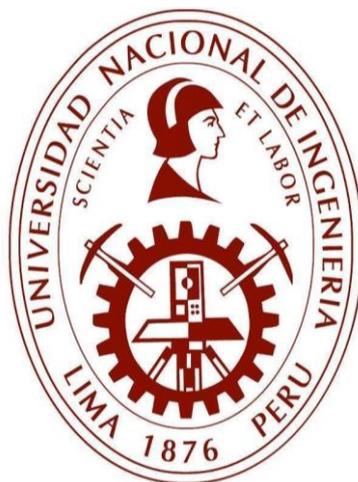


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

“ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LA PRESIÓN DE PERFORACIÓN Y LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN EMPÍRICA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN ÓPTIMA EN LA CONSTRUCCIÓN MECANIZADA DE CHIMENEAS DE SERVICIO EN MINAS SUBTERRÁNEAS POLIMETÁLICAS”

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

ELABORADO POR

GERALD NICOLA MACASSI GARCÍA

**ASESOR
MBA ING. VÍCTOR MANUEL HERNÁNDEZ DÍAZ**

LIMA-PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Arturo Macassi e Irma García, ya que ellos han sido los gestores para que pueda seguir adelante con mi crecimiento profesional. Ellos me dieron el siguiente consejo, “A veces en la vida es mejor retroceder dos pasos para avanzar uno”, el cual me ha servido para poder crecer y ser un gran profesional.

A su vez quiero agradecer a mi novia Mayra Román, que ha sido un gran apoyo emocional para mi durante este proceso lo cual agradezco infinitamente.

RESUMEN

El sector minería ha sido afectado por el brote del virus conocido como SARS-COV-2, reduciendo la producción de diversos metales respecto al año 2019, y comprometiendo el rendimiento del plan de minado por el déficit del recurso humano; por ende, se han visto significativamente amenazadas las inversiones de diversas empresas del sector privado.

Con ello, las empresas mineras se encuentran obligadas a impulsar proyectos y preparaciones con la finalidad de incrementar la producción y agilizar el ciclo de minado. Una de las alternativas para llevar a cabo de manera regular el ciclo del minado es agilizar la preparación de infraestructura como las chimeneas de servicio (agua, aire, ventilación y energía) que son de vital importancia; por lo cual, la metodología más rápida, rentable y segura es la ejecución de perforación Raise Boring (RBR).

La investigación mediante el método Raise Boring se llevó a cabo en la Unidad de Producción Uchucchacua perteneciente a Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., ubicada en la sierra norte de Lima en la provincia de Oyón se encuentra a una altura aproximada de 4450 m.s.n.m., de la cual se analizaron los datos correspondientes a la falla denominada Socorro.

El proyecto desarrollado tiene como objetivo analizar la correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica, permitiendo determinar la velocidad de perforación óptima adecuada en el método de perforación Raise Boring. La correlación de los dos parámetros permitió comparar las gráficas de velocidad de perforación de los diferentes proyectos, definiendo velocidades relativas hasta obtener una que se adecue las condiciones in situ, y como resultante agilizar el

proceso de perforación, optimizar los tiempos de construcción de infraestructura y cumplir con el ciclo de minado planificado.

En este proyecto de investigación, los parámetros de perforación como rotación (RPM), el flujo de agua (m³/h), viscosidad del agua (s), amperaje (A) y voltaje (V) se trataron de mantener constantes en la longitud de la perforación; para así, analizar netamente los parámetros de presión de perforación (Mpa) y velocidad de perforación empírica (m/h) que son la base del siguiente estudio.

Dentro del análisis realizado, se obtuvo que el coeficiente de correlación entre presión de perforación y la velocidad de perforación empírica, es positivo; es decir que, si incrementa la presión de perforación, incrementará la velocidad de perforación.

A su vez, dentro del análisis de correlación entre estas dos variables, la función lineal cuenta con un coeficiente de correlación lineal bajo, por lo que mediante el análisis con el software Microsoft Excel se define que la función polinómica de grado 3, dentro del rango de las presiones de estudio, es la que mejor se ajusta a la realidad y su coeficiente de correlación es más elevado.

Cabe resaltar que, la clasificación del macizo rocoso es una variable importante que debe ser bien definida; puesto que, durante el proyecto de perforación si esta varía, los parámetros estudiados no se pueden analizar correctamente y generan datos sesgados.

En el presente estudio se definió que el tipo de roca para los proyectos es de tipo III, estos comprenden un Rock Mass Rating (RMR) que varía entre los 41 a 60, rango adecuado para que los valores obtenidos por el análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación no sean erróneos.

Palabras clave: Raise Boring, clasificación del macizo rocoso, presión de perforación y velocidad de perforación, parámetros de perforación, análisis de regresión lineal, coeficiente de correlación.

ABSTRACT

The mining sector has been affected by the outbreak of the virus known as SARS-COV-2, reducing the production of various metals compared to 2019, and compromising the performance of the mining plan due to the deficit of human resources; as a reason, the investments of various private sector companies have been significantly threatened.

With this, mining companies are forced to promote projects and preparations in order to increase production and speed up the mining cycle. One of the alternatives to carry out the mining cycle on a regular basis is to speed up the preparation of infrastructure such as service chimneys (water, air, ventilation and energy) that are of vital importance; therefore, the fastest, most cost-effective and safest methodology is the Raise Boring (RBR) drilling run.

The research using the Raise Boring method was carried out at the Uchucchacua Production Unit belonging to Buenaventura's Mining Company SAA, located in the northern highlands of Lima in the province of Oyon, it is located at an approximate height of 4450 meters above sea level, from which the data corresponding to the so-called Socorro fault were analyzed.

The project developed aims to analyze the correlation between drilling pressure and empirical drilling speed, allowing to determine the optimal drilling speed appropriate in the Raise Boring drilling method.

The correlation of the two parameters allowed to compare the drilling speed graphs of the different projects, defining relative speeds until obtaining one that can be adapted to the conditions in situ, and as a result to speed up the drilling process, optimize the construction times of infrastructure and comply with the planned mining cycle.

In this research project, drilling parameters such as rotation (RPM), water flow (m³/h), water viscosity (s), amperage (A) and voltage (V) were intended to keep constant in the length of the borehole; to clearly analyze the parameters of drilling pressure (Mpa) and empiri Within the analysis, it was obtained that the correlation coefficient between drilling pressure and empirical drilling speed is positive; that is, if you increase the drilling pressure, you will increase the drilling speed.

In turn, within the correlation analysis between these two variables, the linear function has a low linear correlation coefficient, so through the analysis with Microsoft Excel software it is defined that the polynomial function of degree 3, within the range of the study pressures, is the one that best fits reality and its correlation coefficient is higher. cal drilling speed (m/h) that are the basis of the following study.

It should be noted that, the classification of the rocky massif is an important variable that must be well defined; since, during the drilling project if this varies, the studied parameters cannot be analyzed correctly and generate biased data.

In the present study it was defined that the type of rock for the projects is type III, these comprise a Rock Mass Rating (RMR) that varies between 40 to 59, adequate range so that the values obtained by the correlation analysis between the drilling pressure and the drilling speed are not erroneous.

Keywords: Raise Boring, rocky massif classification, drilling pressure and drilling speed, drilling parameters, linear regression analysis, correlation coefficient.

PRÓLOGO

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad definir la velocidad de perforación en el proceso de perforación Raise Borer analizando la correlación de la presión de perforación y la caracterización del macizo rocoso para agilizar el ciclo de minado.

El contenido se ha estructurado en seis capítulos, descritos a continuación:

- El capítulo 1, se titula Introducción y contiene;
 - Generalidades, donde se describe el alcance de la investigación y el beneficio que genera.
 - Descripción del Problema, donde se detalla la problemática actual que tienen las empresas mineras con respecto al déficit de producción por efecto del SARS-COV-2.
 - Objetivos de estudio, donde se detalla la finalidad de la investigación.
 - Antecedentes investigativos, donde exponen tesis que aportan conocimientos y casos de estudio para realizar esta investigación.
- El capítulo 2, se titula Marco Teórico y Conceptual y contiene;
 - Marco Teórico, donde se detalla 3 subcapítulos como son caracterización geomecánica, método Raise Borer y estudio técnico-económico.
 - Marco Conceptual, donde se definen términos recurrentes en la investigación que connotan un significado preciso para la misma.
- El capítulo 3, se titula Hipótesis y Operación de variables y contiene;
 - Hipótesis, es la conjetura que se va a contrastar con la investigación presente.

- Variable dependiente, donde se expresa la finalidad de la investigación que es hallar una velocidad de perforación óptima de rimado adecuada.
- Variable independiente, donde se detalla el aporte del investigador que es el análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica.
- El capítulo 4, se titula Metodología de la investigación y contiene;
 - Tipo y diseño de la investigación; donde se define que la investigación es cuantitativa, el alcance es de tipo correlacional como se detalla en el título de la investigación y el diseño de la investigación es experimental ya que se recolectara data de campo que necesita un análisis respectivo y no experimental porque se utilizara estudios geomecánicas anteriores a la investigación que serán analizados en gabinete.
 - Unidad de Análisis; se describe a la Unidad Minera Uchucchacua como unidad de estudio, específicamente la zona de profundización; Matriz de consistencia, donde se detalla los indicadores y los instrumentos y técnicas de recolección de datos.
- El capítulo 5, se titula título Desarrollo del trabajo de investigación y contiene;
 - En este capítulo se profundiza en la metodología y pasos a realizar para hallar la correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación.
 - Este capítulo cuenta con 3 subcapítulos como son;
 - Recolección de datos, es este punto se detalla cómo se recolectaron los datos necesarios como presión de perforación, velocidad de perforación empírica y el RMR de los proyectos Raise Borer de la máquina de perforación y los estudios preliminares realizados por el área de geomecánica de la unidad.

- Procesamiento de la información, en donde se ordenan los datos en tablas utilizando el software Microsoft Excel.
 - Análisis de la información, donde se realiza el análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad empírica y se halla la función de regresión lineal y polinómica de grado 3 para explicar el comportamiento de estas dos variables.
- El capítulo 6, se titula Análisis y Discusión de resultados y contiene,
 - Se analizan los datos obtenidos al analizar los proyectos de Raise Borer en estudio y se simula dos proyectos nuevos para hallar la velocidad de perforación óptima.
 - En este capítulo se realiza la contrastación de la hipótesis, “Un eficiente análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica permite determinar una velocidad de perforación óptima en la construcción de chimeneas de servicio utilizando el método de perforación Raise Borer”, es positiva.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	V
PRÓLOGO.....	VIII
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVO DE ESTUDIO.....	11
1.4. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	11
1.4.1. Internacionales.....	11
1.4.2. Nacionales.....	12
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	23
2.1. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1.1. Caracterización del macizo rocoso.....	23
2.1.2. Máquinas Raise Boring.....	32
2.1.3. Estudio Técnico – Económico.....	42
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	47
CAPÍTULO III HIPÓTESIS Y OPERACIÓN DE VARIABLES.....	48
3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	48
3.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	48
3.3. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	48
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
4.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
4.1.1. Enfoque.....	50
4.1.2. Alcance.....	52
4.1.3. Diseño de la investigación.....	52
4.2. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	52
4.2.1. Localización.....	52
4.2.2. Geología.....	53
4.2.3. Infraestructura.....	58

4.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA	60
CAPÍTULO V DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	61
5.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	61
5.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	68
5.2.1. Raise Borer 76.....	68
5.2.2. Raise Borer 78.....	69
5.2.3. Raise Borer 80.....	69
5.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	74
5.3.1. Regresión Lineal Simple	74
5.3.2. Método de mínimos cuadrados	75
5.3.3. Coeficiente de regresión	77
5.3.4. Coeficiente de correlación lineal	78
5.3.5. Análisis de Correlación Raise Borer 76:.....	79
5.3.6. Análisis de Correlación Raise Borer 78:.....	84
5.3.7. Análisis de Correlación Raise Borer 80.....	88
CAPÍTULO VI ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	94
6.1. ANÁLISIS DEL PROYECTO “A”	95
6.2. ANÁLISIS DEL PROYECTO “B”	100
6.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	105
CONCLUSIONES.....	107
RECOMENDACIONES.....	112
BIBLIOGRAFÍA.....	115
ANEXO.....	118

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Producto Bruto Interno 2018 - 2019.	3
Tabla 1.2 Producto Bruto Interno 2007 / Año Base.	4
Tabla 1.3 Producción Nacional de los principales productos mineros.	5
Tabla 1.4 Resumen del % de tipo de roca en el sondaje.	8
Tabla 1.5 Comparativos de métodos de construcción de chimeneas.	9
Tabla 1.6 Análisis de la construcción de chimeneas Raise Borer.	10
Tabla 1.7 Análisis Geomecánico (RMR) – Raura.	13
Tabla 1.8 Valor de E.S.R. para el cálculo de la luz máxima.	14
Tabla 1.9 RMR del macizo rocoso.	17
Tabla 1.10 Estudio de la calidad de roca.	19
Tabla 1.11 Valores acordes a la cohesión.	19
Tabla 1.12 Criterio para la clasificación de masa rocosa.	20
Tabla 2.1 Criterio para la clasificación de la masa rocosa.	25
Tabla 2.2 Abertura máxima acorde al RMR en la profundización.	25
Tabla 2.3 Indicadores de variables acorde a la caracterización del macizo rocoso.	28
Tabla 2.4 Calidad de roca.	30
Tabla 2.5 RMR básico y corregido.	31
Tabla 2.6 Evaluación de parámetros geomecánicos.	32
Tabla 2.7 Costos unitarios de la chimenea de 6x6 convencional.	44
Tabla 2.8 Costos unitarios de la chimenea de 6' X 6' Climber.	45
Tabla 2.9 Costos unitarios de la chimenea de 6' X 6' Raise Borer.	46
Tabla 3.1 Operación de variables.	49
Tabla 4.1 Análisis de enfoque.	51
Tabla 4.2 Matriz de consistencia.	60

Tabla 5.1 Datos del proyecto Raise Borer 76.....	68
Tabla 5.2 Datos del proyecto Raise Borer 78.....	69
Tabla 5.3 Datos del proyecto Raise Borer 80.....	70
Tabla 5.4 Datos de campo de Raise Borer 76.	71
Tabla 5.5 Datos de campo de Raise Borer 78.	72
Tabla 5.6 Datos de campo de Raise Borer 80.	73
Tabla 5.7 Variables de correlación RB 76.	80
Tabla 5.8 Desarrollo de variables - RB 76.....	81
Tabla 5.9 Variables de correlación RB 78.	84
Tabla 5.10 Desarrollo de variables RB 78.....	85
Tabla 5.11 Variables de correlación RB 80.....	89
Tabla 5.12 Desarrollo de variables RB 80.....	90
Tabla 6.1 Variables del Proyecto "A".....	96
Tabla 6.2 Desarrollo de variables del Proyecto "A"	97
Tabla 6.3 Variables del Proyecto "B".....	101
Tabla 6.4 Desarrollo de variables del Proyecto "B"	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Producto Bruto Interno de Minería e Hidrocarburo.....	5
Figura 1.2 Barras de Producción Nacional de los principales productos mineros.....	6
Figura 1.3 Exportaciones de los principales productos mineros.....	7
Figura 1.4 Estándar de presiones (PSI) en la perforación piloto (1).	15
Figura 1.5 Estándar de presiones (PSI) en la perforación piloto (2).	16
Figura 1.6 Criterio para la clasificación de la masa rocosa.	22
Figura 2.1 Evaluación de parámetros geomecánicos.....	34
Figura 2.2 Componentes de la torre de perforación.	35
Figura 2.3 Main Frame.....	36
Figura 2.4 Colum's.....	36
Figura 2.5 Crosshead	37
Figura 2.6 Head Frame.....	38
Figura 2.7 Cylinder Assamble	38
Figura 2.8 Gear Box	39
Figura 2.9 Drivehead	40
Figura 2.10 Electric Moto	41
Figura 2.11 Base Plate	41
Figura 2.12 Turnbuckle	42
Figura 4.1 Ubicación territorial de U.M. Uchucchacua	53
Figura 4.2 Zonas de mineralización en U.M. Uchucchacua	54
Figura 4.3 Rodocrosita rellenando intersticios de calcita.....	55
Figura 4.4 Cristales desarrollados de galena asociado con esfalerita, calcopirita, tetraedrita, calcita y cuarzo.	56
Figura 4.5 Cristales desarrollados de calcita, galena y pirargirita.....	57

Figura 4.6 Mineralización de óxidos (goethita, limonitas y óxidos de manganeso...	58
Figura 4.7 Circuito de ventilación - Mina Uchucchacua.....	59
Figura 4.8 Circuito de Ventilación - Falla Socorro	59
Figura 5.1 Conexión de escariadora - Maquina Raise Borer.....	62
Figura 5.2 Prueba de cortadores - Maquina Raise Borer	63
Figura 5.3 Tablero de mando - Maquina Raise Borer	64
Figura 5.4 Raise Borer 76 - Falla Socorro.....	65
Figura 5.5 Raise Borer 78 - Falla Socorro.....	66
Figura 5.6 Raise Borer 80 - Falla Socorro.....	67
Figura 5.7 Dispersión de variables.....	74
Figura 5.8 Pendiente de la recta de regresión lineal	75
Figura 5.9 Mínimos cuadrados.....	76
Figura 5.10 Correlación - Raise Borer 76.....	82
Figura 5.11 Regresión Lineal – Raise Borer 76	83
Figura 5.12 Correlación – Raise Borer 78.....	86
Figura 5.13 Regresión Lineal – Raise Borer 78.	87
Figura 5.14 Correlación – Raise Borer 80.....	91
Figura 5.15 Regresión Lineal – Raise Borer 80.	92
Figura 6.1 Correlación – Proyecto “A”.....	98
Figura 6.2 Regresión Lineal – Proyecto “A”.	99
Figura 6.3 Correlación – Proyecto “B”.....	103
Figura 6.4 Regresión Lineal – Proyecto “B”.	104

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES.

Las unidades mineras subterráneas han disminuido y/o paralizado los proyectos de preparaciones y desarrollo por diversos factores a consecuencia del COVID-19, por ende, la producción de metales en las minas subterráneas se encuentra disminuida, tomando como base la proyección estimada en un panorama normal para los años 2020-2022.

Para revertir este escenario y agilizar el ciclo de minado se necesita impulsar los proyectos de desarrollo y preparaciones de las minas ya sea en profundizaciones o una expansión horizontal de la mina. Una de las opciones más rentables, rápidas y seguras es la construcción de chimeneas mecanizadas de servicio con máquinas Raise Borer, que proporcionan agua, aire, ventilación y energía, a las labores en ejecución y proyectos designados.

Para la construcción de chimeneas con el método de perforación Raise Borer se necesita llevar un control de los parámetros de presión de perforación, rotación,

amperaje, voltaje, detritos de perforación, RMR, entre otros. Debido a estos parámetros y las condiciones de trabajo se estipula un parámetro proyectado de la velocidad de perforación del proyecto que generalmente se encuentra en un ratio tradicional y por falta de estudios o información tanto la empresa que brinda el servicio de construcción y la empresa minera que lo requiere firman un contrato el cual no es provechoso para ambos.

Esto debido a que el tiempo de ejecución de la chimenea puede ser menor si la velocidad de perforación adecuada es mayor a la establecida sin un previo estudio, beneficiando a ambas partes ya que la empresa que provee el servicio valorizaría un monto mayor por el metraje realizado y la empresa que lo solicita (es el caso de estudio) ejecutaría el proyecto en mejor tiempo y proveerá de servicios a las labores que lo requieran.

Por otra parte, el tiempo de ejecución es mayor si la velocidad de perforación adecuada es menor, esto debido a que las condiciones geomecánicas del terreno no permitan un mayor avance.

La presente investigación tiene como objetivo analizar la correlación dos parámetros fundamentales como son la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica para hallar una velocidad de perforación óptima.

Esto ayudará a prevenir, un desgaste prematuro de componentes en las máquinas Raise Borer como son los cortadores, atascamientos que compliquen la estabilidad de la construcción de la chimenea, exposición de personal al espacio abierto.

A su vez generará una mejor planificación de los recursos y una mejor secuencia en el plan de minado mensual y anual.

Como investigación, promoverá el interés a seguir estudiando la correlación de los otros parámetros ya mencionados para optimizar el ciclo de perforación Raise

Borer y generar aportes en temas de seguridad y operación que beneficien al método.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

Las grandes actividades económicas en el país, se han perjudicado por la propagación del COVID-19. Esto ha generado que el PBI disminuya y repercuta en los diferentes sectores.

La tabla 1.1 y tabla 1.2, nos detallan la variación que ha tenido el PBI desglosando las actividades económicas representativas, tomando como año base el 2007 y la repartición del PBI.

Tabla 1.1 Producto Bruto Interno 2018 - 2019.

Cuadro N° 7 PERÚ: PRODUCTO BRUTO INTERNO (Variación porcentual del índice de volumen físico respecto al mismo periodo del año anterior) Año Base 2007=100										
Actividad	2019/2018					2020/2019				
	I Trim.	II Trim.	III Trim.	IV Trim.	Año	I Trim.	II Trim.	III Trim.	IV Trim.	Año
Economía Total (PBI)	2,5	1,3	3,2	1,9	2,2	-3,7	-30,0	-9,0	-1,7	-11,1
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	4,7	1,7	1,0	5,1	2,9	3,7	2,3	-1,5	0,4	1,3
Pesca y acuicultura	-18,1	-30,1	15,9	-26,8	-23,1	-18,7	-16,0	11,3	34,8	2,3
Extracción de petróleo, gas y minerales	-0,7	-2,5	0,2	1,9	-0,3	-5,5	-34,0	-9,8	-3,8	-13,2
Manufactura	-0,7	-6,2	4,1	-1,9	-1,4	-10,4	-36,2	-7,9	1,0	-13,4
Electricidad, gas y agua	6,4	4,3	4,0	2,8	4,4	-1,9	-19,3	-3,1	-0,2	-6,1
Construcción	1,9	6,7	3,2	-4,1	1,6	-11,7	-64,1	-4,1	19,0	-14,2
Comercio	1,9	2,2	2,8	3,1	2,5	-7,1	-46,2	-7,8	-2,6	-15,8
Transporte, almacenamiento, correo y mensajería	2,6	2,3	2,3	2,9	2,5	-4,9	-52,8	-28,1	-21,5	-26,8
Alojamiento y restaurantes	3,8	4,6	5,2	5,4	4,8	-10,8	-89,3	-61,4	-37,8	-50,2
Telecomunicaciones y otros servicios de información	8,7	9,0	5,3	4,8	6,9	2,0	5,1	6,1	6,8	4,9
Servicios financieros, seguros y pensiones	5,5	4,4	5,9	6,1	5,4	3,6	10,0	19,2	20,6	13,2
Servicios prestados a las empresas	4,1	4,2	4,5	4,1	4,2	-1,5	-43,8	-20,1	-11,6	-19,5
Administración pública y defensa	3,4	3,3	3,2	3,3	3,3	4,7	3,9	3,9	4,3	4,2
Otros servicios	2,9	4,2	3,8	3,6	3,6	2,1	-20,4	-9,4	-6,0	-8,4
Total Industrias (VAB)	2,4	1,2	3,2	2,0	2,2	-3,5	-29,9	-8,6	-1,7	-11,0
Otros impuestos a los productos y DM	3,5	1,4	3,6	1,1	2,4	-5,5	-30,9	-12,0	-0,7	-12,3

Nota: - Cifras trimestrales ajustadas a las Cuentas Nacionales Anuales.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021), "Comportamiento de la Economía Peruana en el Cuarto Trimestre de 2020".

