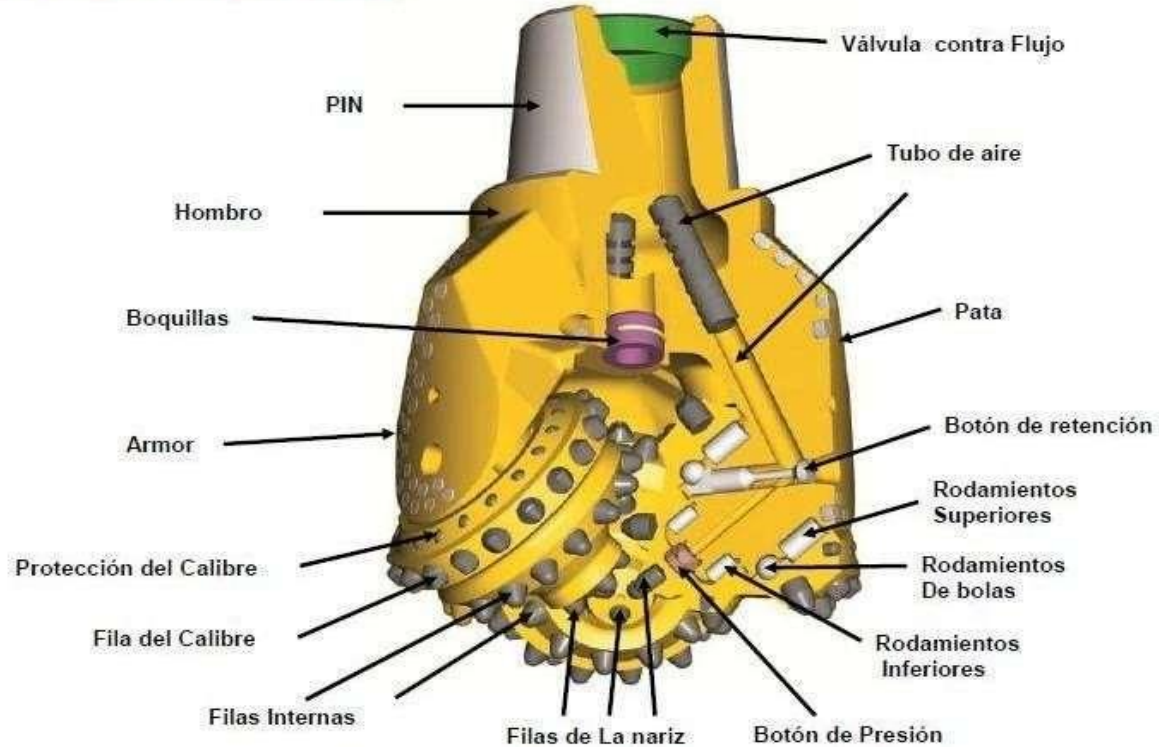


B.- Brocas Triconicas



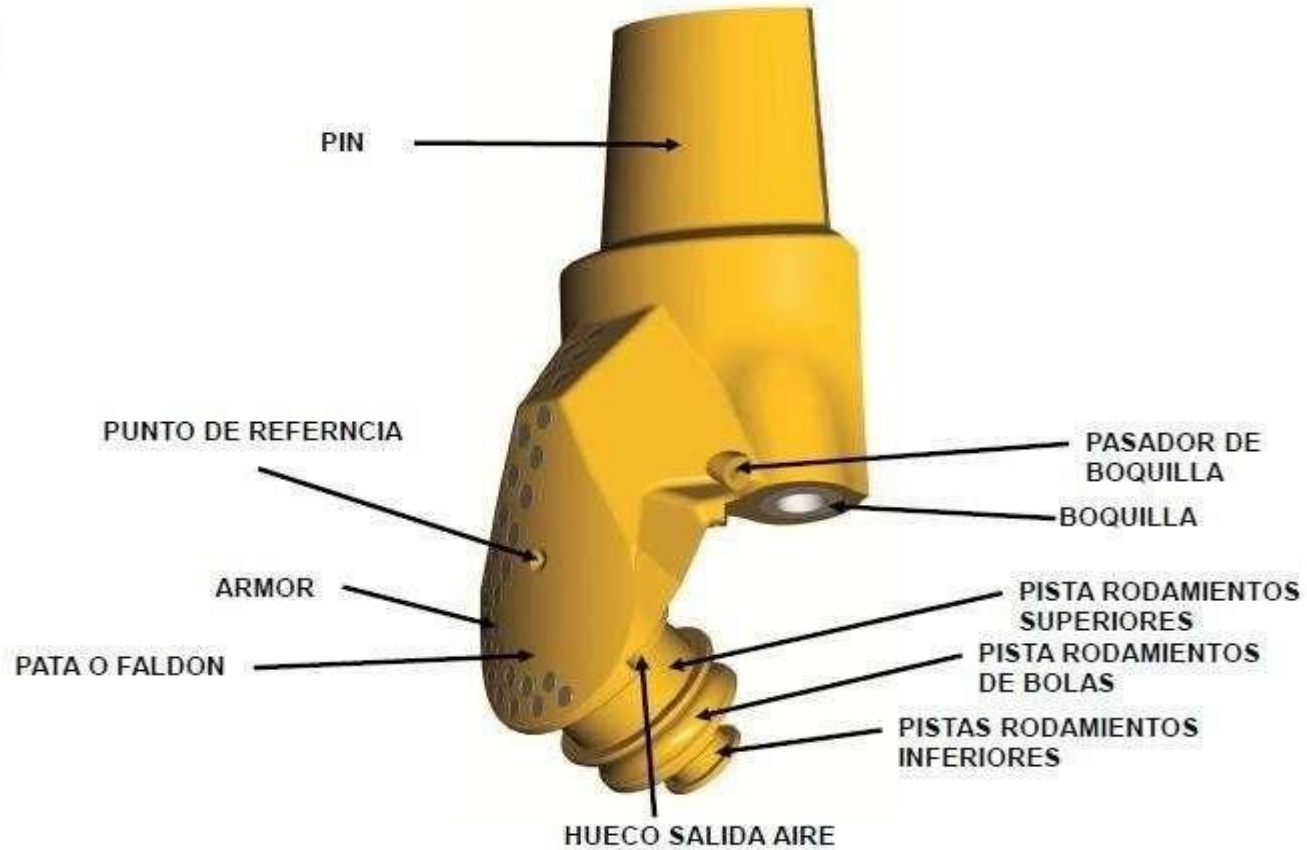
B.- Brocas Triconicas

Elementos de la Broca



B.- Brocas Triconicas

Pata



B.- Brocas Tricónicas - Armado



IV.- Código IADC Y Brocas triconicas.

B.- Brocas Tricónicas Dull Bit

VISTA DE PLANTA



BROCA S60 S/N: 25103373 (1941.2 mts, R.suave)

**EN LA VISTA SE OBSERVA LOS CORTADORES EN
LOS TRES CONOS EN MUY BUENAS CONDICIONES
SALVO LA EROSION DEL CUERPO DEL CONO POR
EXESO DE PULLDOWN OPERATIVO 40%**



DRILLCO 

IV.- Código IADC Y Brocas triconicas.

CONO1: DESGASTE UNIFORME DE LOS CORTADORES DEL DIAMETRO EXTERIOR Y LOS PROTECTORES DEL FALDON OPERATIVO 30%

CONO2: DESGASTE SEVERO EN EL LABIO INFERIOR DEL FALDON EFECTO POR LA ROTACION EN ROCA DURA Y ABRASIVA NO OPERATIVO

CONO3: DESGASTE UNIFORME CON ROTURA DE INSERTOS, COJINETE BUENA OPERATIVO 30%



DRILLCO 

V.- Costo en perforación.

El costo en perforación es clave para mejorar los rendimientos y utilización. Se tiene dos tipos de costo con la cual se trabaja en la perforación.

A.- PDC: Parcial drilling cost

$$\text{PDC} = \frac{\text{Precio de compra}}{\text{Distancia perforada (en pies o metros)}}$$

B.- TDC : Total drilling cost

$$\text{TDC} = \frac{\text{Costo broca} + [(\text{Costo por hora de equipo})(\text{horas})]}{\text{Pies (metros) perforados}}$$

ó (3-2)

$$\frac{\text{Costo de la broca}}{\text{Pies (metros) perforados}} + \frac{\text{Costo por hora de equipo}}{\text{Velocidad de penetración (ROP)}}$$



COSTO TOTAL DE PERFORACIÓN

FORMULA

$$TDC = \frac{B}{M} + \frac{D}{ROP}$$

Donde:

B = Costo de la broca [US\$]

M = Total metros perforados [metros]

D = Costo horario de la perforadora [US\$/Hr]

ROP = Velocidad de Perforación [mt/Hr]



V.- Costo en perforación.