Tabla 1.2 Producto Bruto Interno 2007 / Año base.

**ESTRUCTURA PORCENTUAL DEL PBI
POR ACTIVIDADES ECONÓMICAS**

Actividad Económica	Ponderación 2007 (%)
Producto Bruto Interno	100,0
<i>Derechos de Importación</i>	0,9
<i>Impuestos a los Productos</i>	7,4
Valor Agregado Bruto	91,7
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	6,0
Pesca y Acuicultura	0,7
Extracción de Petróleo, Gas, Minerales y Servicios Conexos	14,4
Manufactura	16,5
Electricidad, Gas y Agua	1,7
Construcción	5,1
Comercio, Servicio de Mantenimiento y Reparación de Vehículos Automotores y Motocicletas	10,2
Transporte, Almacenamiento, Correo y Mensajería	5,0
Alojamiento y Restaurantes	2,9
Telecomunicaciones y Otros Servicios de Información	2,7
Servicios Financieros, Seguros y Pensiones	3,2
Servicios Prestados a Empresas	4,2
Administración Pública y Defensa	4,3
Otros Servicios	14,9

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021), “Comportamiento de la Economía Peruana en el Cuarto Trimestre de 2020”.

El aporte de la minería al PBI tuvo una contracción entre el primer y segundo trimestre del año 2020 lo que ha generado una incertidumbre para los inversionistas actualmente.

En la figura 1.1 detalla la contribución del producto bruto interno del sector minería e hidrocarburos y la variación entre el primer y segundo trimestre.

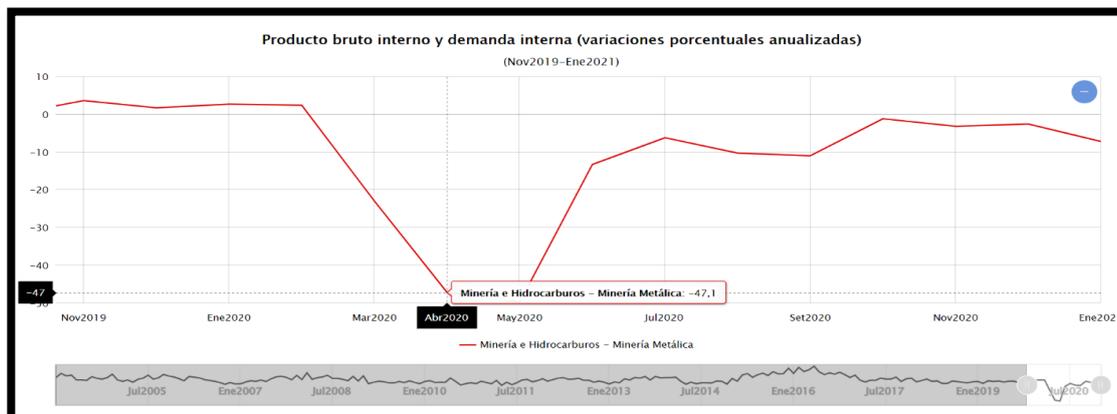


Figura 1.1 Producto Bruto Interno de minería e hidrocarburo.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021), “Comportamiento de la Economía Peruana en el Cuarto Trimestre de 2020”.

Con respecto a la minería en el país, la producción y exportación de metales ha decaído como se aprecia en la tabla 1.3, la figura 1.2 y figura 1.3, que muestran la variación de la producción y exportación de mineral entre el primer cuatrimestre del 2019 y 2020; a su vez la variación de abril en el 2019 y 2020, mes que el coronavirus llegó a todas las minas a nivel nacional.

Tabla 1.3 Producción nacional de los principales productos mineros.

METALES	UNIDAD DE MEDIDA	ABRIL		VAR %	ENERO/ABRIL		VAR %
		2020	2019		2020	2019	
COBRE	TMF	125 225	188 004	-33,4	640 017	774 979	-17,4
ORO	GRS.F	5 067 328	10 805 371	-53,1	32 438 074	42 544 428	-23,8
PLATA	KG.F	84 970	321 701	-73,6	928 684	1 192 875	-22,1
PLOMO	TMF	4 262	26 861	-84,1	74 910	96 571	-22,4
ZINC	TMF	15 945	116 613	-86,3	369 443	443 994	-16,8
MOLIBDENO	TMF	2 115	2 370	-10,7	9 235	8 088	14,2
HIERRO	TMF	0	559 443	-100,0	2 438 058	2 547 695	-4,3
ESTAÑO	TMF	0	1 607	-100,0	4 978	6 652	-25,2
MANGANESO	TMF	77	1 290	-94,0	3 969	4 262	-6,9
ARSENICO	TMF	1 111	1 799	-38,2	6 136	6 098	0,6
BISMUTO	TMF	2	4	-60,5	6	23	-73,1

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020), “Estadística Mensual – Minería abril 2020”.

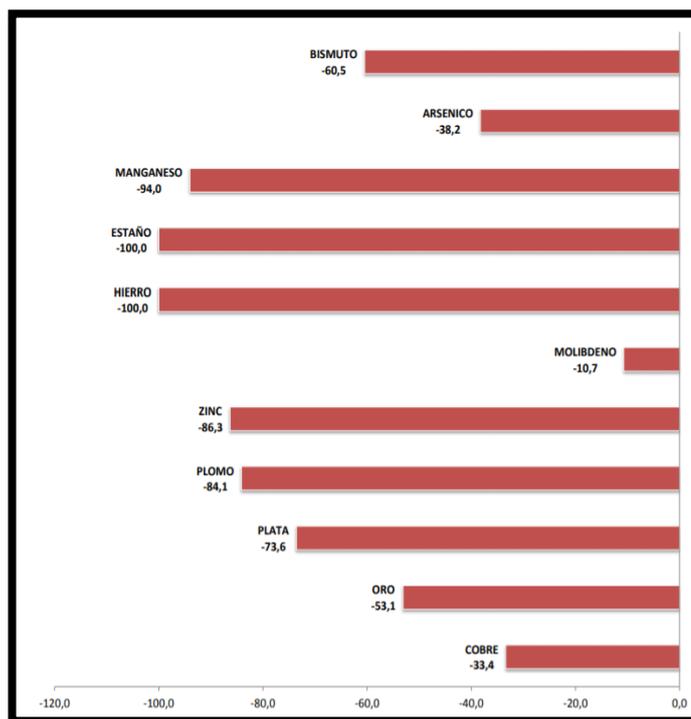


Figura 1.2 Barras de producción nacional de los principales productos mineros.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020), "Estadística Mensual – Minería abril 2020".

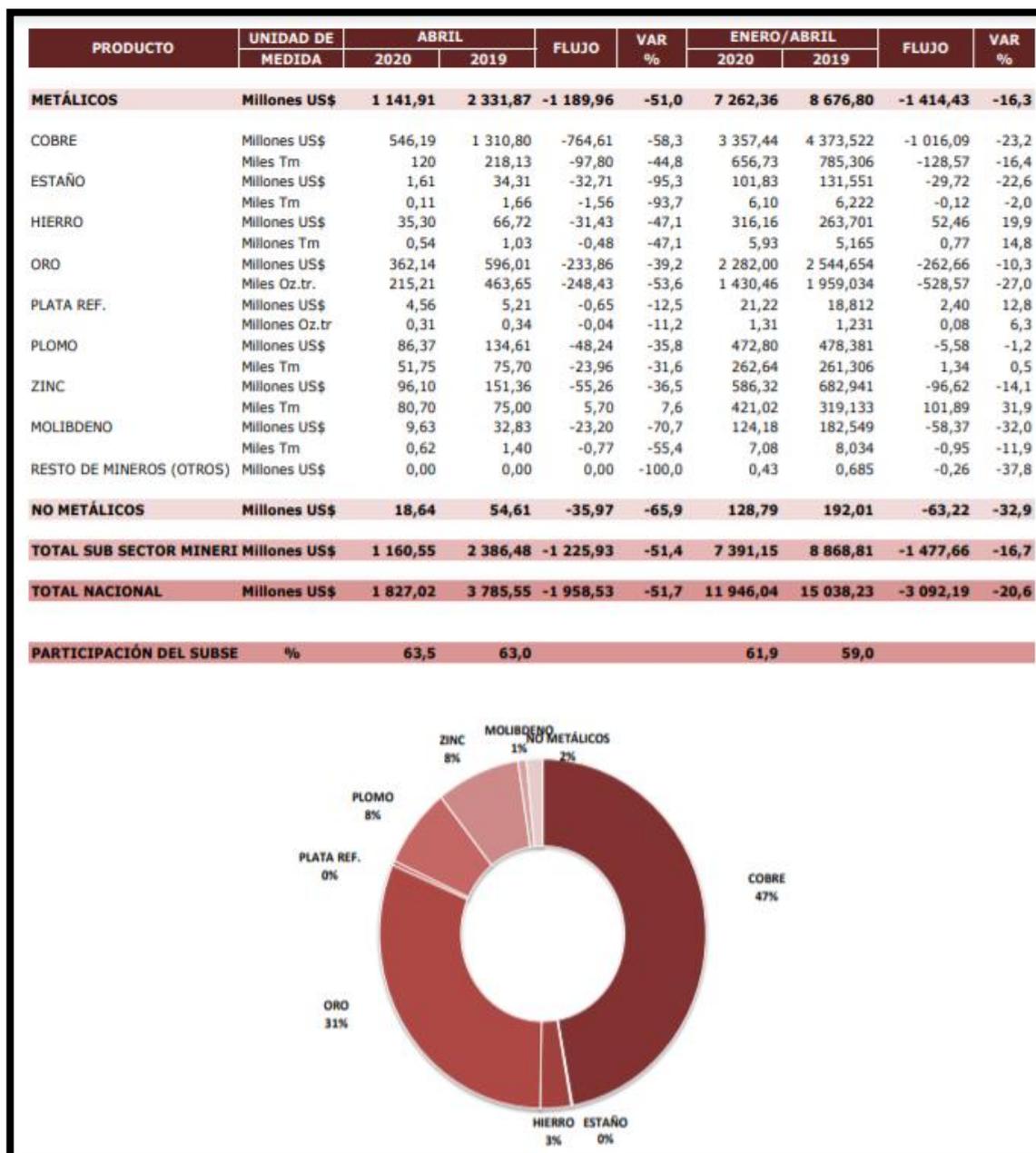


Figura 1.3 Exportaciones de los principales productos mineros.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2020), "Estadística Mensual – Minería abril 2020".

Debido a la coyuntura expuesta preliminarmente, las empresas mineras subterráneas se ven en la necesidad de generar proyectos de infraestructura para agilizar los procesos productivos con el fin de recuperar la producción, avances y

desarrollo que han quedado rezagados, por lo que el diseño de proyectos de servicios como son las chimeneas para abastecer agua, aire comprimido, energía y ventilación; son esenciales para cumplir con los objetivos de las empresas.

El método más eficiente, rápido y seguro, es el método de perforación Raise Borer; el cual para realizarlo se tiene que tomar en cuenta diversos factores como son el costo de inversión, la calidad del macizo rocoso, el dimensionamiento de la infraestructura y las capacidades de la maquina a utilizar.

Los Bach. Ollachica Hacha, Humberto y Ollachica Sulla, Aurelio (2019), “Optimización en la Construcción de Chimenea en la veta Ánimas mediante el Método de Perforación Raise Boring en la Minera Bateas SAC, Caylloma”, describen que la finalidad de realizar el estudio técnico económico de realizar la chimenea de servicio es debido a que se tiene terrenos con un tipo de roca mala como se aprecia en la tabla 1.4, por lo que el análisis de seguridad y económico es fundamental para el desarrollo del trabajo de investigación.

Tabla 1.4 Resumen del % de tipo de roca en el sondaje.

TIPO DE ROCA	II-A	II-B	III-A	III-B	IV-A	IV-B	V	SUELO	TOTAL
LONGITUD (m)			96.45	20.94		64.48	11.84	40.00	233.69
PORCENTAJE			41.27%	8.96%		27.58%	5.07%	17.12%	100%

Fuente: Bach. Ollachica Hacha, Humberto y Ollachica Sulla, Aurelio (2019), “Optimización en la Construcción de Chimenea en la veta Ánimas mediante el Método de Perforación Raise Boring en la Minera Bateas SAC, Caylloma”

Como se aprecia en la tabla 1.5, se realiza el análisis comparativo de los diferentes métodos de construcción para la construcción de chimeneas de servicio.

Tabla 1.5 Comparativos de métodos de construcción de chimeneas.

Método	Costo x m aprox.	Diámetro máximo	Longitud máximo	Seguridad	Energía utilizada	Avance por turno
Convencional	\$290.98	2.5 m	35.00 m	Sobre los 35 m es altamente inseguro este método	Explosivos Encartuchados	1.74 a 1.8 m
Plataforma trepadora Alimak	\$462.85	1.95 a 5.05 m	900 m	Riesgo medio	Explosivos	2.20 a 3.00 m
Vértical Cráter Retreat (VCR)	\$215.00	3.8 m	70 m	Seguro en la perforación y tronadura ya que se evita el acceso al personal dentro de chimenea.	Explosivos	1.8 a 3.00 m
Raise Boring	D:2.1 m \$1,255.00	6.4 m	600 m	Altamente seguro	Mecánica (trituration de roca)	Tipo de roca IV-V Piloto: 15 m Escariado: 10 m
Jaula Jora Jora	\$ 345.00	2.82 m	60 m	Riesgo medio	Explosivos	3.00 a 4.0 m

Fuente: Bach. Ollachica Hacha, Humberto y Ollachica Sulla, Aurelio (2019), “Optimización en la Construcción de Chimenea en la veta Ánimas mediante el Método de Perforación Raise Boring en la Minera Bateas SAC, Caylloma”

También, hacen la descripción de las ventajas y desventajas del método de construcción Raise Borer, las que son:

Ventajas: La seguridad y condiciones; El avance metro perforado por turno es alto, demostrando una productividad elevada y La perforadora Raise Boring deja la cara de la chimenea lisa.

Desventajas: El costo de inversión es elevada, la compra de equipo debe realizar para varias chimeneas para que pueda amortizar el costo; La dirección de la chimenea una vez iniciada no se modifica, por tanto, es fija; En las rocas de mala calidad (fragmentadas) presenta dificultades este método y Previamente se debe realizar una preparación del terreno para instalación del equipo.

En la tabla 1.6, presentada a continuación se muestra el análisis de la construcción de chimeneas de servicio utilizando el método Raise Borer como la alternativa técnico-económica más rentable.

Tabla 1.6 Análisis de la construcción de chimeneas Raise Borer.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACION Y MUESTRA
¿Cómo optimizar el proceso de minado y los costos unitarios de explotación en el tajo 355 de la zona Reina Leticia?	Evaluar alternativas técnico económicas que maximicen el sistema de minado y minimicen los costos en el tajo 355 de la zona Reina Leticia.	La construcción de dos chimeneas Raise Borer permitirá optimizar el proceso de minado y los costos unitarios de explotación en el Tajo 355 de la zona Reina Leticia.	<u>Variable independiente</u> Chimeneas Raise Borer	<u>Método de investigación:</u> Científica.	<u>Población</u> Tajos de la zona Reina Leticia.
¿Cómo optimizar el proceso de minado del tajo 355 de la zona Reina Leticia?	Evaluar el actual sistema de minado empleado en el tajo 355 de la zona Reina Leticia.	Construir dos chimeneas Raise Borer para optimizar el proceso de minado en el Tajo 355 de la zona Reina Leticia.		<u>Tipo de investigación:</u> Experimental.	
¿Qué alternativas técnico económicas permitirán explotar los tajos de corte y relleno ascendente mecanizado con mayor eficiencia y productividad a un mínimo costo?	Proponer y seleccionar alternativas técnico económicas que permitan explotar los tajos de corte y relleno ascendente mecanizado con mayor eficiencia y productividad a un mínimo costo.	Implementar dos chimeneas Raise Borer para explotar el Tajo 355 de corte y relleno ascendente mecanizado con mayor eficiencia y productividad a un mínimo costo.	<u>Variables dependiente</u> Proceso de minado y costos unitarios de explotación	<u>Diseño de investigación:</u> Descriptivo correlacional.	<u>Muestra</u> Tajo 355 de la zona Reina Leticia.

Fuente: Rivera Huamán, Miguel Ángel (2015), “Construcción de Chimeneas Raise Borer para optimizar el proceso de minado y los costos de explotación en el Tajo 355 de Reina Leticia en Compañía Minera Raura S.A.

Para realizar la construcción de las chimeneas de servicio, se necesita tener en cuenta ciertos parámetros como presión de perforación, rotación, amperaje y sobre todo la calidad del macizo rocoso.

El estudio geomecánico sirve para obtener la abertura máxima en cada tipo terreno es de vital importancia, ya que proporciona ratios inferidos de perforación acorde al diámetro de perforación a realizar.

Esto conlleva a realizar estudios en campo sobre la adecuada correlación de parámetros expuestos anteriormente para hallar una adecuada velocidad de perforación acorde a las necesidades de los proyectos de infraestructura sin

generar riesgos innecesarios a los trabajadores, desviación de proyecto, desgaste prematuro de componentes, etc.

Estas correlaciones son necesarias estudiarlas ya que en la actualidad no hay información adecuada para la toma de decisiones en los proyectos de infraestructura.

¿Cómo un análisis de los parámetros de perforación en la construcción de chimeneas utilizando método Raise Borer revertirá los efectos del Sar-Cov2 en el sector minería?

1.3. OBJETIVO DE ESTUDIO

Analizar la correlación entre la presión de perforación y velocidad de perforación empírica para determinar una velocidad de perforación óptima en la perforación de chimeneas.

1.4. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.4.1. Internacionales

En la tesis, de los Bach. Medel E. y Ojeda C. (2012) **“EJECUCIÓN DE CHIMENEAS MEDIANTE EL SISTEMA RAISE BORING” - CHILE**, destacan al sistema de perforación Raise Borer como el método más seguro, para la ejecución de chimeneas a pesar de ser un método complicado. A su vez describe que en el actual panorama de interacción hombre-maquina-terreno, este método es el más eficaz.

Describe el proceso de perforación Raise Borer, desde su instalación en un nivel superior, la perforación del taladro piloto utilizando una broca tónica, el empate

del escariador y el trabajo que ejecuta la columna de perforación de manera integral.

También comenta sobre las inclinaciones máximas del método Raise Borer para que no se produzca problemas en el proceso de perforación y la desviación aproximada de 1% al ejecutarse este método de perforación.

En el desarrollo de la tesis enfatiza la necesidad de una adecuada interpretación de las condiciones geológicas y estructurales del macizo rocoso ya que al realizar la perforación vertical de la chimenea se reordenan los esfuerzos en las paredes de la excavación.

1.4.2. Nacionales

El Bach. Rivera Huamán, Miguel Ángel (2015), “**CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS RAISE BORER PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MINADO Y LOS COSTOS DE EXPLOTACIÓN EN EL TAJO 355 DE REINA LETICIA EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.**”, presenta una investigación donde se toma el método científico y de tipo experimental, ya que toma busca optimizar los costos unitarios en la minera Raura con la implementación de dos chimeneas utilizando el método de perforación Raise Boring analizando parámetros geomecánicos.

Esta investigación recopila información geomecánica de la empresa en mención, expuesta en la siguiente tabla 1.7.

Tabla 1.7 Análisis geomecánico (RMR) – Raura.

M.B. R.M.R.		Puntuación
Resistencia de la roca intacta		11.5
R. Q. D		11.7
Espaciamiento		7
Condiciones de las fracturas	Persistencia de discontinuidades	16.7
	Apertura	
	Rugosidad	
	Relleno	
	Alteración	
Condiciones de agua		0.7
Corrección por orientación: Para túneles o rampas subterráneas desfavorables		-10
Total M.B. R.M.R		43.7

Fuente: Rivera Huamán, Miguel Ángel (2015), “CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS RAISE BORER PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MINADO Y LOS COSTOS DE EXPLOTACIÓN EN EL TAJO 355 DE REINA LETICIA EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.”

A su vez, de acuerdo al estudio realizado, la siguiente fórmula y tabla nos indican el E.S.R. para la abertura máxima de excavaciones sin necesidad de sostenimiento es de 5.15 metros por lo que es viable es la construcción de Raise Boring;

$$Abertura\ Máxima = 2xE.S.R. \times Q^{0.4} \text{ (fórmula 1.1)}$$

Tabla 1.8 Valor de E.S.R. para el cálculo de la luz máxima.

E.S.R	Condiciones
3 a 5	Excavaciones mineras provisionales
1.6	Excavaciones mineras permanentes
1.3	Cámaras de almacenamiento, plantas subterráneas
1.0	Casa de máquinas, túneles para carreteras y ferrocarriles
0.8	Plantas núcleo eléctricas subterráneas

Fuente: Rivera Huamán, Miguel Ángel (2015), "CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS RAISE BORER PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MINADO Y LOS COSTOS DE EXPLOTACIÓN EN EL TAJO 355 DE REINA LETICIA EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A."

La Bach. Contreras Llica, Laddy Eliana (2015), "**PERFORACIÓN DE CHIMENEAS CON EL MÉTODO RAISE BORING EN LA UNIDAD MINERA ARCATA**", expone los problemas de ventilación en la mina Arcata debido al avance de la profundización y la necesidad de construir infraestructura para impulsar estos avances.

A su vez, describe detalladamente el método de perforación Raise Borer y toma como definición, que es una máquina electrohidráulica, en la cual la rotación se logra a través de un motor eléctrico y el empuje del equipo se realiza a través de bombas hidráulicas que accionan cilindros hidráulicos.

La tesis, utiliza como variable independiente el RMR, variable dependiente el desarrollo del método de perforación Raise Borer y los indicadores los parámetros de velocidad de penetración, presión de perforación y amperaje; los cuales tienen como objetivo general construir chimeneas de ventilación al menor tiempo posible en la mina Arcata con la aplicación del método de perforación

Raise Borer y validar la hipótesis de reducir/eliminar los riesgos e incidentes asociados a la ejecución de chimeneas.

Los estudios geo mecánicos realizados para la tesis, indican que el tipo de roca es del tipo IIIB – regular; por lo cual se estudia la RB 874-N ejecutada por la ECM Master Drilling.

Como resultados se enfoca en la seguridad como reducción de accidentes, reducir el impacto ambiental, aumentar la disponibilidad y utilización mecánica; y desviaciones en la perforación.

El Bach. Ramos Percca, Daniel (2019) **“DESARROLLO DE CHIMENEAS DE VENTILACIÓN, ORE PASS Y WASTE PASS UTILIZANDO EL MÉTODO DE PERFORACIÓN RAISE BORING PARA LA CONTINUIDAD DE LABORES MINERAS EN LA UNIDAD SAN RAFAEL”**, realiza el análisis de la interrelación entre presiones de perforación y velocidad de penetración utilizando el método de perforación Raise Borer, como se aprecia en las siguientes figuras.

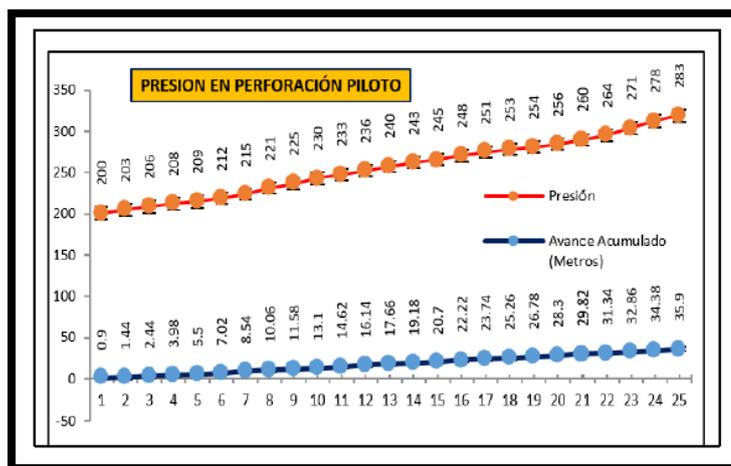


Figura 1.4 Estándar de presiones (PSI) en la perforación piloto (1).

Fuente: Ramos Percca, Daniel (2019), **“DESARROLLO DE CHIMENEAS DE VENTILACIÓN, ORE PASS Y WASTE PASS UTILIZANDO EL MÉTODO DE PERFORACIÓN RAISE BORING PARA LA CONTINUIDAD DE LABORES MINERAS EN LA UNIDAD SAN RAFAEL”**.

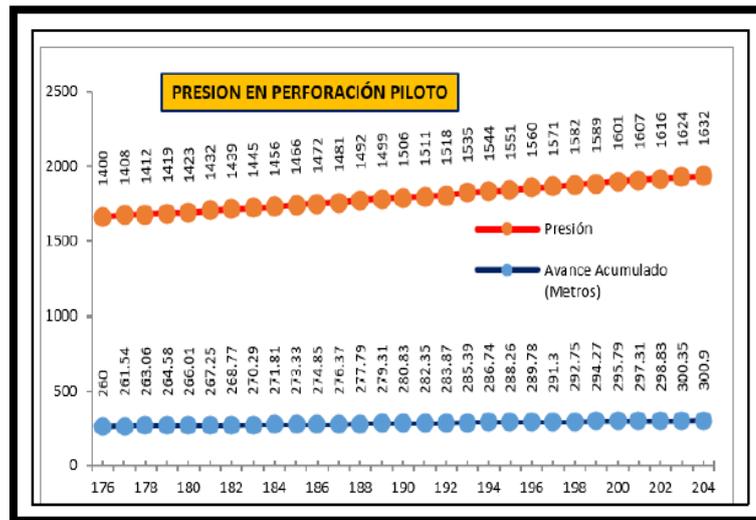


Figura 1.5 Estándar de presiones (PSI) en la perforación piloto (2).

Fuente: Ramos Percca, Daniel (2019), "DESARROLLO DE CHIMENEAS DE VENTILACIÓN, ORE PASS Y WASTE PASS UTILIZANDO EL MÉTODO DE PERFORACIÓN RAISE BORING PARA LA CONTINUIDAD DE LABORES MINERAS EN LA UNIDAD SAN RAFAEL".

Con estos datos e interpolando el empuje, se realizó el análisis para determinar las presiones máximas y mínimas lo cual se traduce en hallar la velocidad de perforación máxima y mínima.

Como conclusión, esto permite aumentar la utilización y agilizar la construcción (metros perforados).

El Bach. Centeno Flores, Dante (2016), "OPTIMIZACIÓN DE LAS LABORES DE SERVICIOS CON LA IMPLEMENTACIÓN CON EQUIPOS RAISE BORING PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA E.E. ETRAMIM S.R.L. EN LA UNIDAD OPERATIVA SAN CRISTÓBAL DE BATEAS (CAYLLOMA-AREQUIPA)-2016", plantea que el equipo Raise Boring optimiza adecuadamente los recursos para la construcción de chimeneas de servicio y ventilación.

Acorde a los estudios geo mecánicos realizados en la unidad minera, el RMR en la zona de ejecución de la Raise Boring es de 55, tal como se muestra en la siguiente tabla 1.9.

Tabla 1.9 RMR del macizo rocoso.

R.M.R. (1989)		Puntuación
Resistencia de la roca intacta		12
R. Q. D		13
Espectroscopio		10
Condiciones de las fracturas	Persistencia de discontinuidades	4
	Apertura	3
	Rugosidad	5
	Relleno	6
	Alteración	5
Condiciones de agua		7
Subtotal R. M. R.		65
Corrección por orientación: Para túneles o rampas subterráneas, desfavorables		-10
R.M.R.		55

Fuente: Centeno Flores, Dante (2016), "OPTIMIZACIÓN DE LAS LABORES DE SERVICIOS CON LA IMPLEMENTACIÓN CON EQUIPOS RAISE BORING PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA E.E. ETRAMIM S.R.L. EN LA UNIDAD OPERATIVA SAN CRISTÓBAL DE BATEAS (CAYLLOMA-AREQUIPA)-2016"

Como resultado, logró optimizar el minado de la veta Jimena empleando tecnología actual, lo que conllevó a dinamizar el proceso productivo, reducir los costos de minado y mejorar la ventilación.

El Bach. Quinto Robles, Junior Jairzinho (2019), “**ANÁLISIS GEOMECÁNICO EN LA EJECUCIÓN DEL RAISE BORER 19 MINA ISLAY**”, utiliza como variable independiente el análisis geomecánico y como variables dependientes la ejecución del Raise Boring.

A su vez, realiza el análisis del tamaño de la perforación, profundidad de perforación, verticalidad de la perforación y alteración del macizo rocoso; debido a que el proyecto cuenta con una longitud de 320 metros y pasa por niveles productivos donde la calidad de roca es mala y muy mala.

El estudio de la calidad de roca en la zona de influencia del proyecto arroja un RMR entre los 21 y 40 ya que la roca es una arenisca; los valores obtenidos en el estudio son los mostrados en las siguientes tabla 1.10 y tabla 1.11.

Tabla 1.10 Estudio de la calidad de roca.

TIPO DE ROCA	
Arenisca	
Ensayos Geomecánicos:	
Ensayos de Corte Directo:	
Ángulo de Fricción Residual (°)	26.57
Cohesión (MPa)	0.114
Propiedades Físicas:	
Densidad Seca (gr./cm ³)	2.73
Densidad Húmeda (gr./cm ³)	2.74
Porosidad Aparente (%)	1.36
Absorción (%)	0.50
Peso Específico Aparente (KN/m ³)	26.71
Ensayos de Compresión Simple:	
Resistencia a la Compresión Simple (kg/cm ²)	936.77
Resistencia a la Compresión Simple (MPa)	91.80
Ensayos de Propiedades Elásticas	
Módulo de Young (GPa)	9.59
Poisson	0.31
Ensayos de Tracción Indirecta (Brasileiro)	
Resistencia a la Tracción (MPa)	5.07

Fuente: Quinto Robles, Junior Jairzinho (2019), “ANÁLISIS GEOMECÁNICO EN LA EJECUCIÓN DEL RAISE BORER 19 MINA ISLAY”

Tabla 1.11 Valores acordes a la cohesión.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy buena	100-81	> 4 kg/cm ²	>45°
II	Buena	80-61	3-4 kg/cm ²	35°-45°
III	Media	60-41	2-3 kg/cm ²	25°-35°
IV	Mala	40-21	1-2 kg/cm ²	15°-25°
V	Muy mala	<20	1 kg/cm ²	<15°

Fuente: Quinto Robles, Junior Jairzinho (2019), “ANÁLISIS GEOMECÁNICO EN LA EJECUCIÓN DEL RAISE BORER 19 MINA ISLAY”

El Bach. Bedoya Cabrera, Wilbert Waldir (2019), “EJECUCIÓN DE CHIMENEA CON EL MÉTODO RAISE BORING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL-MINSUR-2018”, tiene como finalidad optimizar el sistema de ventilación utilizando el método Raise Borer ya que unos de sus argumentos dentro del desarrollo de la tesis son sobre la practicidad y eficiencia del método, a su vez, es el más seguro.

Describe la problemática que tiene en la profundización específicamente en el Nv.4200, por las condiciones termo-ambientales para llevar a cabo el ciclo de minado de manera adecuada, colocando al personal como el punto más importante.

En la siguiente tabla 1.12, se aprecia los gases más nocivos y sus peligros respectivos en la minería.

Tabla 1.12 Criterio para la clasificación de masa rocosa.

GASES	SÍMBOLO	DENSIDAD	PELIGRO
Aire	-	1 lb/pies ³	A alta presión
Nitrógeno	N ₂	0.967 lb/pies ³	Asfixiante simple
Oxígeno	O ₂	1.105 lb/pies ³	A alta presión
Dióxido de Carbono	CO ₂	1.529 lb/pies ³	Afecta la respiración
Metano	CH ₄	0.554 lb/pies ³	Inflamable y asfixiante simple
Monóxido de Carbono	CO	0.967 lb/pies ³	Muy tóxico
Óxido Nítrico	NO	1.036 lb/pies ³	Muy tóxico
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂	1.589 lb/pies ³	Muy tóxico
Dióxido de Azufre	SO ₂	2.264 lb/pies ³	Muy tóxico
Sulfuro de Hidrógeno	H ₂ S	1.191 lb/pies ³	Muy tóxico
Hidrógeno	H ₂	0.0695 lb/pies ³	Inflamable y asfixiante simple

Fuente: Bedoya Cabrera Wilbert Waldir (2019), “EJECUCIÓN DE CHIMENEA CON EL MÉTODO RAISE BORING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL-MINSUR-2018”.

El Bach. Sánchez Villalta, Juan Alberto (2017), **“REDUCCIÓN DE DESGASTE EN EL USO DE BROCAS TRICÓNICAS EN LA MINA TOQUEPALA”**, desarrolla la tesis mediante el análisis de la presión del aire, presión de empuje, velocidad angular, velocidad de penetración y la granulometría en el proceso de perforación utilizando brocas triconicas.

En la tesis menciona dos aspectos resaltantes con respecto a la presión de empuje y la velocidad de perforación.

Presión de empuje proporcionada por la maquina debe ser 30% mayor a la presión máxima de trabajo.

Como recomendación nos da, que la perforación debe ser lo más vertical posible para evitar fatiga y desgaste prematuro en los componentes de la columna de perforación.

Velocidad de perforación, si no es la adecuada los insertos de la broca y los componentes del cabezal sufrirán con esfuerzos inadecuados y se llegarán a romper, esto se ve reflejado en detritos muy fino, como se muestra en la siguiente figura 1.6.

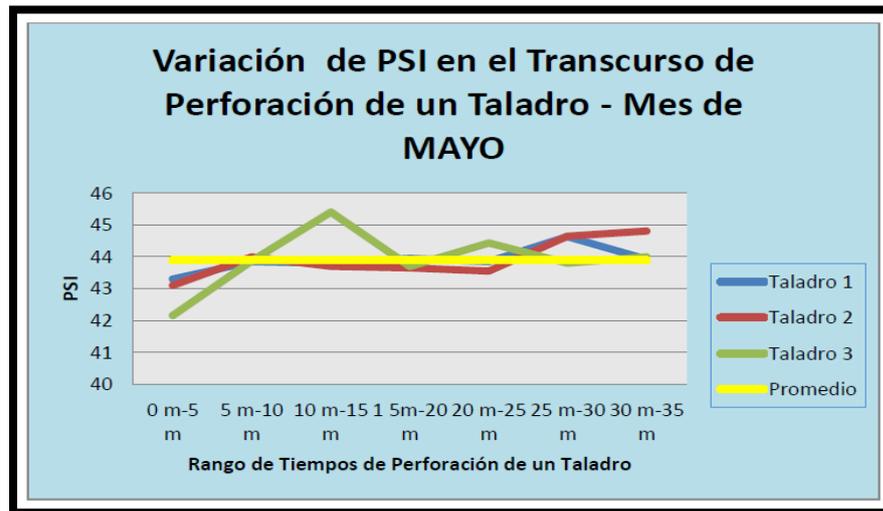


Figura 1.6 Criterio para la clasificación de la masa rocosa.

Fuente: Sánchez Villalta, Juan Alberto (2017), “REDUCCIÓN DE DESGASTE EN EL USO DE BROCAS TRICÓNICAS EN LA MINA TOQUEPALA”.

El Bach. Pacheco Marín, Freshy (2019), “OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS SLOT UTILIZANDO LA MAQUINA RAISE BORING SBM 400 SR, EN LA COMPAÑÍA MINERA NEXA, CERRO LINDO - CHINCHA”, realiza el estudio en el equipo SMB 400 SR que pertenece en su totalidad a la empresa contratista TUMI RB, para probar si es el adecuado para cumplir con los planes de producción de la empresa minera Nexa (Unidad Cerro Lindo), de producir más de 20,000.00 TM/día y cumplir con los estándares mínimos de productividad y disponibilidad mecánica de 80%.

Este equipo tiene la particularidad de estar sobre un sistema de orugas transportadoras y se cataloga como un equipo de bajo perfil, haciendo fácil el transporte de la unidad de potencia electro-hidráulica y el gabinete eléctrico; que a diferencia de las máquinas Raise Borer estáticas se necesitan equipos de servicio como scoop o grúas para movilizar los componentes eléctricos e hidráulicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Caracterización del macizo rocoso

En el estudio realizado por DCR Ingenieros S.R.Ltda. (2016), **“EVALUACIÓN GEOMECANICA DEL MINADO EN PROFUNDIZACIÓN – MINA UCHUCCHACUA”**; hace hincapié en la importancia para clasificar geomecánicamente a la masa rocosa, es necesario utilizar la información del mapeo geomecánico de la más rocosa realizada en labores subterráneas donde se quiere realizar los estudios y el logueo geotécnico de los testigos de las perforaciones diamantinas convencionales realizadas como parte de la exploración de yacimientos cercanas a la zona del estudio.

También nos detalla cómo se utilizan los criterios principales como el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR – Valoración del Macizo Rocosos – 1989), y como criterios complementarios los de Barton y Colaboradores (Sistema Q – 1974) y Marinos & Hoek (GSI – Geological Strength Index – 2002);

que son las bases técnicas para poder obtener parámetros geomecánicos necesarios para los estudios posteriores.

A su vez, detalla que los valores de resistencia compresiva de la roca intacta, en el estudio, fueron obtenidos conforme a los ensayos de carga puntual, ensayos de compresión uniaxial y ensayos de compresión triaxial. Los valores del índice de calidad de la roca (RQD) son tomados directamente durante el logueo de los testigos rocosos diamantinos y del registro lineal de discontinuidades en la masa rocosa de las labores subterráneas, utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1986), teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal.

El criterio adoptado para clasificar a la masa rocosa se presenta en la siguiente tabla 2.1.

Tabla 2.1 Criterio para la clasificación de la masa rocosa.

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
IIIA	51 – 60	2.18 – 5.92	Regular A
IIIB	41 – 50	0.72 – 1.95	Regular B
IVA	31 – 40	0.24 – 0.64	Mala A
IVB	21 – 30	0.08 – 0.21	Mala B
V	< 21	<0.08	Muy Mala

Fuente: DCR Ingenieros S.R.Ltda. (2016), “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MINADO EN PROFUNDIZACIÓN – MINA UCHUCCHACUA”.

Lo resaltante de este estudio y lo que se va a utilizar son los resultados obtenidos en el estudio geomecánico de la profundización realizado por la empresa, se obtiene que la profundización cuenta con dos tipos de roca IIIA – IIIB y las correspondientes aberturas máximas como se describe en la siguiente tabla 2.2.

Tabla 2.2 Abertura Máxima acorde al RMR en la profundización.

Dominio	Rango RMR	Abertura máxima Según RMR	Abertura máxima Según Q
DE-II	> 60	5.2 m	4.9 m
DE-IIIA	51 – 60	4.2 m	4.0 m
DE-IIIB	41 – 50	2.6 m	2.5 m

Fuente: DCR Ingenieros S.R.Ltda. (2016), “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MINADO EN PROFUNDIZACIÓN – MINA UCHUCCHACUA”.

El Bach. Junior Jerik Vilca Yucra y Juan Luis Vilca Yucra (2018), “**APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA PARA EL CONTROL DE LA DESVIACIÓN EN LA**

PERFORACIÓN DEL TALADRO PILOTO CON EQUIPO RAISE BORING EN LA EJECUCIÓN DE CHIMENEAS EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR S.A.”, los detalla la importancia de la clasificación geomecánica en la construcción de chimeneas usando Raise Borer en dos etapas como son la del desarrollo de proyecto y ejecución del mismo.

Mediante las clasificaciones geomecánicas se determinan la calidad del macizo rocoso que constituyen métodos simplificados para controlar y definir la estabilidad de las excavaciones.

Los sistemas de clasificación que tienen mejores resultados y aplicados para la construcción de las Raise Boring son la de Bieniawski, y la de Barton. Estas proporcionan procesos cualitativos aplicables a los modernos sistemas de sostenimiento y procesos de excavaciones mineras, como perforación piloto (objetivo de la investigación mencionada), escariado o rimado, ente otros.

Jerik Vilca y Luis Vilca consideran que para clasificar las características de los macizos rocosos se utilizan:

- Resistencia del material rocoso.
- Índice RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Orientación de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Estructuras geológicas y fallas.

- Filtraciones y presencia de agua.
- Estado tensional.
- Las clasificaciones más utilizadas en la actualidad son:
- RMR, que se emplea para la caracterización del macizo rocoso y aplicación a tunelería.
- Q, se emplea casi exclusivamente para túneles.

En la etapa de proyecto, Junior Jerik Vilca Yucra y Juan Luis Vilca Yucra consideran las siguientes clasificaciones geomecánicas:

- Efectuar el estudio geológico de la traza, por donde va desarrollarse la abertura subterránea.
- Dividir el perfil longitudinal de la obra subterránea en progresivas o tramos de características similares.
- Calcular el índice de clasificación de cada tramo.
- Asignar en cada tramo la debilidad del terreno, en función del índice de calidad de la propuesta de los sistemas de clasificación.
- Mientras que en la etapa de construcción sugieren que la clasificación geomecánica se debe usar según sea necesario y tener previsto:
- La posibilidad de los debilitamientos del terreno.
- La función del índice de calidad obtenida.

- Dependencia de parámetros como la presión de empuje.

En la tabla 2.3, se describe la variable independiente y dependiente como su dimensión e indicadores haciendo un énfasis en la caracterización de roca intacta, caracterización del macizo rocoso y el empuje adecuado.

Tabla 2.3 Indicadores de variables acorde a la caracterización del macizo
ROCOSO.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICE	INSTRUMENTOS	U.M.
Variable Independiente	Caracterización de roca intacta	Propiedades físicas.	Densidad	Laboratorio	gr/cm ³
Aplicación de la geomecánica y asignación de presión de empuje adecuado en perforación de taladros pilotos en la ejecución de chimeneas en la cámara RB Nv - 4200 y pie RB Nv - 3900 y en la cámara RB Nv - 4310 y pie RB Nv - 4185, con equipo Raise Borer en la Unidad Minera San Rafael – MINSUR S.A.			Porosidad		%
			Peso específico		N/m ³
			Cohesión		N/m ²
		Angulo de fricción interna	°		
	Propiedades mecánicas.	Resistencia compresiva uniaxial	Laboratorio	MPa	
Caracterización del macizo rocoso	Dominio estructural del macizo rocoso.	Índice RQD.	Mapeo geomecánico.	Registro lineal. Software	m
			Método de Palmstrom.	Fórmulas	%
	RMR de Bieniawski.	RMR 1898	Ábacos	0-100	
	Q de Barton.	Correlación de RMR de Bieniawski y Q de Barton.	Ábacos	0.001 - 10000	
	GSI Hoek y Paul marinos.	Estructura del macizo rocoso. Valoración numérica	Ábacos. Ábacos	0-100	
Asignación de presión de empuje adecuado	Equipo de perforación Raise Borer	Registro de presión	Manómetro	PSI	
Variable dependiente	Desviación en la cámara RB Nv - 4200 y pie RB Nv - 3900.	Control de la desviación sin considerar diferentes calidades del macizo rocoso y asignación de la presión de empuje para una sola resistencia de roca, igual a 140 Mpa en toda la longitud de perforación piloto.	Topografía subterránea	Fórmulas y Planos	m
Desviación en perforación de taladros pilotos en la ejecución de chimeneas en la cámara RB Nv - 4200 y pie RB Nv - 3900 y en la cámara RB Nv - 4310 y pie RB Nv - 4185, con equipo Raise Borer en la Unidad Minera San Rafael – MINSUR S.A.	Desviación en la cámara RB Nv-4310 y pie RB Nv-4185.	Control de la desviación considerando diferentes calidades del macizo rocoso y asignación de presión para varios tipos de la roca.	Topografía subterránea	Fórmulas y Planos	m

Fuente: Junior Jerik Vilca Yucra y Juan Luis Vilca Yucra. (2018), “APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA PARA EL CONTROL DE LA DESVIACIÓN EN LA PERFORACIÓN DEL TALADRO PILOTO CON EQUIPO RAISE BORING EN LA EJECUCIÓN DE CHIMENEAS EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR S.A.”.

2.1.1.1. Sistema Rock Mass rating (RMR) de Bieniawski 1989.

El sistema Rock Mass Rating (RMR), fue desarrollado por Bieniawski y clasifica los macizos rocosos de 0 a 100 puntos, siendo 0 para roca muy mala y 100 para roca muy buena, conforme las propuestas en los ábacos de Bieniawski 1989.

Parámetros Geo mecánicos para RMR Básico y Corregido

Las versiones más usadas son el RMR76 y el RMR89. Ambas incorporan la valoración de parámetros como:

- Para RMR básico:
 - Resistencia compresiva Uniaxial.
 - Índice RQD.
 - Espaciado.
 - Condición de las discontinuidades.
 - Agua subterránea.
- Para RMR corregido:
 - Resistencia Compresiva Uniaxial.
 - Índice RQD.
 - Espaciado.
 - Condición de las discontinuidades.
 - Agua subterránea.
 - Descuento por orientación.

2.1.1.2. Índice de calidad de roca RQD (Rock Quality Designation)

Este parámetro se obtiene a partir del porcentaje de trozos de testigo mayores de 10 cm recuperado en un sondeo, y permite estimar el grado de fracturación del macizo rocoso.

En la siguiente tabla 2.4, se muestra el análisis del RQD.

Tabla 2.4 Calidad de roca.

RQD (%)	Calidad de Roca
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Regular
75-90	Buena
90-100	Muy Buena

Fuente: Junior Jerik Vilca Yucra y Juan Luis Vilca Yucra. (2018), “APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA PARA EL CONTROL DE LA DESVIACIÓN EN LA PERFORACIÓN DEL TALADRO PILOTO CON EQUIPO RAISE BORING EN LA EJECUCIÓN DE CHIMENEAS EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR S.A”.

El RQD tiene algunas limitaciones, por ejemplo:

- No tiene en cuenta la resistencia al corte de las discontinuidades. Puede ser muy sensible a la orientación del testigo de perforación con respecto a las estructuras.
- El RQD se puede estimar a partir del espaciamiento promedio de las discontinuidades basado en la siguiente ecuación de Priest y Hudson (1976):

$$RQD = 100e^{(-0.1*\lambda)} * (0.1 * \lambda + 1)$$

λ =N° de fracturas metro /metro lineal.