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR ... COSTO HORARIO PERFORADORA

- Incluye todo lo relacionado con la perforación :
 - ✓ Labor, combustible, accesorios.
 - ✓ Labor de mantenimiento, partes.
 - ✓ Supervisión administración.
 - ✓ Costo del equipo del propietario.

- El costo de Perforación puede llegar a ser de US\$300/hora operativa.



OPORTUNIDADES PARA MEJORAR ... ROP VELOCIDAD PENETRACIÓN

- Incrementando la velocidad de penetración lograremos reducir el TDC
 - ✓ Cumplir los parámetros de perforación
 - ✓ Cumplir los recomendaciones para mejorar la vida de las brocas
 - ✓ Informando adecuadamente las demoras de operación
 - ✓ Ingreso de datos en el reporte diario de perforación



www.drillco.com



FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
COTOS RAMIREZ Neison Jerry	Ing. de Minas	Supervisor de Proyectos en DRILLCO TOOLS PERÚ SAC.	Aplicación de un nuevo diseño de brocas para optimizar los parámetros de perforación del Tajo Toromocho - Minera Chinalco S.A.	Bach. Ángel Gabriel CASAFRANCA SULLCA
Título de la tesis: Aplicación de un nuevo diseño de brocas para optimizar los parámetros de perforación del Tajo Toromocho – Minera Chinalco S.A.				

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS					
		Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVIDAD	Está Expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X


7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.						X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.						X

9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.						X
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado						X

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

Instrumento adecuado para ser aplicado en la investigación por los puntajes alcanzados al ser evaluado en estricta relación con las variables y sus respectivas dimensiones.

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 87%

Cerro de Pasco, diciembre del 2022	71501005		989634275
Lugar y Fecha	Nº DNI	COTOS RAMIREZ Nelson Jenry Firma del experto	Nº Celular

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“APLICACIÓN DE UN NUEVO DISEÑO DE BROCAS PARA OPTIMIZAR LA PERFORACION DEL TAJO TOROMOCHO MINERA CHINALCO S.A.”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
<p>General</p> <p>¿Es posible optimizar los parámetros de perforación del Tajo Toromocho de la Minera Chinalco S.A. con la aplicación del nuevo diseño de broca?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>a) ¿La aplicación del nuevo diseño de broca SG45 permite optimizar la velocidad de perforación del Tajo Toromocho de la Minera Chinalco S.A.?</p> <p>b) ¿La aplicación de la nueva broca SG45 permite optimizar el rendimiento de las brocas del Tajo Toromocho de la Minera Chinalco S.A.?</p>	<p>General</p> <p>Optimizar los parámetros de perforación con la aplicación del nuevo diseño de brocas del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a) Optimizar la velocidad de perforación con la aplicación del nuevo diseño de brocas del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.</p> <p>b) Optimizar el rendimiento de las brocas con la aplicación del nuevo diseño de brocas del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La aplicación de un nuevo diseño de brocas permite optimizar los parámetros de perforación del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>a) La velocidad de perforación se incrementa con la aplicación del nuevo diseño de brocas del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.</p> <p>b) El rendimiento de brocas se optimiza con la aplicación del nuevo diseño de brocas en la perforación del Tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>X: Aplicación del Nuevo diseño de brocas en la perforación del tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Y: Optimización de los parámetros de perforación del tajo Toromocho de la minera Chinalco S.A.</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>de acuerdo a los objetivos es de carácter experimental-aplicativo, la investigación se ubica en un nivel de profundización descriptivo, correlacional y explicativo.</p> <p>Método de Investigación</p> <p>es lógico donde se desarrolla el análisis, la deducción y la síntesis, de la misma manera se obtiene resultados mediante la observación</p>	<p>Población</p> <p>Brocas utilizadas en las fases de perforación del Tajo Toromocho de la Minera Chinalco S.A.</p> <p>Muestra</p> <p>Brocas utilizadas en las Perforaciones de la Fase 1 del Tajo Toromocho Minera Chinalco S.A.</p>