En la siguiente tabla 2.5, visualiza como se halla el RMR básico y corregido de la RB en el Nv. 3990.

Tabla 2.5 RMR básico y corregido.

RMR básico y RMR corregido en pie RB Nv-3900		
Parámetro	Resultados cuantitativos	Valoración
Resistencia compresiva uniaxial (Mpa)	103 MPa (100-250 Mpa)	12
RQD	74% (50%-75%)	13
Espaciado	600-2000 mm	15
Persistencia	3-10 m	2
Apertura	0.1- 1.00 mm	4
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Duro <5mm	4
Meteorización	Moderado	3
Agua subterránea (filtración de agua)	Húmedo	10
RMR básico		68
Ajuste por orientación de discontinuidades(favorable)		-2
RMR corregido.		66

Fuente: Junior Jerik Vilca Yucra y Juan Luis Vilca Yucra. (2028), “APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA PARA EL CONTROL DE LA DESVIACIÓN EN LA PERFORACIÓN DEL TALADRO PILOTO CON EQUIPO RAISE BORING EN LA EJECUCIÓN DE CHIMENEAS EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR S.A”.

En la tabla 2.6 se aprecia los rangos y valuaciones que se debe tener en cuenta para hallar el RMR.

Tabla 2.6 Evaluación de parámetros geomecánicos.

PARAMETRO		RANGO DE VALORES							
1	Resistencia de la roca intacta	Indice de Carga puntual	> 8 MPa	4 - 8 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Para resistencia compresiva muy baja		
		Resist. Comp. Uniaxial	≥ 200 MPa	100 - 200 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	10 - 25 MPa	3 - 10 MPa	1 - 3 Mpa
	Valuación		15	12	7	4	2	1	0
2	Indice calidad testigo RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento de juntas		> 3 m	1 - 3 m	0,3 - 1 m	50 - 300 mm	< 50 mm		
	Valuación		30	25	20	10	5		
4	Condición de juntas		Superficie muy rugosa, no continua, cerrada paredes sanas	Ligeram. Rugosas, apertura < 1 mm, ligran. Intemperizadas	Ligeram. Rugosas, apertura < 1mm, paredes meteorizadas	Superficie lisa o gouge < 5 mm, o apertura de 1-5mm, juntas continuas	Gouge suave > 5 mm de espesor o juntas con apertura > 5mm, juntas continuas		
	Valuación		25	20	12	6	0		

Fuente: Córdova Rojas, David (2012), “GEOMECÁNICA APLICADA AL MINADO SUBTERRÁNEO”.

2.1.2. Máquinas Raise Boring

El Bach. Araujo Izique, Henry (2018), “INFLUENCIA DE PRESIÓN Y ROTACIÓN EN LA VELOCIDAD DE PENETRACIÓN EN RIMADO DE UNA CHIMENEA INCLINADA 52°, SISTEMA RAISE BORER, MINA UCHUCCHACUA, OYON, 2018; define y detalla detenidamente los tópicos, ¿Qué es una máquina Raise Borer?, ¿Cómo funciona una maquina Raise Borer? y ¿Qué componentes tiene una máquina Raise Borer?, por lo que es importante mencionar lo siguiente:

2.1.2.1. Método Raise Borer

Es una tecnología con un sistema mecanizado de perforación de rocas mediante la utilización de una máquina electrohidráulica, la rotación se logra a través de un motor eléctrico y el empuje de la máquina a través de

bombas hidráulicas que accionan los cilindros hidráulicos; por las cuales se efectúa hoyos verticales o inclinados entre dos niveles diferentes que deben ser conectados entre sí.

2.1.2.2. Método de Perforación

- **Piloto:** Consiste en una perforación descendente de la broca Piloto, desde una posición superior hasta llegar a un punto inferior, con diámetros que varían entre 8" a 16".
- **Rimado:** Consiste en una perforación ascendente de excavación de roca por corte y cizalle. Una vez la perforación del piloto llega al nivel inferior se retira el tricono y se conecta un escariador al diámetro requerido.

Se puede verificar las paredes lisas de la estructura donde no requiere ningún tipo de soporte.

- **Partes del Equipo Raise Borer:** En la siguiente figura se muestra la disposición de la maquina Raise Borer en la cámara de perforación.

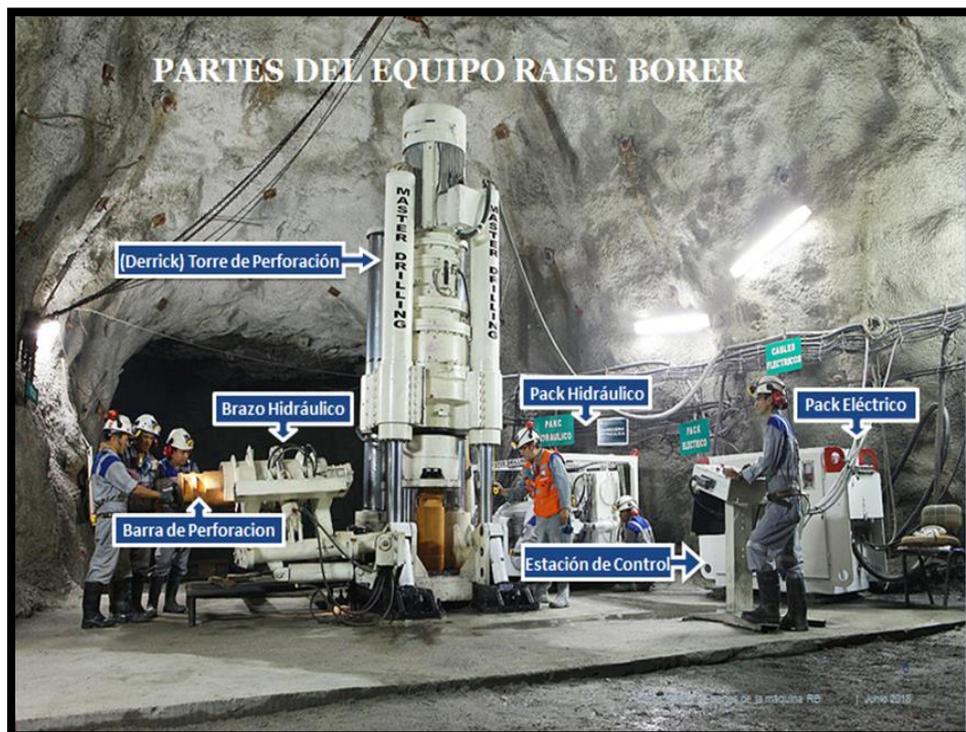


Figura 2.1 Evaluación de parámetros geomecánicos.

Fuente: Master Drilling (2015), "CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER MINA UCHUCCHACUA"

- Torre de Perforación: Es el montaje principal del sistema de perforación, suministra la rotación y fuerza de empuje necesaria para conducir la perforación del PILOTO Y ESCARIADO, así como subir y bajar la columna de barras.

Sus partes principales se muestra en la figura 2.2 a continuación:

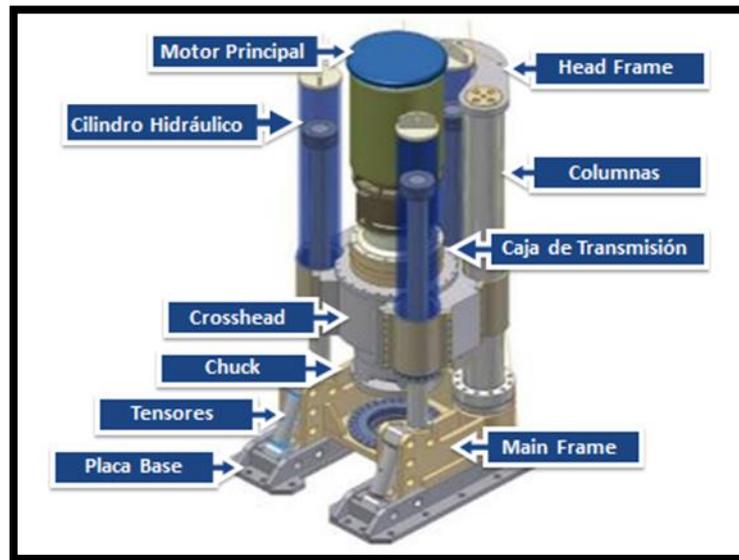


Figura 2.2 Componentes de la torre de perforación.

Fuente: Master Drilling (2015), “CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER MINA UCHUCCHACUA”

- Main Frame: Es la estructura principal que soporta el mayor peso del conjunto de la torre de perforación, esta es instalada sobre las placas bases y asegurada por la parte posterior con unos pines desmontables y en la parte frontal con dos tensores que permite dar la inclinación a la torre de perforación para el ángulo de perforación deseado; como se muestra en la siguiente figura.

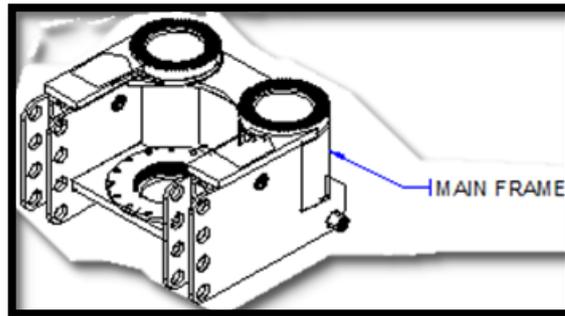


Figura 2.3 Main Frame

Fuente: Master Drilling (2015), “CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER
MINA UCHUCCHACUA”

- Columns: Transfiere toda la fuerza de torsión a la estructura principal pero no proporciona movimiento vertical. Estas están montadas en la parte de atrás de la estructura principal, pasa a través de unos bujes en el crosshead y está asegurada en la parte superior por el head frame; como se muestra en la siguiente figura.

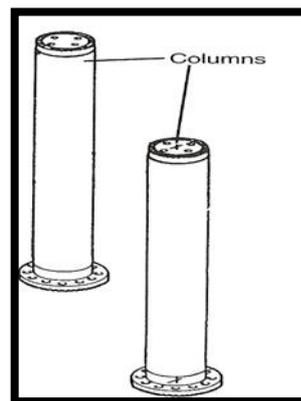


Figura 2.4 Colum's

Fuente: Master Drilling (2015), “CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER
MINA UCHUCCHACUA”

- Crosshead: Es la plataforma de bloque movable sobre la cual están montados la caja de cambios (drive box) y el motor principal. Se conducen verticalmente por los dos cilindros hidráulicos y por las dos columnas. El crosshead eleva y baja la columna de perforación y transfiere carga de torsión a las columnas; como se muestra en la siguiente figura.

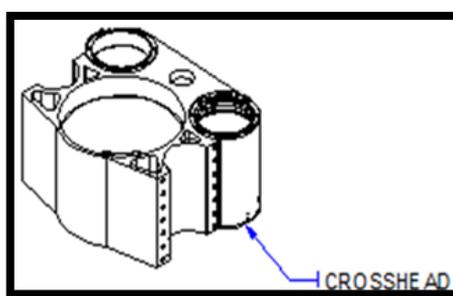


Figura 2.5 Crosshead

**Fuente: Master Drilling (2015), “CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER
MINA UCHUCCHACUA”**

- Head Frame: Es la estructura cabezal en U montado encima de las columnas, sirve como soporte para compartir las cargas entre las dos columnas, y mantiene libre de vibraciones, como se muestra en la siguiente figura.

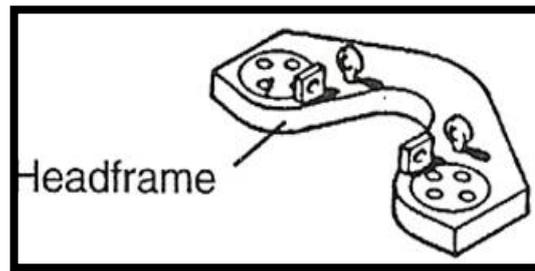


Figura 2.6 Head Frame

Fuente: Master Drilling (2015), "CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER
MINA UCHUCCHACUA"

- Cylinder Assambly: Los Cilindros Hidráulicos proporcionan la fuerza vertical requerida a través de un conjunto de bombas hidráulicas y electroválvulas, con una presión de entrada de 3500 Psi (270 bar), los cilindros proporcionan 315.000 libras (142.256 Kg) de fuerza hacia arriba y 210.000 libras (95.256 Kg) de fuerza hacia abajo, como se muestra en la siguiente figura.

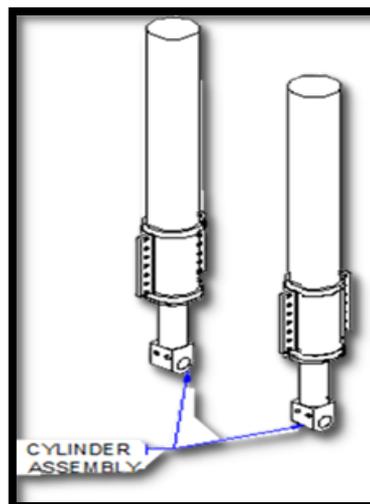


Figura 2.7 Cylinder Assamble

Fuente: Master Drilling (2015), "CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER
MINA UCHUCCHACUA"

- Gear Box: Es la caja de transmisión con un sistema de engranajes que transmite el impulso mediante reducciones, proporcionan fuerza de torque con la razón de cambio alta y baja velocidad en una sección de excitación de entrada que proporciona velocidades de 8, 16, 30, 60 RPM en 50 Hz y 10, 20, 36, 72 RPM en 60 Hz; como se muestra en la siguiente figura.

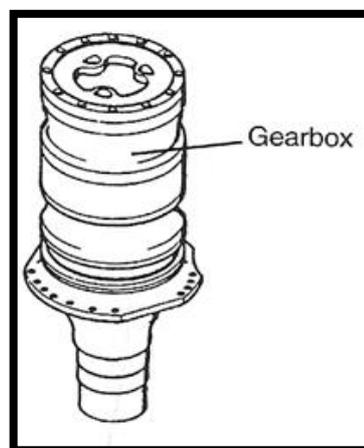


Figura 2.8 Gear Box

Fuente: Master Drilling (2015), "CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER MINA UCHUCCHACUA"

- Drivehead: Es la caja de conducción con un conjunto de mecanismos que soportan el peso de la columna de perforación y el escariador. Está esféricamente montado para proteger el Gear Box de cargas montadas encima inducidas por momentos de torsión, permitir que la columna de perforación enrosque fácilmente, la caja de conducción flotara sobre un Spindle que permitirá el enroscado durante el ajuste o rotura de la conexión de las barras; como se muestra en la siguiente figura.

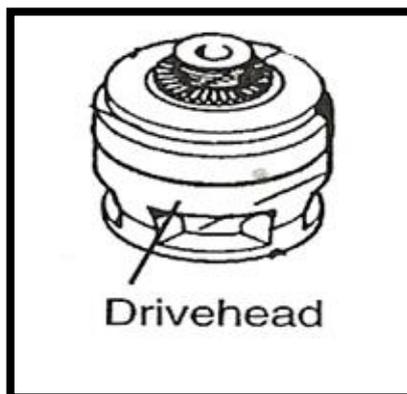


Figura 2.9 Drivehead

**Fuente: Master Drilling (2015), "CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER
MINA UCHUCCHACUA"**

- Electric Motor: Los motores eléctricos transforman la energía eléctrica en energía mecánica y generan la fuerza para transmitir rotación a la caja de cambio. El tamaño del motor depende del tamaño de la máquina. En una máquina RBM-6 es de 2 velocidades de fuerza constante (150 Hp – 112 Kw); como se muestra en la siguiente figura.

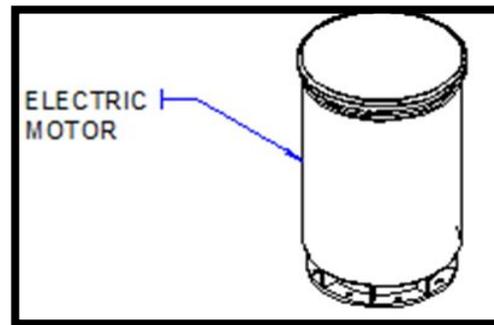


Figura 2.10 Electric moto

Fuente: Master Drilling (2015), “CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER
MINA UCHUCCHACUA”

- Base Plate: Las placas bases es la estructura metálica que es asegurada a la losa de concreto por pernos de anclaje y sobre ella se fija la máquina con unos pasadores de expansión. La posición la define el topógrafo de la mina, de acuerdo a la dirección a perforar; como se muestra en la siguiente figura.

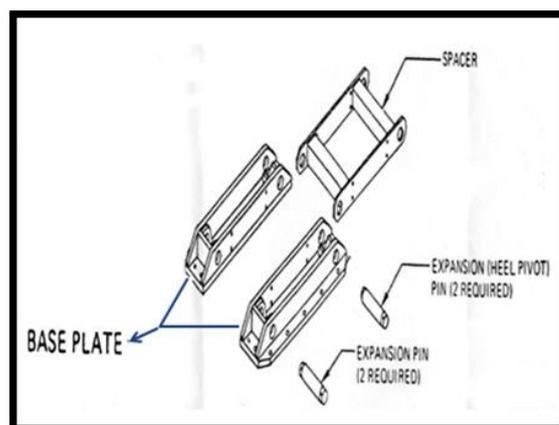


Figura 2.11 Base Plate

Fuente: Master Drilling (2015), “CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER
MINA UCHUCCHACUA”

- Turnbuckle: Es una pieza perno – tuerca que es instalada en la parte frontal de la máquina entre la placas bases y el Main Frame; con las cuales se le da el ángulo de inclinación a la máquina; como se muestra en la siguiente figura.

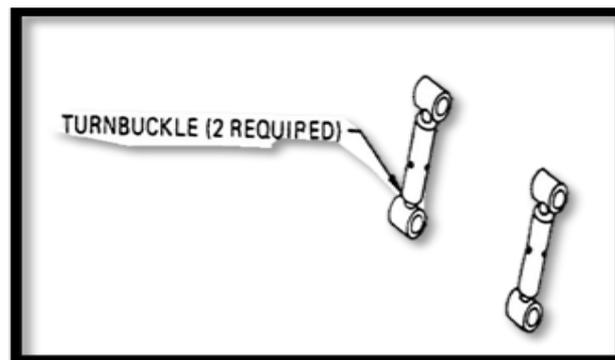


Figura 2.12 Turnbuckle

Fuente: Master Drilling (2015), “CAPACITACIÓN MÉTODO RAISE BORER MINA UCHUCCHACUA”

2.1.3. Estudio Técnico – Económico

El Bach. Trujillo Bravo, Bitmer Vladimir (2018), “**COSTOS OPERATIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – UNIDAD JULCANI**”, realiza el estudio técnico-económico comparando la construcción de chimeneas utilizando el método convencional (ver tabla 2.7), el método raise climber (ver tabla 2.8) y el método raise borer (ver tabla 2.9); se llegó a la conclusión que el método convencional es el más económico ya que no se utilizan herramientas y equipos mecanizados pero es el más inseguro, por el contrario, el método raise borer es el más costoso

ya que se necesita realizar obras civiles para instalar los equipos mecanizados y equipos secundarios para la movilización de estos; y es el método más seguro donde no se expone al personal directamente al espacio abierto y al desprendimiento de roca.

Tabla 2.7 Costos unitarios de la chimenea de 6x6 convencional.

SECCIÓN	:	CHIMENEA DE 6' X 6' CONVENCIONAL
UNIDAD	:	M.
TIPO DE ROCA	:	DURA - SEMIDURA
TALADROS/DISPARO	:	22
LONGITUD DE TALADRO	:	6 PIES
AVANCE/DISPARO	:	1.5 M.
EFICIENCIA	:	83 %
LIMPIEZA	:	NO INCLUYE.
HORAS DE TRABAJO	:	8

RECURSOS	UNIDAD	INCIDENCIA	PRECIO US \$		
			UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
1.- MANO DE OBRA					
Maestro Peforista	HH	1 * 8 / 1 = 8.00	5.55	44.40	
Ayudante Peforista	HH	1 * 8 / 1 = 8.00	4.82	38.56	
Enmaderador	HH	1 * 8 / 1 = 8.00	5.55	44.40	
Ayudante Enmaderador	HH	1 * 8 / 1 = 8.00	4.82	38.56	
Capataz	HH	1 * 8 / 6 = 1.33	6.78	9.04	
Residente	HH	1 * 8 / 6 = 1.33	16.62	22.16	
					197.120
2.- EXPLOSIVOS					
Dinamita	CAR.	22 * 6 / 1 = 132.00	0.16	21.12	
Fulminante	PZA.	2 * 1 / 1 = 2.00	0.11	0.22	
Guia de seguridad	PIE	3 * 2 / 1 = 6.00	0.10	0.60	
Fanel	PZA.	22 * 1 / 1 = 22.00	1.46	32.12	
Pentacord	M.	4 * 1 / 1 = 4.00	0.18	0.72	
					54.780
3.- EQUIPOS Y OTROS					
Perforación	PP	24 * 6 / 1 = 144.00	0.11	15.84	
Maderamen	GLO.	1 * 1 / 1 = 1.00	64.36	64.36	
Compresora 300 CFM	HM	1 * 8 / 1 = 8.00	21.08	168.64	
Otros		1 * 1 / 1 = 1.00	23.62	23.62	
					272.460

COSTO DE OPERACIÓN POR CICLO		524.360
COSTO DE OPERACIÓN POR METRO LINEAL		349.573
GASTOS GENERALES	10%	34.957
UTILIDAD DE CONTRATA	15%	52.436
IMPREVISTOS	5%	17.479
PRECIO UNITARIO POR METRO		US \$ 454.445

Fuente: Trujillo Bravo, Bitmer Vladimir (2018), "COSTOS OPERATIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – UNIDAD JULCANI"

Tabla 2.8 Costos Unitarios de la chimenea de 6' x 6' Climber.

SECCIÓN		CHIMENEA DE 6' X 6' RAISE CLIMBER						
UNIDAD		M.						
TIPO DE ROCA		DURA - SEMIDURA						
TALADROS/DISPARO		22						
LONGITUD DE TALADRO		6 PIES						
AVANCE/DISPARO		1.5 M.						
EFICIENCIA		83 %						
LIMPIEZA		NO INCLUYE.						
HORAS DE TRABAJO		8						
RECURSOS	UNIDAD	INCIDENCIA				PRECIO US \$		
						UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
1.- MANO DE OBRA								
Maestro Peforista	HH	1	*	8 / 1 =	8.00	5.55	44.40	
Ayudante Peforista	HH	1	*	8 / 1 =	8.00	4.82	38.56	
Técnico Mec-Eléctrico	HH	1	*	8 / 1 =	8.00	5.55	44.40	
Ayudante Mec. Eléc.	HH	1	*	8 / 1 =	8.00	4.82	38.56	
Capataz	HH	1	*	8 / 6 =	1.33	6.78	9.04	
Residente	HH	1	*	8 / 6 =	1.33	16.62	22.16	
								197.120
2.- EXPLOSIVOS								
Dinamita	CAR.	22	*	6 / 1 =	132.00	0.16	21.12	
Fulminante	PZA.	2	*	1 / 1 =	2.00	0.11	0.22	
Guia de seguridad	PIE	3	*	2 / 1 =	6.00	0.10	0.60	
Fanel	PZA.	22	*	1 / 1 =	22.00	1.46	32.12	
Pentacord	M.	4	*	1 / 1 =	4.00	0.18	0.72	
								54.780
3.- EQUIPOS Y OTROS								
Perforación	PP	24	*	6 / 1 =	144.00	0.11	15.84	
Raise Climber	CLO.	1	*	1 / 1 =	1.00	185.00	185.00	
Compresora 300 CFM	HM	1	*	8 / 1 =	8.00	21.08	168.64	
Otros		1	*	1 / 1 =	1.00	23.62	23.62	
								393.100
COSTO DE OPERACIÓN POR CICLO								645.000
COSTO DE OPERACIÓN POR METRO								430.000
GASTOS GENERALES						10%	43.000	
UTILIDAD DE CONTRATA						15%	64.500	
IMPREVISTOS						5%	21.500	
PRECIO UNITARIO POR METRO								559.000
								US \$

Fuente: Trujillo Bravo, Bitmer Vladimir (2018), "COSTOS OPERATIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – UNIDAD JULCANI"

Tabla 2.9 Costos Unitarios de la chimenea de 6' x 6' Raise Borer.

SECCIÓN	:	CHIMENEA DE 6' X 6' RAISE BORER
UNIDAD	:	M.
TIPO DE ROCA	:	DURA - SEMIDURA
TALADROS/DISPARO	:	22
LONGITUD DE TALADRO	:	6 PIES
AVANCE/DISPARO	:	1.5 M.
EFICIENCIA	:	93 %
LIMPIEZA	:	NO INCLUYE.
HORAS DE TRABAJO	:	8

RECURSOS	UNIDAD	INCIDENCIA	PRECIO US \$		
			UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
1.- MANO DE OBRA					
Maestro Peforista	HH	1 * 8 / 1 =	8.00	5.55	44.40
Ayudante Peforista	HH	1 * 8 / 1 =	8.00	4.82	38.56
Técnico Mec-Eléctrico	HH	1 * 8 / 1 =	8.00	5.55	44.40
Ayudante Mec. Eléc.	HH	1 * 8 / 1 =	8.00	4.82	38.56
Capataz	HH	1 * 8 / 6 =	1.33	6.78	9.04
Residente	HH	1 * 8 / 6 =	1.33	16.62	22.16
					197.120
3.- EQUIPOS Y OTROS					
Perforación	PP	0 * 6 / 1 =	0.00	0.11	0.00
Raise Borer	CLO.	1 * 1 / 1 =	1.00	755.79	755.79
Compresora 300 CFM	HM	1 * 8 / 1 =	8.00	10.67	85.36
Otros		1 * 1 / 1 =	1.00	23.62	23.62
					864.770

COSTO DE OPERACIÓN POR CICLO		1,061.890
COSTO DE OPERACIÓN POR METRO		707.927
GASTOS GENERALES	10%	70.793
UTILIDAD DE CONTRATA	15%	106.189
IMPREVISTOS	5%	35.396
PRECIO UNITARIO POR METRO		US \$ 920.305

Fuente: Trujillo Bravo, Bitmer Vladimir (2018), "COSTOS OPERATIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – UNIDAD JULCANI"

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- Geomecánica: Es el estudio de la respuesta mecánica del macizo rocoso con el campo de fuerzas de su entorno físico estudiadas por la geología estructural, hidrogeología, geofísico y mecánica de suelos
- Nivel: Cota en el desarrollo del laboreo minero donde se realiza una actividad, productiva, exploratoria o de servicio.
- Zona: Lugar específico donde se realiza una actividad dentro de la mina (socavón).
- Esfuerzos: Es una fuerza que actúa sobre el macizo rocoso. Existen esfuerzos por tensión, flexión, compresión y cortantes.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OPERACIÓN DE VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Un eficiente análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica permite determinar una velocidad de perforación óptima en la construcción de chimeneas de servicio utilizando el método de perforación Raise Borer.

3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Velocidad de perforación óptima en la construcción mecanizada de chimeneas en minas subterráneas polimetálicas.

3.3. VARIABLE INDEPENDIENTE

Análisis de correlación entre la presión de perforación y velocidad de perforación empírica.

Tabla 3.1 Operación de variables.

OPERACIÓN DE VARIABLES				
CLASE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
DEPENDIENTE	Velocidad de perforación óptima en la construcción mecanizada de chimeneas en minas subterráneas polimetálicas.	Obtener la velocidad de perforación promedio adecuada para diferentes clases de terrenos.	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de perforación (m/h). - Diámetro de perforación (m) 	Incremento y/o disminución de la velocidad de perforación.
INDEPENDIENTE	Análisis de correlación entre la presión de perforación y velocidad de perforación empírica.	Analizar la correlación entre la presión de perforación y velocidad de perforación en macizos rocosos del mismo tipo.	<ul style="list-style-type: none"> - Presión de perforación (Mpa). - Caracterización del macizo rocoso (RMR). 	Dependencia directa o indirecta mente proporcional de los parámetros en la perforación.

Fuente: Elaboración propia. (2021).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1. Enfoque

Es una investigación cuantitativa como se describe en la siguiente tabla 4.1.

Tabla 4.1 Análisis de enfoque

Características	Investigación cualitativa	Investigación cuantitativa
Percepción de la realidad		La investigación es objetiva porque utiliza información veraz y real como presiones de perforación, velocidad de perforación empleadas por el operador y datos geo mecánicos específicos del terreno.
Razonamiento		Contrasta la hipótesis "Un eficiente análisis la correlación entre la presión de perforación y velocidad de perforación empírica permitirá, determinar una velocidad de perforación promedio en la construcción de chimeneas de servicio utilizando el método de perforación Raise Borer".
Finalidad	La finalidad es analizar (explorar) la correlación que tienen las variables de presión de perforación y velocidad de perforación.	
Orientada		La investigación está orientada al resultado ya que la finalidad es encontrar la correlación de las variables mencionadas.
Principio de verdad		La investigación particulariza las variables y el entorno a desarrollar la investigación. Se centra en similitudes ya que utiliza como referencia datos y condiciones similares en el desarrollo de la investigación.
Perspectiva del investigador	La investigación se realiza desde dentro, en torno a datos próximos ya que la velocidad de perforación es variable	
Causalidad		Cuenta con antecedentes específicos.

Fuente: Elaboración propia. (2021).

4.1.2. Alcance

La investigación es de tipo correlacional ya que la finalidad de la misma es analizar la correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica ejecutada por el operador del en el proceso de perforación rimado de la construcción Raise Borer.

4.1.3. Diseño de la investigación

Es experimental y no experimenta, debido a:

- Experimental; debido a que se recopila las presiones de perforación en campo y de las máquinas Raise Borer detalladas en la unidad de análisis.
- No experimental; debido a que los datos geo mecánicos a utilizar son recopilados de un estudio geomecánico realizado con anterioridad a la tesis.

4.2. UNIDAD DE ANÁLISIS

4.2.1. Localización

La unidad de análisis de la presente investigación es la Unidad Minera Uchucchacua (pertenece en un 100% a Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.), esta se ubica en el distrito de Oyón, provincia de Oyón, región Lima, como se presenta en la figura 4.1. Es una operación subterránea descubierta por Buenaventura que produce plata, plomo y zinc. Inició operaciones en 1975.

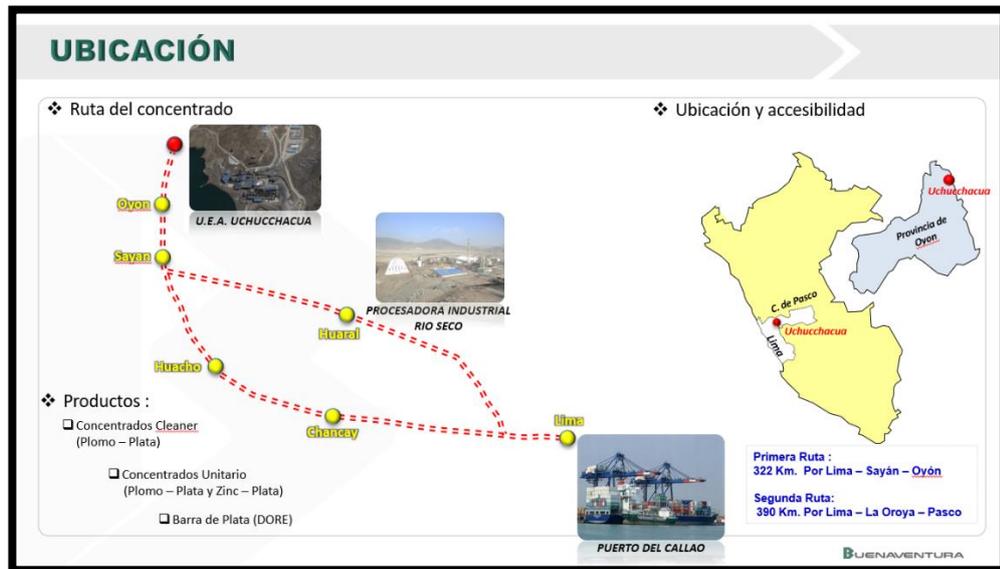


Figura 4.1 Ubicación Territorial de U.M. Uchucchacua

Fuente: “<https://www.buenaventura.com/es/operaciones/detalle/7>” (2021).

4.2.2. Geología

Es un yacimiento argentífero con metales base y alto contenido de manganeso hospedado en rocas carbonatadas de la formación Jumasha del cretáceo superior, relacionado a intrusivos del mioceno. Consiste de vetas y cuerpos de reemplazamiento asociados a sistemas de estructuras NE-SW, E-W y NW-SE. Destacan las fallas Uchucchacua, Socorro-Cachipampa, Rosa y Sandra, entre otras. La mineralogía es variada y compleja con la ocurrencia de plata en sulfuros y sulfosales, con abundante alabandita y calcosilicatos de manganeso. El plomo y zinc se incrementan en las inmediaciones de los intrusivos. Se trabaja en las minas Socorro, Carmen-Casualidad y Huantajalla, como se muestra en la siguiente figura 4.2.

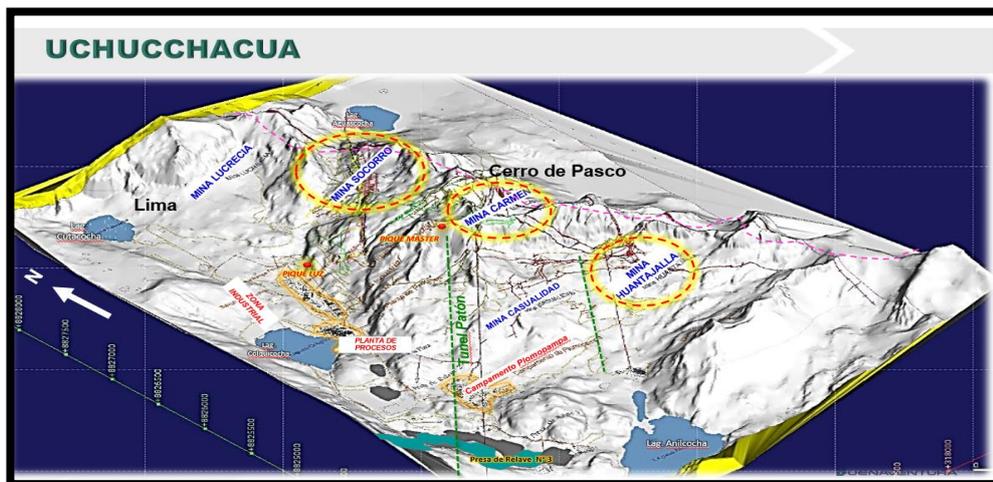


Figura 4.2 Zonas de Mineralización en U.M. Uchucchacua

Fuente: “<https://www.buenaventura.com/es/operaciones/detalle/7>” (2021).

4.2.2.1. Mineralización y Paragénesis: Etapa 1

La etapa 1: Fe, Mn y Si fueron introducidos en el exoskarn como silicatos deshidratados; como se muestra en la siguiente figura 4.3.

- Formación de exoskarn: rodonita, tefroita, johansonita, cuarzo y calcita.
- Metales introducidos: Mn, Fe, Ca
- Metales Redistribuidos: ninguna

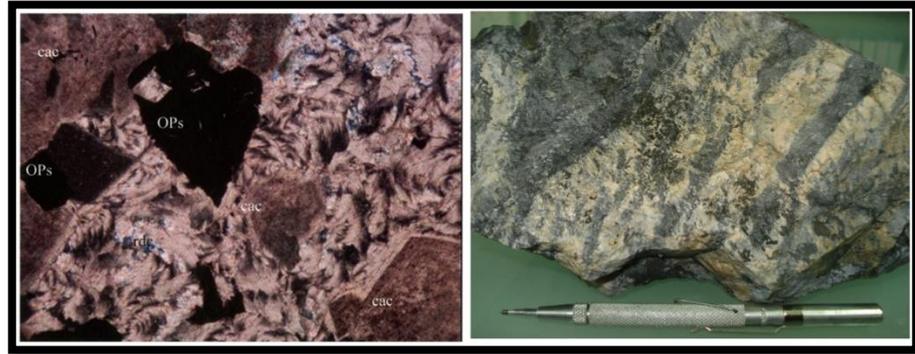


Figura 4.3 Rodrosita relleno intersticios de calcita.

Fuente: CIA Buenaventura S.A.A (2019), Memoria Anual Unidad Uchucchacua.

4.2.2.2. Mineralización y Paragénesis: Etapa 2

La etapa 2 o etapa principal es la más abundante en el yacimiento. La mayoría de las vetas y los cuerpos están dominados por carbonatos y sulfuros de esta etapa.

Precipitación de galena, esfalerita, calcopirita, tetraedrita, pirita, pirrotita, arsenopirita, rodonita, rodrosita, bustamita, alabandita, cuarzo, calcita y fluorita; como se muestra en la siguiente figura 4.4.

- Metales introducidos: Zn, Pb, Fe, Cu, S
- Metales Redistribuidos: Mn, Fe



Figura 4.4 Cristales desarrollados de galena asociado con esfalerita, calcopirita, tetraedrita, calcita y cuarzo.

Fuente: CIA Buenaventura S.A.A (2019), Memoria Anual Unidad Uchucchacua.

4.2.2.3. Mineralización y Paragénesis: Etapa 3

La etapa 3, económicamente es el más importante porque esta etapa es el responsable de la mineralización de plata. El mineral principal de Ag lo constituyen las Platas rojas (pirargirita-proustita).

Precipitación de pirargirita, proustita, argentita, mirargirita, polibasita, pirita, calcita, alabandita, estibina, regalgar, oropimente; como se muestra en la siguiente figura 4.5.

- Metales introducidos: Ag, As, Sb, S
- Metales Redistribuidos: Mn, Zn, Pb, Fe



Figura 4.5 Cristales desarrollados de calcita, galena y pirargirita.

Fuente: CIA Buenaventura S.A.A (2019), Memoria Anual Unidad Uchucchacua.

4.2.2.4. Mineralización y Paragénesis: Etapa 4

La etapa 4, la oxidación supérgena se presenta en intervalos de 30 a 150 m desde superficie y está caracterizada principalmente por abundante goethita, óxidos de manganeso y carbonatos de plomo.

- Oxidación Supérgena (IV): Formación de cerusita, siderita, marcasita, oropimente, goethita y óxidos de manganeso; como se muestra en la siguiente figura 4.6.
- Metales introducidos: Ninguna
- Metales Redistribuidos: Mn, Zn, Pb, Fe, Ag.



Figura 4.6 Mineralización de óxidos (goethita, limonitas y óxidos de manganeso).

Fuente: CIA Buenaventura S.A.A (2019), Memoria Anual Unidad Uchucchacua.

4.2.3. Infraestructura

Se tiene en el circuito de Falla Socorro 4 ventiladores principales:

- Ventilador de 300 KCFM – Airtec.
- Ventilador de 300 KCFM – Howden.
- Ventilador de 90 KCFM – Airtec.
- Ventilador de 60 KCFM – Airtec.

Se tiene en el circuito de Falla Carmen 1 ventilador principal:

- Ventilador de 120 KCFM - Airtec.

• Se tiene en el circuito de Falla Huantajalla 1 ventilador principal:

- Ventilador de 100 KCFM – Airtec.

En la siguiente figura 4.7, se muestra la ubicación de los ventiladores y el respectivo circuito que generan para eliminar los gases de interior mina.

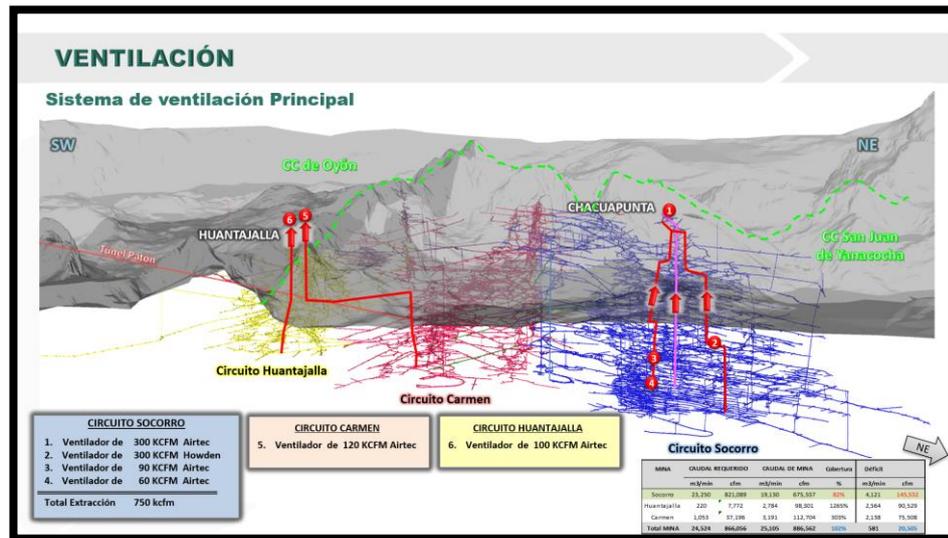


Figura 4.7 Circuito de Ventilación - Mina Uchucchacua

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente investigación se utilizaron los datos geo mecánicos de las Máquinas Raise Boring correspondientes a los proyectos RB76, RB 78 y RB 80, ubicados en la mina Socorro como se muestra en la siguiente figura 4.8.

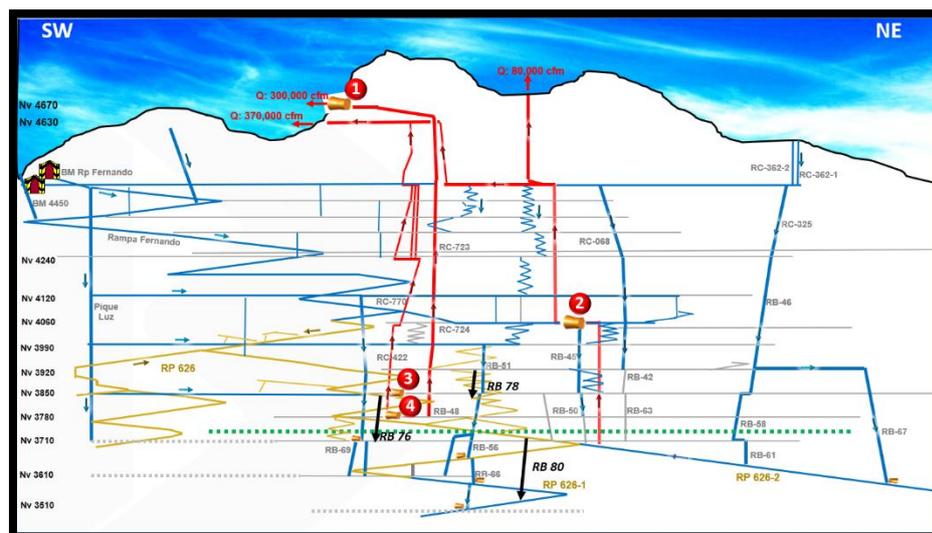


Figura 4.8 Circuito de Ventilación - Falla Socorro

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 4.2 Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
			DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE		
¿Cómo un análisis de los parámetros de perforación en la construcción de chimeneas utilizando método Raise Borer revertirá los efectos del Sar-Cov2 en el sector minería?	Analizar la correlación entre la presión de perforación y velocidad de perforación empírica para determinar una velocidad de perforación óptima en perforación tipo rimado.	Un eficiente análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica permite determinar una velocidad de perforación óptima en la construcción de chimeneas de servicio utilizando el método de perforación Raise Borer.	Velocidad de perforación óptima en la construcción mecanizada de chimeneas de servicio en minas subterráneas polimetálicas.	Análisis de correlación entre la presión de perforación y velocidad de perforación empírica.	*Presión de Perforación (Mpa). *RMR. *Velocidad de perforación (m/h).	*Reportes diarios. *Informes geomecánico. *Tablas de Excel. *Revisión de maquina Raise Borer.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

5.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

En el presente trabajo de investigación se realizó la toma de datos de campo de los proyectos Raise Borer (RB), RB 76, RB 78 y R80; para la perforación tipo rimado.

Una vez terminado la perforación piloto, se conecta en la parte inferior de la chimenea Raise Borer la escariadora para iniciar el rimado como se muestra en la siguiente figura 5.1.



Figura 5.1 Conexión de escariadora - Máquina Raise Borer

Fuente: Elaboración Propia

Una vez instalada la escariadora, se procede con la perforación del rimado de manera ascendente, los datos de este proceso son tomados tanto de campo como de gabinete; como se muestra en la siguiente Figura 5.2.



Figura 5.2 Prueba de cortadores - Maquina Raise Borer

Fuente: Elaboración Propia

Los datos recolectados como la presión de perforación y velocidad de perforación fueron recolectados de los tableros de mando de las máquinas Raise Borer como se muestra en la siguiente figura 5.3.; a su vez se realizaron toma de información por parte del personal de la contratista Master Drilling como los supervisores y operadores para contrastar los datos obtenidos del tablero de mando.



Figura 5.3 Tablero de mando - Maquina Raise Borer

Fuente: Elaboración Propia

Los datos que se obtuvieron se encuentran en el anexo 1, anexo 2 y anexo 3 para las RB 76, RB 78 y RB 80 respectivamente; los cuales se analizaron en el siguiente subcapítulo, "Procesamiento de la información".

Para obtener el RMR del macizo rocoso donde se realizaron las Raise Borer, se utilizaron estudios geo mecánicos pasados los cuales se encuentran en el anexo 4, anexo 5 y anexo 6; los cuales serán contrastados en campo.

En las figuras 5.4, 5.5 y 5.6, se muestran los proyectos mencionados.

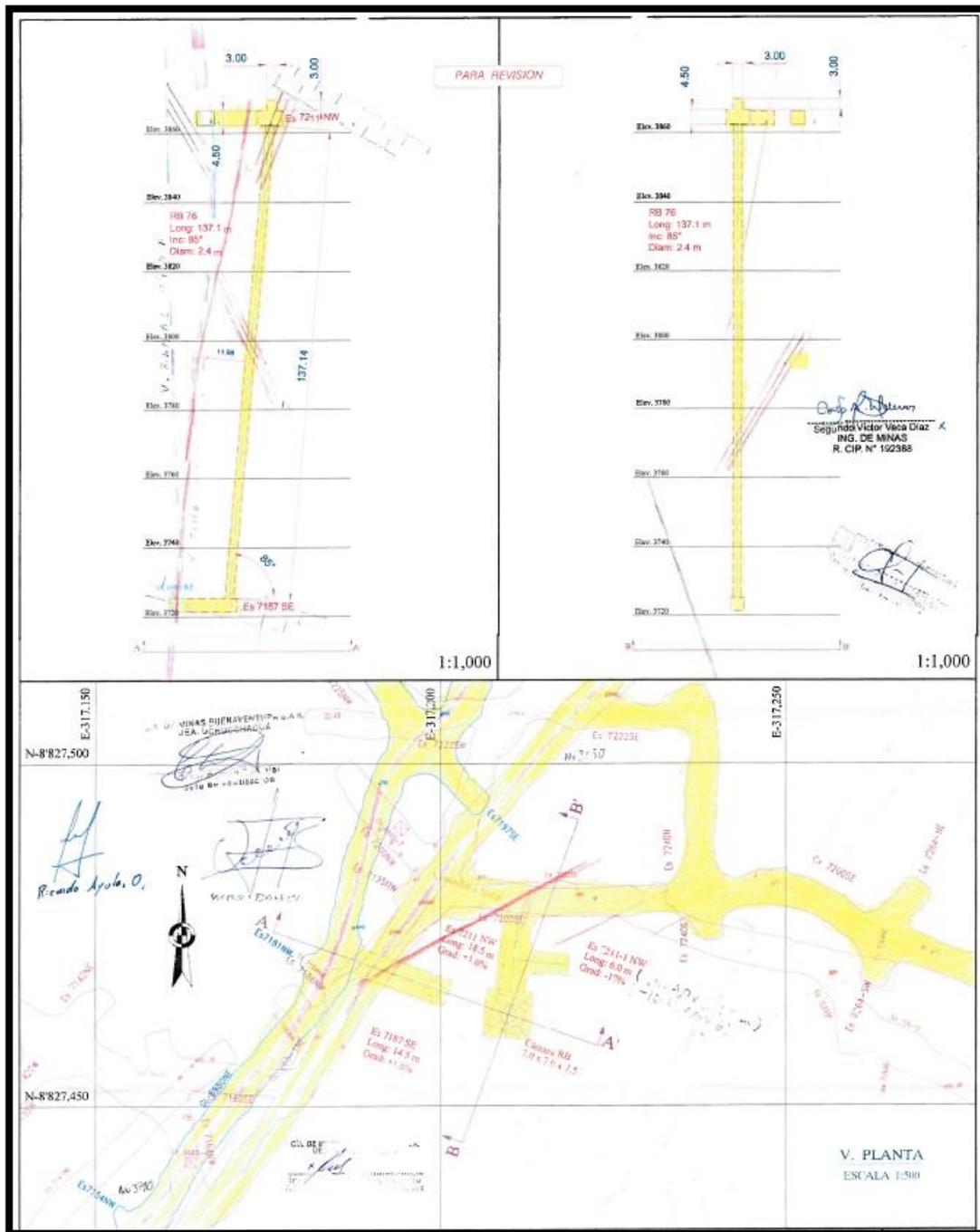


Figura 5.4 Raise Borer 76 - Falla Socorro

Fuente: Elaboración Propia

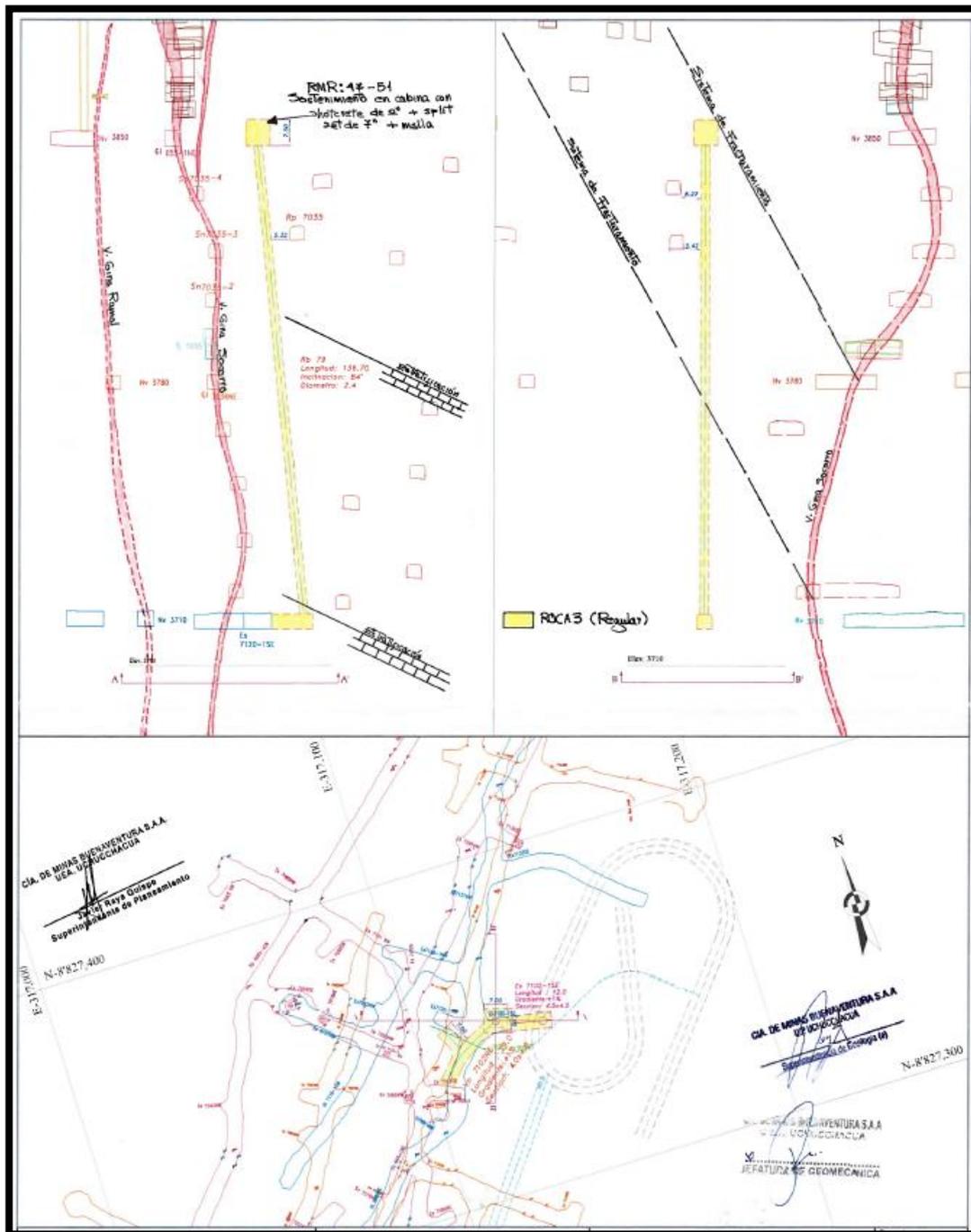


Figura 5.5 Raise Borer 78 - Falla Socorro

Fuente: Elaboración Propia

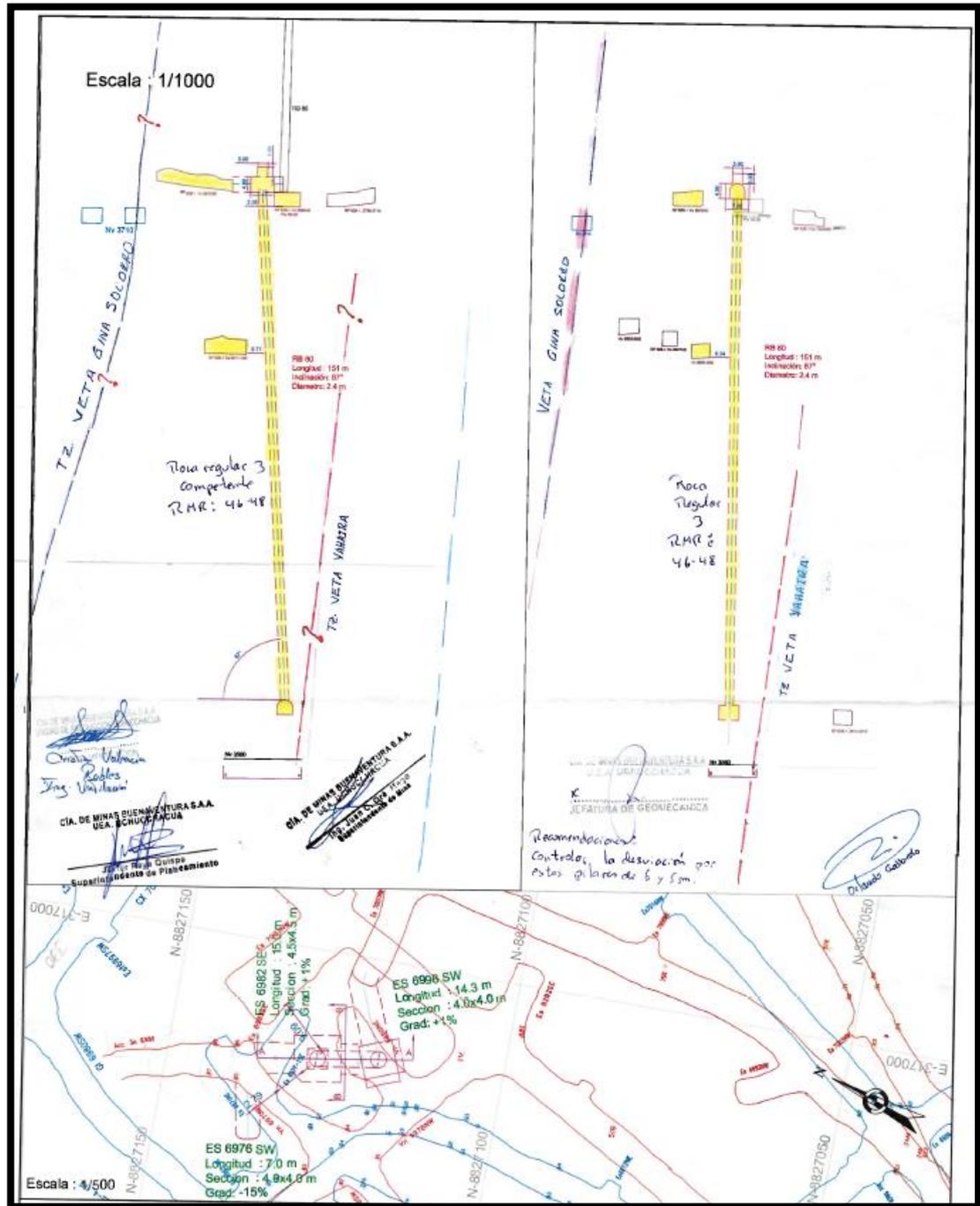


Figura 5.6 Raise Borer 80 - Falla Socorro

Fuente: Elaboración Propia

5.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez obtenida la data de campo que se encuentran en los anexos 1, 2, 3, 4, 5 y 6; se procesa la información utilizando el software Microsoft Excel 2019

5.2.1. Raise Borer 76

Los datos que se encuentran en el anexo 1 y anexo 4, se procesaron y se extrajeron la longitud, las guardias (horas efectivas), el tipo de roca y la presión de perforación; estas son trabadas en las tablas 5.1 y 5.4 para obtener los datos necesarios y realizar la correlación de las variables.

Tabla 5.1 Datos del Proyecto Raise Borer 76.

Datos del proyecto Raise Borer	
Máquina	RD3250E
Mina	UCHUCCHACUA
N° de Chimenea	RB76
Longitud de Hoyo	137.48
Inclinación de Hoyo	85°
Diámetro de Piloto (")	12 1/4
Diámetro de las barras (")	11 1/4
Diámetro de Rimado (m)	2.4
Nivel de la perforación	Nv. 3860
Tipo de suelo	ROCA TIPO III

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2. Raise Borer 78

Los datos que se encuentran en el anexo 2 y anexo 5, se procesaron y se extrajeron la longitud, las guardias, el tipo de roca y la presión de perforación; estas son trabadas en las tablas 5.2 y 5.5 para obtener los datos necesarios y realizar la correlación de las variables.

Tabla 5.2 Datos del Proyecto Raise Borer 78.

Datos del proyecto Raise Borer	
Máquina	RD3250E
Mina (Faena)	UCHUCCHACUA
N° de Chimenea	RB78
Longitud de Hoyo (m)	68.94
Inclinación de Hoyo	78
Diámetro de Piloto (")	12 1/4
Diámetro de las barras	11 1/4
Diámetro de Rimado (m)	2.4
Nivel de la perforación	Nv. 3870
Tipo de suelo	TIPO III

Fuente: Elaboración Propia

5.2.3. Raise Borer 80

Los datos que se encuentran en el anexo 3 y anexo 6, se procesaron y se extrajeron la longitud, las guardias, el tipo de roca y la presión de perforación; estas son trabadas en las tablas 5.3 y 5.6, para obtener los datos necesarios y realizar la correlación de las variables.

Tabla 5.3 Datos del Proyecto Raise Borer 80.

Datos del proyecto RB	
Máquina	RD3250E
Mina (Faena)	UCHUCCHACUA
N° de Chimenea	RB80
Longitud de Hoyo (m)	151
Inclinación de Hoyo	87
Diámetro de Piloto (")	12 1/4
Diámetro de las barras	11 1/4
Diámetro de Rimado (m)	2.4
Nivel de la perforación	Nv. 3710
Tipo de suelo	TIPO III

Fuente: Elaboración Propia

El estudio se realizó en una zona con el mismo tipo de roca, tipo III; lo que permite ordenar los datos de manera adecuada para utilizar el método de regresión lineal en el siguiente tópico, "Análisis de Resultados".

Tabla 5.4 Datos de campo de Raise Borer 76.

PROCESO ACTUAL	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO
Tiempo efectivo de perforación (h)												
Turno día	1.17	3.08	7.50	6.25	6.75	6.67	6.83		6.08	6.75	5.58	
Turno noche	6.25	5.42	6.67	6.08	6.42	6.25	6.42	6.08		6.92	4.33	3.17
Total, día	7.42	8.50	14.17	12.33	13.17	12.92	13.25	6.08	6.08	13.67	9.91	3.17
Escariado (m)												
Avance del turno día (m)	1.00	2.54	7.17	7.59	7.60	7.59	7.58	0.00	7.58	7.48	7.59	0.00
Avance del turno noche (m)	6.08	6.95	8.00	7.58	7.46	7.48	7.50	7.42	0.00	7.60	4.14	3.55
Indicadores												
Penetración ESCARIADO turno día (m/h)	0.85	0.82	0.96	1.21	1.13	1.14	1.11	0.00	1.25	1.11	1.36	0.00
Penetración ESCARIADO turno noche (m/h)	0.97	1.28	1.20	1.25	1.16	1.20	1.17	1.22	0.00	1.10	0.96	1.12
T/Cutter día	6.40	7.60	10.30	8.20	8.50	12.60	12.90			13.70	13.00	
T/Cutter noche	9.80	8.70	10.50	8.00	9.00	12.80	13.10	13.30	13.50	13.90	14.20	11.00
Parámetros de perforación												
Código y potencia del motor principal (Hp)	LEL 12 - 250HP											
Turno Día												
Presión (Mpa)	10.00	12.00	13.00	13.50	13.00	14.00	14.00	0.00	13.00	14.00	13.00	0.00
Turno Noche												
Presión (Mpa)	13.00	13.00	13.00	13.00	14.00	14.00	14.00	14.00	0.00	14.00	14.00	11.00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5.5 Datos de campo de Raise Borer 78.

PROCESO ACTUAL	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO
Tiempo efectivo de perforación (h)							
Turno día	5.08	4.58	6.25	4.41	5.42	4.75	0.00
Turno noche	3.00	6.33	6.00	6.92	6.00	1.25	2.58
Total, día	8.08	10.91	12.25	6.92	11.42	6.00	2.58
Escariado (m)							
Avance del turno día (m)	5.06	4.56	6.07	4.64	7.58	6.08	0.00
Avance del turno noche (m)	3.03	6.07	6.08	7.49	7.48	1.52	3.28
Indicadores							
Penetración ESCARIADO turno día (m/h)	1.00	1.00	0.97	1.05	1.40	1.28	0.00
Penetración ESCARIADO turno noche (m/h)	1.01	0.96	1.01	1.08	1.25	1.22	1.27
T/Cutter día	12.90	13.10	13.40	11.4	11.80	11.10	0.00
T/Cutter noche	11.80	13.20	13.50	11.60	11.00	11.10	10.20
Parámetros de perforación							
Código y potencia del motor principal (Hp)	LEL 12 - 250HP						
Turno Día							
Presion (Mpa)	13.00	14.00	10.00	12.50	14.00	13.00	0.00
Turno Noche							
Presion (Mpa)	13.00	14.00	14.00	14.00	14.00	13.00	12.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.6 Datos de campo de Raise Borer 80.

PROCESO ACTUAL	RIMADO	R	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO							
Tiempo efectivo de perforación (h)													
Turno día		3.67	1.00	5.75	6.00	5.83	6.25	6.25		5.33	3.00	6.08	6.00
Turno noche	1.50	1.50	5.75	6.67	6.33	5.67	5.92	5.25	3.67	6.75	6.75	2.00	2.00
Total, día	1.50	5.17	6.75	12.42	12.33	11.50	12.17	11.50	3.67	12.08	9.75	8.08	8.00
Escariado (m)													
Avance del turno día (m)		3.03	0.70	6.08	8.40	8.61	8.12	8.10		8.28	4.55	9.11	9.11
Avance del turno noche (m)	0.80	1.50	6.07	8.73	9.12	8.35	8.59	8.06	3.78	8.12	9.10	3.03	1.66
Indicadores													
Penetración ESCARIADO turno día (m/h)		0.83	0.70	1.06	1.40	1.48	1.30	1.30		1.55	1.52	1.50	1.52
Penetración ESCARIADO turno noche (m/h)	0.53	1.00	1.06	1.31	1.44	1.47	1.45	1.54	1.03	1.20	1.35	1.52	0.83
T/Cutter día			9.40	13.50	12.90	13.30	12.20	13.70		16.50	17.50	18.40	15.20
T/Cutter noche	9.30	9.30	13.40	13.70	13.10	12.40	15.70	15.10	14.00	17.80	18.10	18.50	15.20
Parámetros de perforación													
Código y potencia del motor principal (Hp)	LEL 12 - 250Hp												
Turno Día													
Presión (Mpa)	0.00	12.00	14.00	17.00	15.00	15.00	14.00	15.00	0.00	17.00	18.00	18.00	17.00
Turno Noche													
Presión (Mpa)	14.00	20.00	18.00	17.00	15.00	14.00	17.00	16.00	15.00	18.00	18.00	18.00	17.00

Fuente: Elaboración Propia.

5.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para realizar el análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica, se utilizarán los siguientes conceptos, que se sintetizan de los cursos otorgados por **Universidad Complutense de Madrid, 2017, “Regresión con variable dependiente continua”** y **Universidad de Santiago de Compostela, 2012, “Regresión Lineal Simple”**.

5.3.1. Regresión Lineal Simple

El objetivo de un modelo de regresión es tratar de explicar la relación que existe entre una variable dependiente (variable respuesta) “Y” un conjunto de variables independientes (variables explicativas) X_1, \dots, X_n .

En un modelo de regresión lineal simple tratamos de explicar la relación que existe entre la variable respuesta “Y”, y una única variable explicativa “X”.

Mediante las técnicas de regresión de una variable Y sobre una variable “X”, buscamos una función que sea una buena aproximación de una nube de puntos (x_i, y_i) , mediante una curva, como se muestra en la siguiente figura 5.7.

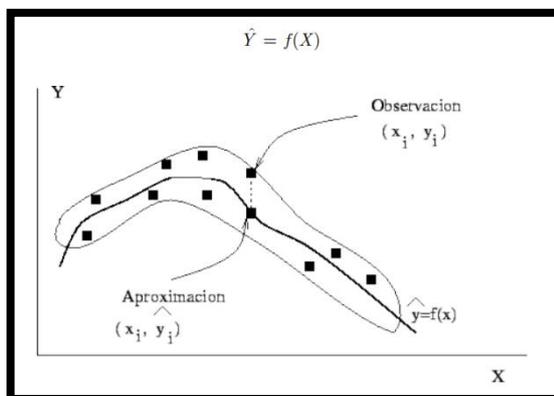


Figura 5.7 Dispersión de variables

Fuente: Universidad de Santiago de Compostela, 2012, “Regresión Lineal Simple”.

El modelo de regresión lineal simple tiene la siguiente expresión;

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

En donde α es la ordenada en el origen (el valor que toma “Y” cuando X vale 0), β es la pendiente de la recta (e indica cómo cambia Y al incrementar “X” en una unidad) y ε una variable que incluye un conjunto grande de factores, cada uno de los cuales influye en la respuesta sólo en pequeña magnitud, a la que llamaremos error. “X” e “Y” son variables aleatorias, por lo que no se puede establecer una relación lineal exacta entre ellas, como se muestra en la siguiente figura 5.8.

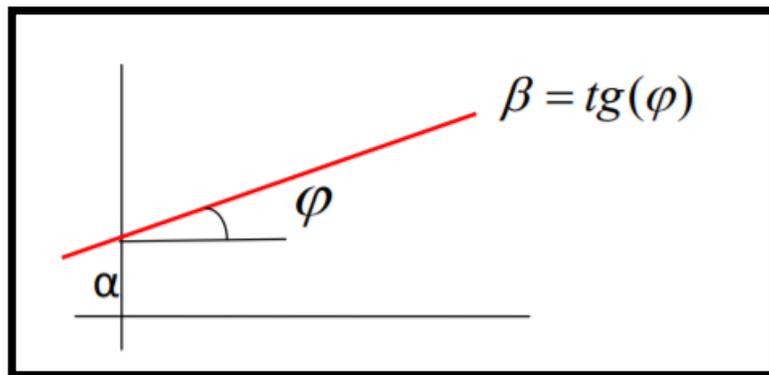


Figura 5.8 Pendiente de la recta de regresión lineal

Fuente: Universidad de Santiago de Compostela, 2012, “Regresión Lineal Simple”.

5.3.2. Método de mínimos cuadrados

Para hacer una estimación del modelo de regresión lineal simple, trataremos de buscar una recta de la forma:

$$\hat{Y} = a + b\hat{X}$$

De modo que se ajuste a la nube de puntos.

Para esto utilizaremos el método de mínimos cuadrados. Este método consiste en minimizar la suma de los cuadrados de los errores:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Es decir, la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores reales observados (y_i) y los valores estimados (\hat{y}_i); como se muestra en la siguiente figura 5.9.

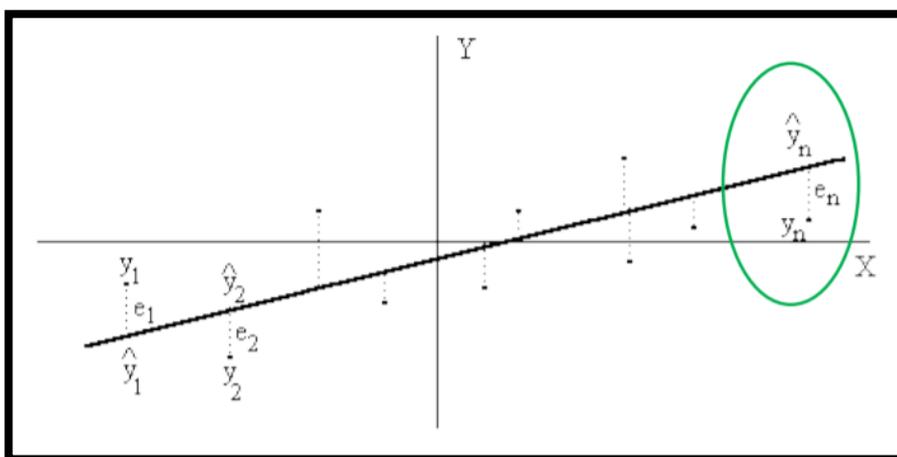


Figura 5.9 Mínimos cuadrados

Fuente: Universidad de Santiago de Compostela, 2012, "Regresión Lineal Simple".

Con este método, las expresiones que se obtiene para a y b son las siguientes:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}; b = \frac{S_{xy}}{S_x^2}$$

En donde \bar{x} e \bar{y} denotan las medias muestrales de X e Y (respectivamente), S_x^2 es la varianza muestral de X y S_{xy} es la covarianza muestral entre X e Y.

Estos parámetros se calculan como:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n},$$

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n},$$

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n},$$

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$$

La cantidad b se denomina coeficiente de regresión de Y sobre X , lo denotamos por $b_{Y/X}$.

La recta de regresión pasa siempre por el centro de gravedad de la nube de puntos, es decir por el punto $(\bar{x}; \bar{y})$.

5.3.3. Coeficiente de regresión

El coeficiente de regresión nos da información sobre el comportamiento de la variable Y frente a la variable X , de manera que:

- Si $b_{Y/X} = 0$, para cualquier valor de X la variable Y es constante (es decir, no cambia).
- Si $b_{Y/X} > 0$, esto nos indica que, al aumentar el valor de X , también aumenta el valor de Y .
- Si $b_{Y/X} < 0$, esto nos indica que, al aumentar el valor de X , el valor de Y disminuye.

5.3.4. Coeficiente de correlación lineal

El coeficiente de correlación lineal entre X e Y viene dado por:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y};$$

Y trata de medir la dependencia lineal que existe entre las dos variables. Su cuadrado se denomina coeficiente de determinación, r^2 .

5.3.4.1. Propiedades del coeficiente de correlación

- No tiene dimensión, y siempre toma valores en $[-1,1]$.
- Si las variables son independientes, entonces $r=0$, pero el inverso no tiene por qué ser cierto.
- Si existe una relación lineal exacta entre X e Y, entonces r valdría 1 (relación directa) o -1 (relación inversa).
- Si $r>0$, esto indica una relación directa entre las variables (es decir, que, si aumentamos X, también aumenta Y).
- Si $r<0$, la correlación entre las variables es inversa (si aumentamos una, la otra disminuye).

5.3.4.2. Relación entre los coeficientes de regresión y de correlación

$$b_{Y/X} = r \frac{S_y}{S_x};$$

Los dos coeficientes de regresión y el coeficiente de correlación tienen pues el mismo signo.

- Coeficiente de determinación (r^2):

El coeficiente de determinación puede interpretarse como la proporción de variabilidad de “Y” que es explicada por “X”. Mide la proximidad de la recta ajustada a los valores observados de “Y”.

Una vez que se procesó la información de cada Raise Borer, se realizó los cuadros respectivos para analizar la correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica (velocidad utilizada por los operadores – experiencia de trabajo).

La base teórica y formulas utilizadas en los análisis siguientes, se toman del Capítulo III. Marco Teórico; como son

5.3.5. Análisis de Correlación Raise Borer 76:

Se analizó la correlación de las variables presión de perforación en Mpa y velocidad de perforación empírica en metros por hora como se muestra en la siguiente tabla 5.7.

Tabla 5.7 Variables de correlación RB 76.

PROYECTO RAISE BORER 76			
PROFUNDIDAD (m)	AVANCE (m)	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)
137.48	1	10	0.85
136.48	6.08	13	0.97
130.40	2.54	12	0.82
127.86	6.95	13	1.28
120.91	7.17	13	0.96
113.74	8	13	1.20
105.74	7.59	13.5	1.21
98.15	7.58	13	1.25
90.57	7.6	13	1.13
82.97	7.46	14	1.16
75.51	7.59	14	1.14
67.92	7.48	14	1.20
60.44	7.58	14	1.11
52.86	7.5	14	1.17
45.36	7.42	14	1.22
37.94	7.58	13	1.25
30.36	7.48	14	1.11
22.88	7.6	14	1.10
15.28	7.59	13	1.36
7.69	4.14	14	0.96
3.55	3.55	11	1.12
PROMEDIO		13.17	1.12

Fuente: Elaboración Propia.

Para calcular la constante de correlación se utilizó la fórmula 1.1, los datos son ordenados en el siguiente cuadro, donde a la variable "X" se le asigno a la presión de perforación y la variable "Y" a la velocidad de perforación empírica, como se muestra en la siguiente tabla 5.8.

Tabla 5.8 Desarrollo de variables - RB 76.

X	Y	X'	Y'	x=X-X'	y=Y-Y'	x ²	xy	y ²
10.00	0.85			-3.17	-0.27	10.03	0.85	0.07
12.00	0.82			-1.17	-0.30	1.36	0.35	0.09
13.00	0.96			-0.17	-0.17	0.03	0.03	0.03
13.50	1.21			0.33	0.09	0.11	0.03	0.01
13.00	1.13			-0.17	0.00	0.03	0.00	0.00
14.00	1.14			0.83	0.02	0.69	0.01	0.00
14.00	1.11			0.83	-0.01	0.69	-0.01	0.00
13.00	1.25			-0.17	0.12	0.03	-0.02	0.02
14.00	1.11			0.83	-0.01	0.69	-0.01	0.00
13.00	1.36			-0.17	0.24	0.03	-0.04	0.06
13.00	0.97	13.17	1.12	-0.17	-0.15	0.03	0.02	0.02
13.00	1.28			-0.17	0.16	0.03	-0.03	0.03
13.00	1.20			-0.17	0.08	0.03	-0.01	0.01
13.00	1.25			-0.17	0.12	0.03	-0.02	0.02
14.00	1.16			0.83	0.04	0.69	0.03	0.00
14.00	1.20			0.83	0.07	0.69	0.06	0.01
14.00	1.17			0.83	0.05	0.69	0.04	0.00
14.00	1.22			0.83	0.10	0.69	0.08	0.01
14.00	1.10			0.83	-0.02	0.69	-0.02	0.00
14.00	0.96			0.83	-0.17	0.69	-0.14	0.03
11.00	1.12			-2.17	0.00	4.69	0.00	0.00
276.50	23.56					22.67	1.21	0.39

Fuente: Elaboración Propia.

Utilizando la fórmula 5.1, se obtuvo que el coeficiente de correlación es igual a 0.4091, lo que significa que cuenta con una correlación de tipo positiva moderada.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (\text{Formula 5.1})$$

$$r = \frac{1.21}{\sqrt{(22.67)(0.39)}}$$

$$r = 0.4091$$

En la siguiente figura 5.10, se aprecia la correlación entre las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica.

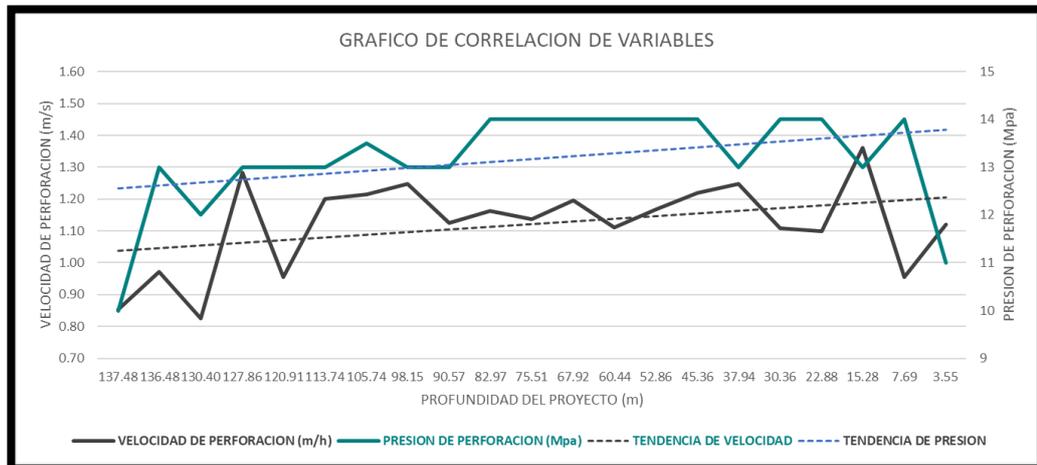


Figura 5.10 Correlación - Raise Borer 76.

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura 5.11 se aprecia la función de regresión lineal utilizando la fórmula 5.2 y 5.3, donde el coeficiente de determinación que es igual al cuadrado del coeficiente de correlación; es 0.4091.

$$\hat{Y} = a + b\hat{X} \quad (\text{formula 5.2})$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}; \quad b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} \quad (\text{formula 5.3})$$

Utilizando la Tabla V.8, se obtienen los siguientes resultados;

$$\bar{x} = 13.1667$$

$$\bar{y} = 1.1219$$

$$S_x^2 = 1.08$$

$$S_y^2 = 0.018$$

$$S_{xy} = 0.058$$

$$a = 0.4194$$

$$b = 0.0534$$

$$\hat{Y} = 0.4194 + 0.0534\hat{X} \quad (\text{Recta de regresión lineal})$$

$$R^2 = 0.1674 \quad (\text{Coeficiente de determinación})$$

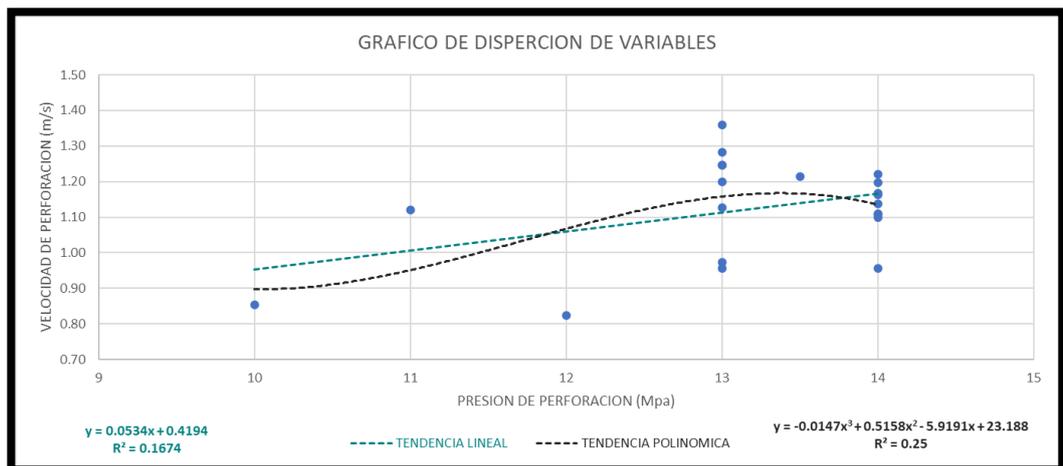


Figura 5.11 Regresión Lineal – Raise Borer 76

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 5.11, se puede apreciar la diferencia entre una función lineal (regresión lineal) y una función polinómica de grado 3; esto debido a que la función de grado 3 se acerca más a la realidad de los parámetros recomendados por el fabricante y los monitoreados en campo.

La siguiente función es la que se ha tomado en cuenta para realizar el análisis de velocidad de perforación óptima en la Raise Borer 76.

$$\hat{Y} = -0.0147\hat{X}^3 + 0.5158\hat{X}^2 - 5.919\hat{x} + 23.188 \quad (\text{Función polinómica de grado 3})$$

$$R^2 = 0.25 \quad (\text{Coeficiente de determinación})$$

$$R = 0.5 \quad (\text{Coeficiente de correlación})$$

Al compara el coeficiente de correlación de la función lineal con la de grado 3, se verifica que las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica tienen una mayor correlación utilizando la función de grado 3; mantiene una correlación positiva moderada.

5.3.6. Análisis de Correlación Raise Borer 78:

Se analizó la correlación de las variables presión de perforación en Mpa y velocidad de perforación empírica en metros por hora como se muestra en la siguiente tabla 5.9.

Tabla 5.9 Variables de correlación RB 78.

PROYECTO RAISE BORER 78			
PROFUNDIDAD (m)	AVANCE (m)	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)
68.94	5.06	13	1
63.88	3.03	13	1.01
60.85	4.56	14	1
56.29	6.07	14	0.96
50.22	6.07	14	0.97
44.15	6.08	14	1.01
38.07	4.64	12.5	1.05
33.43	7.49	14	1.08
25.94	7.58	14	1.4
18.36	7.48	14	1.25
10.88	6.08	13	1.28
4.80	1.52	13	1.22
3.28	3.28	12	1.27
PROMEDIO		13.42	1.12

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular la constante de correlación se utilizó la fórmula 5.1, los datos son ordenados en el siguiente cuadro, donde a la variable "X" se le asignó a la presión

de perforación y la variable “Y” a la velocidad de perforación empírica, como se muestra en la siguiente tabla 5.10.

Tabla 5.10 Desarrollo de variables RB 78.

X	Y	X'	Y'	x=X-X'	y=Y-Y'	x ²	xy	y ²
13	1.00	13.42	1.12	-0.42	-0.12	0.18	0.05	0.01
13	1.01			-0.42	-0.11	0.18	0.04	0.01
14	1.00			0.58	-0.12	0.33	-0.07	0.01
14	0.96			0.58	-0.16	0.33	-0.09	0.02
14	0.97			0.58	-0.15	0.33	-0.08	0.02
14	1.01			0.58	-0.11	0.33	-0.06	0.01
12.5	1.05			-0.92	-0.07	0.85	0.06	0.00
14	1.08			0.58	-0.04	0.33	-0.02	0.00
14	1.40			0.58	0.28	0.33	0.16	0.08
14	1.25			0.58	0.13	0.33	0.08	0.02
13	1.28			-0.42	0.16	0.18	-0.07	0.03
13	1.22			-0.42	0.10	0.18	-0.04	0.01
12	1.27			-1.42	0.15	2.03	-0.22	0.02
174.50	14.50							5.9231

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando la fórmula 5.1, se obtuvo que el coeficiente de correlación es igual a -0.2089, lo que significa que cuenta con una correlación de tipo negativa baja.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (\text{Formula 5.1})$$

$$r = \frac{-0.2596}{\sqrt{(5.9231)(0.2607)}}$$

$$r = -0.2089$$

En la siguiente figura 5.12 se aprecia la correlación entre las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica.

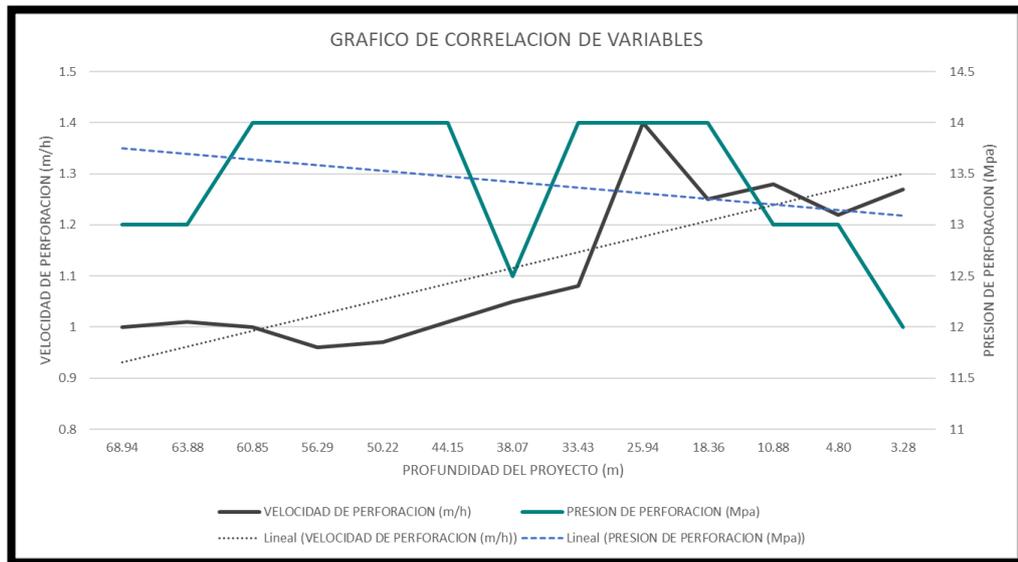


Figura 5.12 Correlación – Raise Borer 78.

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura 5.13 se aprecia la función de regresión lineal utilizando la fórmula 5.2 y 5.3, donde el coeficiente de determinación que es igual al cuadrado del coeficiente de correlación; es 0.0247.

$$\hat{Y} = a + b\hat{X} \quad (\text{formula 5.2})$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}; b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} \quad (\text{formula 5.3})$$

Utilizando la tabla 5.10, se obtienen los siguientes resultados;

$$\bar{x} = 13.4231$$

$$\bar{y} = 1.1154$$

$$S_x^2 = 0.4556$$

$$S_y^2 = 0.2607$$

$$S_{xy} = -0.2596$$

$$a = 1.7037$$

$$b = -0.0438$$

$$\hat{Y} = 1.7037 - 0.0438\hat{X} \quad (\text{Recta de regresion lineal})$$

$$R^2 = 0.0436 \quad (\text{Coeficiente de determinacion})$$

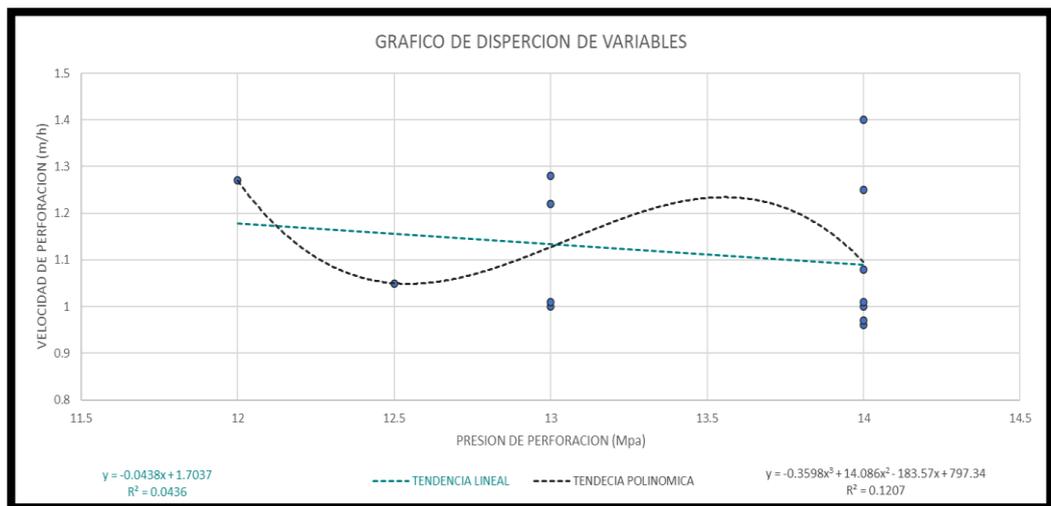


Figura 5.13 Regresión Lineal – Raise Borer 78.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 5.13, se puede apreciar la diferencia entre una función lineal (regresión lineal) y una función polinómica de grado 3; esto debido a que la función de grado 3 se acerca más a la realidad debido a que macizo rocoso en su extensión (longitud de perforación del proyecto) es una variable que cuenta con cierta aleatoriedad ya que no es continuo.

La siguiente función es la que se ha tomado en cuenta para realizar el análisis de velocidad de perforación óptima en la Raise Borer 78.

$$\hat{Y} = -0.3598\hat{X}^3 + 14.086\hat{X}^2 - 183.57\hat{x}$$

$$+ 797.34 \quad (\text{Funcion polinomica de grado 3})$$

$$R^2 = 0.1207 \quad (\text{Coeficiente de determinacion})$$

$$R = -0.3474 \quad (\text{Coeficiente de correlacion})$$

Al compara el coeficiente de correlación de la función lineal con la de grado 3, se verifica que las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica tienen una mayor correlación utilizando la función de grado 3; mantiene una correlación negativa baja.

5.3.7. Análisis de Correlación Raise Borer 80

Se analizó la correlación de las variables presión de perforación en Mpa y velocidad de perforación empírica en metros por hora como se muestra en la siguiente tabla 5.11.

Tabla 5.11 Variables de correlación RB 80.

PROYECTO RAISE BORER 80			
PROFUNDIDAD (m)	AVANCE (m)	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)
151	0.8	14	0.53
150.2	3.03	12	0.83
147.17	1.5	20	1.00
145.67	0.7	14	0.70
144.97	6.07	18	1.06
138.9	6.08	17	1.06
132.82	8.73	17	1.31
124.09	8.4	15	1.40
115.69	9.12	15	1.44
106.57	8.61	15	1.48
97.96	8.35	14	1.47
89.61	8.12	14	1.30
81.49	8.59	17	1.45
72.9	8.1	15	1.30
64.8	8.06	16	1.54
56.74	3.78	15	1.03
52.96	8.28	17	1.55
44.68	8.12	18	1.20
36.56	4.55	18	1.52
32.01	9.1	18	1.35
22.91	9.11	18	1.50
13.8	3.03	18	1.52
10.77	9.11	17	1.52
1.66	1.66	17	0.83
PROMEDIO		16.21	1.24

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular la constante de correlación se utilizó la fórmula 5.1, los datos son ordenados en el siguiente cuadro, donde a la variable "X" se le asignó a la presión de perforación y la variable "Y" a la velocidad de perforación empírica.

Tabla 5.12 Desarrollo de variables RB 80.

X	Y	X'	Y'	x=X-X'	y=Y-Y'	x2	xy	y2
14	0.53	16.21	1.24	-2.21	-0.71	4.88	1.57	0.51
12	0.83			-4.21	-0.42	17.71	1.76	0.18
20	1.00			3.79	-0.24	14.38	-0.93	0.06
14	0.70			-2.21	-0.54	4.88	1.20	0.30
18	1.06			1.79	-0.19	3.21	-0.34	0.04
17	1.06			0.79	-0.19	0.63	-0.15	0.03
17	1.31			0.79	0.06	0.63	0.05	0.00
15	1.40			-1.21	0.16	1.46	-0.19	0.02
15	1.44			-1.21	0.20	1.46	-0.24	0.04
15	1.48			-1.21	0.23	1.46	-0.28	0.05
14	1.47			-2.21	0.23	4.88	-0.50	0.05
14	1.30			-2.21	0.05	4.88	-0.12	0.00
17	1.45			0.79	0.21	0.63	0.16	0.04
15	1.30			-1.21	0.05	1.46	-0.06	0.00
16	1.54			-0.21	0.29	0.04	-0.06	0.08
15	1.03			-1.21	-0.21	1.46	0.26	0.05
17	1.55			0.79	0.31	0.63	0.24	0.10
18	1.20			1.79	-0.04	3.21	-0.07	0.00
18	1.52			1.79	0.27	3.21	0.49	0.07
18	1.35			1.79	0.10	3.21	0.19	0.01
18	1.50	1.79	0.25	3.21	0.46	0.06		
18	1.52	1.79	0.27	3.21	0.48	0.07		
17	1.52	0.79	0.27	0.63	0.22	0.08		
17	0.83	0.79	-0.41	0.63	-0.33	0.17		
389.00	29.87					81.9583	3.8142	2.0263

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando la fórmula 5.1, se obtuvo que el coeficiente de correlación es igual a 0.2959, lo que significa que cuenta con una correlación de tipo positiva baja.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (\text{Formula 5.1})$$

$$r = \frac{3.8142}{\sqrt{(81.9583)(2.0263)}}$$

$$r = 0.2959$$

En la siguiente figura 5.14, se aprecia la correlación entre las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica.

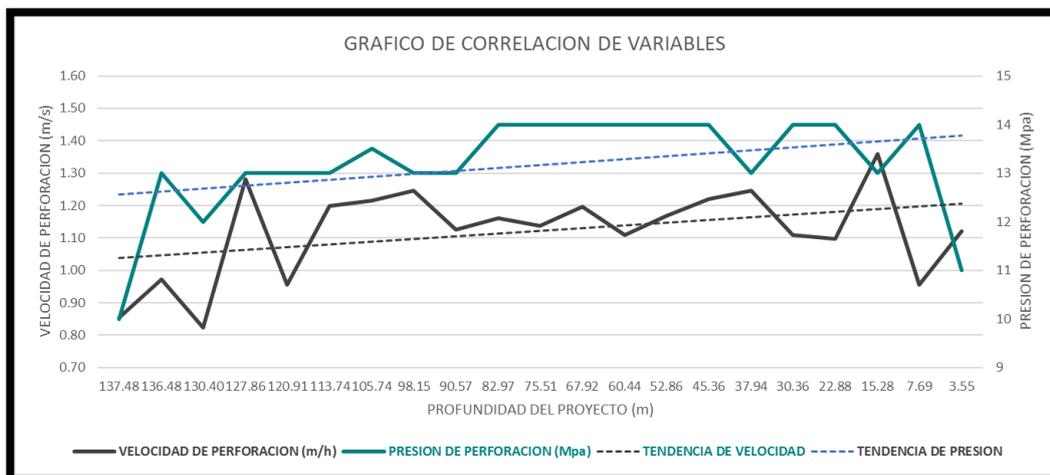


Figura 5.14 Correlación – Raise Borer 80.

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura 5.15 se aprecia la función de regresión lineal utilizando la fórmula 5.2 y 5.3, donde el coeficiente de determinación que es igual al cuadrado del coeficiente de correlación; es 0.0876.

$$\hat{Y} = a + b\hat{X} \quad (\text{formula 5.2})$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}; b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} \quad (\text{formula 5.3})$$

Utilizando la tabla 5.12, se obtienen los siguientes resultados;

$$\bar{x} = 16.2083$$

$$\bar{y} = 1.2443$$

$$S_x^2 = 3.4149$$

$$S_y^2 = 0.0844$$

$$S_{xy} = 0.1589$$

$$a = 0.4901$$

$$b = 0.0465$$

$$\hat{Y} = 0.4901 + 0.0465\hat{X} \quad (\text{Recta de regresión lineal})$$

$$R^2 = 0.0876 \quad (\text{Coeficiente de determinación})$$

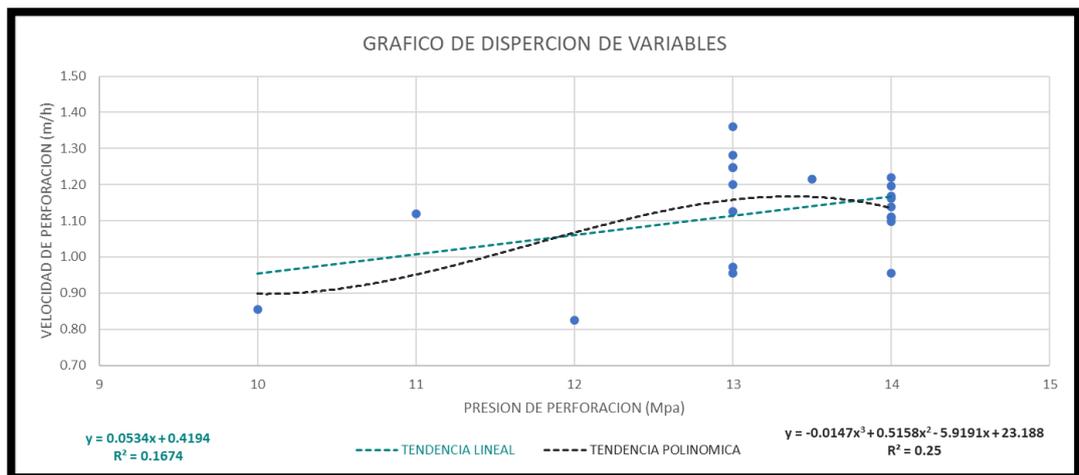


Figura 5.15 Regresión lineal – Raise Borer 80.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 5.15, se puede apreciar la diferencia entre una función lineal (regresión lineal) y una función polinómica de grado 3; esto debido a que la función de grado 3 se acerca más a la realidad de los parámetros recomendados por el fabricante y los monitoreados en campo.

La siguiente función es la que se ha tomado en cuenta para realizar el análisis de velocidad de perforación óptima en la Raise Borer 80.

$$\hat{Y} = -0.0147\hat{X}^3 + 0.51587\hat{X}^2 - 5.9191\hat{x} + 23.188 \quad (\text{Función polinómica de grado 3})$$

$$R^2 = 0.25 \quad (\text{Coeficiente de determinación})$$

$$R = 0.5 \quad (\text{Coeficiente de correlación})$$

Al comparar el coeficiente de correlación de la función lineal con la de grado 3, se verifica que las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica tienen una mayor correlación utilizando la función de grado 3; pasa de tener una correlación positiva baja a positiva moderada.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo de la presente investigación es, “Analizar la correlación entre la presión de perforación y velocidad de perforación empírica para determinar una velocidad de perforación óptima en perforación tipo rimado”; por lo que al culminar de procesar la información referente a las Raise Borer 76, 78 y 80, se concluye lo siguiente:

- Las RB 76 y 80, cuentan con una correlación positiva, debido a que en la perforación del proyecto el análisis del RMR proporcionado por el área de geomecánica de la unidad es continúan en la longitud del proyecto. La presión de perforación no varía inversamente con la velocidad de perforación ya que no se ha encontrado discontinuidades o fallas que modifiquen la tendencia hallada.
- La RB 78, cuenta con una correlación negativa, debido a que la presión de perforación varia inversamente proporcional a la velocidad de perforación. Si bien, el estudio geomecánico proporcionado por la unidad, arroja un tipo de roca III, durante el proyecto se encontraron discontinuidades y fallas que hacen que varié de esta manera la presión de perforación y la velocidad de perforación.

A continuación, se analizó dos proyectos “A” y “B”, simulando:

- Proyecto “A”, donde se utilizó los datos de los tres proyectos y como unidad de medición referencial se tomó la longitud de proyecto RB 78, ya que es el de mejor longitud (68.94 m) y se tienen datos en los tres proyectos. Cabe resaltar que este proyecto se utiliza para mostrar que al analizar variables que no siguen la misma tendencia distorsionan los resultados.
- Proyecto “B”, donde se utilizó los datos de dos proyectos RB76 y RB 80, donde la correlación en ambos es positiva y en el cual se contrastó la hipótesis del presente trabajo de investigación.

6.1. ANÁLISIS DEL PROYECTO “A”

Para el análisis del Proyecto “A” (como se muestra en la siguiente tabla 6.1), se utiliza como longitud referencia la longitud del proyecto Raise Borer 78, ya que es el proyecto de menor longitud y se tienen los datos necesarios de las Raise Borer 76 y 80.

Para poder analizar los datos se utiliza un rango de 69 metros perforación utilizando intervalos de 3 metros de perforación para visualizar de manera adecuada la tendencia de los datos como se aprecia en las siguientes tablas.

Tabla 6.1 Variables del Proyecto "A".

PROYECTO "A"									
RANGO DE PROFUNDIDAD (m)		RB 76		RB 78		RB 80		PROMEDIO	
Li	Lf	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)
66	69	11.50	0.91	13.00	1.00	13.00	0.68	12.50	0.86
63	66	13.00	0.97	13.00	1.00	16.00	0.91	14.00	0.96
60	63	12.50	0.90	13.00	1.01	17.00	0.85	14.17	0.92
57	60	12.50	1.05	14.00	1.00	16.00	0.88	14.17	0.98
54	57	13.00	1.28	14.00	0.98	17.50	1.06	14.83	1.11
51	54	13.00	1.12	14.00	0.96	17.00	1.31	14.67	1.13
48	51	13.00	0.96	14.00	0.96	17.00	1.18	14.67	1.03
45	48	13.00	1.08	14.00	0.97	17.00	1.31	14.67	1.12
42	45	13.00	1.20	14.00	0.99	16.00	1.35	14.33	1.18
39	42	13.25	1.21	14.00	1.01	15.00	1.40	14.08	1.21
36	39	13.50	1.21	13.25	1.03	15.00	1.40	13.92	1.21
33	36	13.50	1.21	12.50	1.05	15.00	1.40	13.67	1.22
30	33	13.00	1.25	14.00	1.08	15.00	1.44	14.00	1.26
27	30	13.00	1.25	14.00	1.08	15.00	1.44	14.00	1.26
24	27	13.00	1.19	14.00	1.24	15.00	1.44	14.00	1.29
21	24	13.00	1.13	14.00	1.40	15.00	1.48	14.00	1.33
18	21	13.00	1.13	14.00	1.40	15.00	1.48	14.00	1.33
15	18	13.50	1.14	14.00	1.25	15.00	1.48	14.17	1.29
12	15	14.00	1.16	14.00	1.25	14.00	1.47	14.00	1.29
9	12	14.00	1.15	13.50	1.26	14.00	1.47	13.83	1.29
6	9	14.00	1.14	13.00	1.28	14.00	1.47	13.67	1.30
3	6	14.00	1.16	13.00	1.25	14.00	1.30	13.67	1.24
0	3	14.00	1.20	12.00	1.27	14.00	1.30	13.33	1.26

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular la constante de correlación se utilizó la fórmula 5.1, los datos son ordenados en el siguiente cuadro, donde a la variable "X" se le asignó a la presión de perforación y la variable "Y" a la velocidad de perforación empírica.

Tabla 6.2 Desarrollo de variables del Proyecto "A".

X	Y	X'	Y'	x=X-X'	y=Y-Y'	x ²	xy	y ²
12.50	0.86	14.01	1.18	-1.51	-0.31	2.29	0.48	0.10
14.00	0.96			-0.01	-0.22	0.00	0.00	0.05
14.17	0.92			0.15	-0.26	0.02	-0.04	0.07
14.17	0.98			0.15	-0.20	0.02	-0.03	0.04
14.83	1.11			0.82	-0.07	0.67	-0.06	0.00
14.67	1.13			0.65	-0.05	0.43	-0.03	0.00
14.67	1.03			0.65	-0.14	0.43	-0.09	0.02
14.67	1.12			0.65	-0.06	0.43	-0.04	0.00
14.33	1.18			0.32	0.00	0.10	0.00	0.00
14.08	1.21			0.07	0.03	0.00	0.00	0.00
13.92	1.21			-0.10	0.04	0.01	0.00	0.00
13.67	1.22			-0.35	0.04	0.12	-0.02	0.00
14.00	1.26			-0.01	0.08	0.00	0.00	0.01
14.00	1.26			-0.01	0.08	0.00	0.00	0.01
14.00	1.29			-0.01	0.11	0.00	0.00	0.01
14.00	1.33			-0.01	0.16	0.00	0.00	0.02
14.00	1.33			-0.01	0.16	0.00	0.00	0.02
14.17	1.29			0.15	0.11	0.02	0.02	0.01
14.00	1.29			-0.01	0.12	0.00	0.00	0.01
13.83	1.29			-0.18	0.12	0.03	-0.02	0.01
13.67	1.30	-0.35	0.12	0.12	-0.04	0.01		
13.67	1.24	-0.35	0.06	0.12	-0.02	0.00		
13.33	1.26	-0.68	0.08	0.46	-0.05	0.01		
322.33	27.07					5.29	0.04	0.43

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando la fórmula 5.1, se obtuvo que el coeficiente de correlación es igual a 0.0288, lo que significa que cuenta con una correlación de tipo positiva baja.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (\text{Formula 5.1})$$

$$r = \frac{0.04}{\sqrt{(5.29)(0.43)}}$$

$$r = 0.0288$$

En la siguiente figura 6.1, se aprecia la correlación entre las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica.

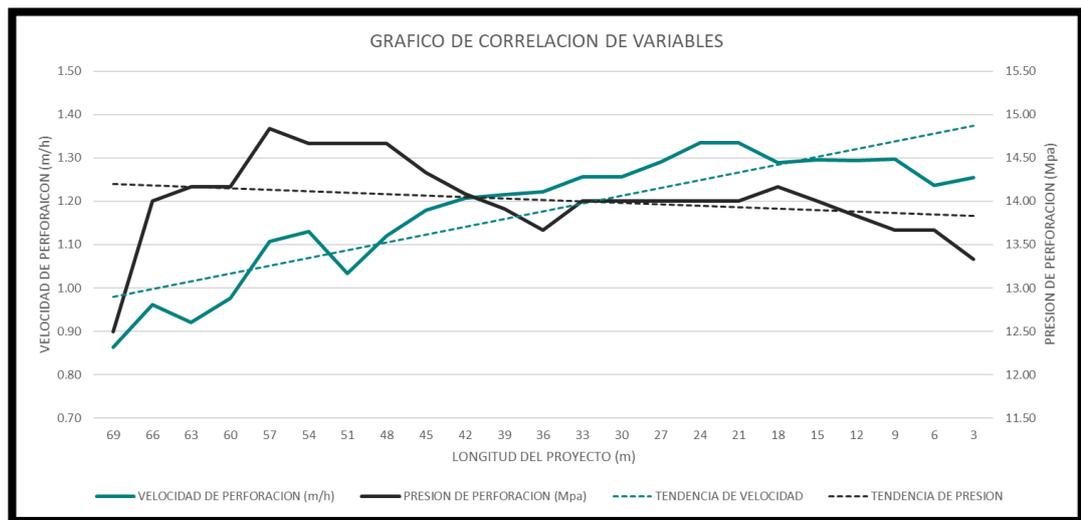


Figura 6.1 Correlación – Proyecto “A”.

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura 6.2, se aprecia la función de regresión lineal utilizando la fórmula 5.2 y 5.3, donde el coeficiente de determinación que es igual al cuadrado del coeficiente de correlación; es 0.0008.

$$\hat{Y} = a + b\hat{X} \quad (\text{formula 5.2})$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}; b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} \quad (\text{formula 5.3})$$

Utilizando la Tabla 6.2, se obtienen los siguientes resultados;

$$\bar{x} = 14.0144$$

$$\bar{y} = 1.1770$$

$$S_x^2 = 0.2299$$

$$S_y^2 = 0.0185$$

$$S_{xy} = 0.0019$$

$$a = 1.0623$$

$$b = 0.0082$$

$$\hat{Y} = 0.4901 + 0.0465\hat{X} \quad (\text{Recta de regresión lineal})$$

$$R^2 = 0.0008 \quad (\text{Coeficiente de determinación})$$

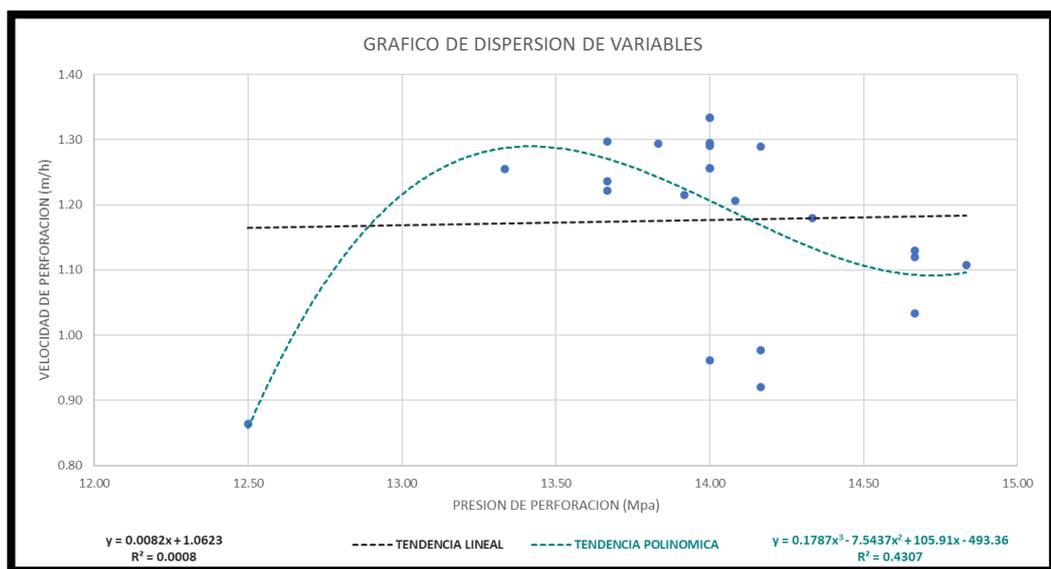


Figura 6.2 Regresión Lineal – Proyecto “A”.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 6.2, se puede apreciar la diferencia entre una función lineal (regresión lineal) y una función polinómica de grado 3; esto debido a que la función de grado 3 se acerca más a la realidad de los parámetros recomendados por el fabricante y los monitoreados en campo.

La siguiente función es la que se ha tomado en cuenta para realizar el análisis de velocidad de perforación óptima en el proyecto “A”.

$$\hat{Y} = 0.1787\hat{X}^3 - 7.5437\hat{X}^2 + 105.91\hat{x} - 493.36 \quad (\text{Función polinómica de grado 3})$$

$$R^2 = 0.4307 \text{ (Coeficiente de determinacion)}$$

$$R = 0.6562 \text{ (Coeficiente de correlacion)}$$

Al comparar el coeficiente de correlación de la función lineal con la de grado 3, se verifica que las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica tienen una mayor correlación utilizando la función de grado 3; pasa de tener una correlación positiva baja a positiva moderada.

6.2. ANÁLISIS DEL PROYECTO “B”

Para el análisis del Proyecto “B”, se utiliza como longitud referencia la longitud del proyecto Raise Borer 76, ya que es el proyecto de menor longitud y se tienen los datos necesarios de la Raise Borer 80.

Para poder analizar los datos se utiliza un rango de 138 metros perforación utilizando intervalos de 6 metros de perforación para visualizar de manera adecuada la tendencia de los datos en las siguientes tablas.

Tabla 6.3 Variables del proyecto "B".

PROYECTO "B"							
RANGO DE PROFUNDIDAD (m)		RB 76		RB 80		PROMEDIO	
Li	Lf	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)	PRESIÓN DE PERFORACIÓN (Mpa)	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN (m/h)
132	138	11.50	0.91	15.30	0.79	13.40	0.85
126	132	12.66	1.03	16.00	0.88	14.33	0.96
120	126	13.00	1.12	17.50	1.06	15.25	1.09
114	120	13.00	0.96	17.00	1.18	15.00	1.07
108	114	13.00	1.20	16.00	1.35	14.50	1.27
102	108	13.25	1.21	15.00	1.40	14.13	1.31
96	102	13.25	1.23	15.00	1.44	14.13	1.34
90	96	13.00	1.19	15.00	1.46	14.00	1.33
84	90	13.00	1.13	15.00	1.48	14.00	1.30
78	84	14.00	1.16	14.00	1.47	14.00	1.32
72	78	14.00	1.15	14.00	1.39	14.00	1.27
66	72	14.00	1.17	15.33	1.35	14.67	1.26
60	66	14.00	1.15	17.00	1.45	15.50	1.30
54	60	14.00	1.11	15.00	1.30	14.50	1.20
48	54	14.00	1.14	15.50	1.42	14.75	1.28
42	48	14.00	1.19	16.00	1.54	15.00	1.36
36	42	13.50	1.23	16.00	1.29	14.75	1.26
30	36	13.50	1.18	17.50	1.38	15.50	1.28
24	30	14.00	1.11	18.00	1.20	16.00	1.16
18	24	14.00	1.10	18.00	1.36	16.00	1.23
12	18	13.50	1.23	18.00	1.35	15.75	1.29
6	12	13.50	1.16	18.00	1.42	15.75	1.29
0	6	12.50	1.04	18.00	1.50	15.25	1.27

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular la constante de correlación se utilizó la fórmula 5.1, los datos son ordenados en el siguiente cuadro, donde a la variable “X” se le asigno a la presión de perforación y la variable “Y” a la velocidad de perforación empírica.

Tabla 6.4 Desarrollo de variables del Proyecto “B”.

X	Y	X'	Y'	$x=X-X'$	$y=Y-Y'$	x2	xy	y2
13.40	0.85	14.79	1.23	-1.39	-0.38	1.93	0.53	0.14
14.33	0.96			-0.46	-0.27	0.21	0.13	0.08
15.25	1.09			0.46	-0.14	0.21	-0.06	0.02
15.00	1.07			0.21	-0.16	0.04	-0.03	0.03
14.50	1.27			-0.29	0.05	0.08	-0.01	0.00
14.13	1.31			-0.66	0.08	0.44	-0.05	0.01
14.13	1.34			-0.66	0.11	0.44	-0.07	0.01
14.00	1.33			-0.79	0.10	0.62	-0.08	0.01
14.00	1.30			-0.79	0.07	0.62	-0.06	0.01
14.00	1.32			-0.79	0.09	0.62	-0.07	0.01
14.00	1.27			-0.79	0.04	0.62	-0.03	0.00
14.67	1.26			-0.12	0.03	0.02	0.00	0.00
15.50	1.30			0.71	0.07	0.51	0.05	0.01
14.50	1.20			-0.29	-0.03	0.08	0.01	0.00
14.75	1.28			-0.04	0.05	0.00	0.00	0.00
15.00	1.36			0.21	0.13	0.04	0.03	0.02
14.75	1.26			-0.04	0.03	0.00	0.00	0.00
15.50	1.28			0.71	0.05	0.51	0.04	0.00
16.00	1.16			1.21	-0.07	1.47	-0.09	0.01
16.00	1.23			1.21	0.00	1.47	0.00	0.00
15.75	1.29	0.96	0.06	0.92	0.06	0.00		
15.75	1.29	0.96	0.06	0.92	0.06	0.00		
15.25	1.27	0.46	0.04	0.21	0.02	0.00		
340.1450	28.2725					12.0025	0.3483	0.3523

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando la fórmula 5.1, se obtuvo que el coeficiente de correlación es igual a 0.1693, lo que significa que cuenta con una correlación de tipo positiva muy baja.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (\text{Formula 5.1})$$

$$r = \frac{0.3483}{\sqrt{(12.0025)(0.3523)}}$$

$$r = 0.1693$$

En la siguiente figura 6.3 se aprecia la correlación entre las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica.

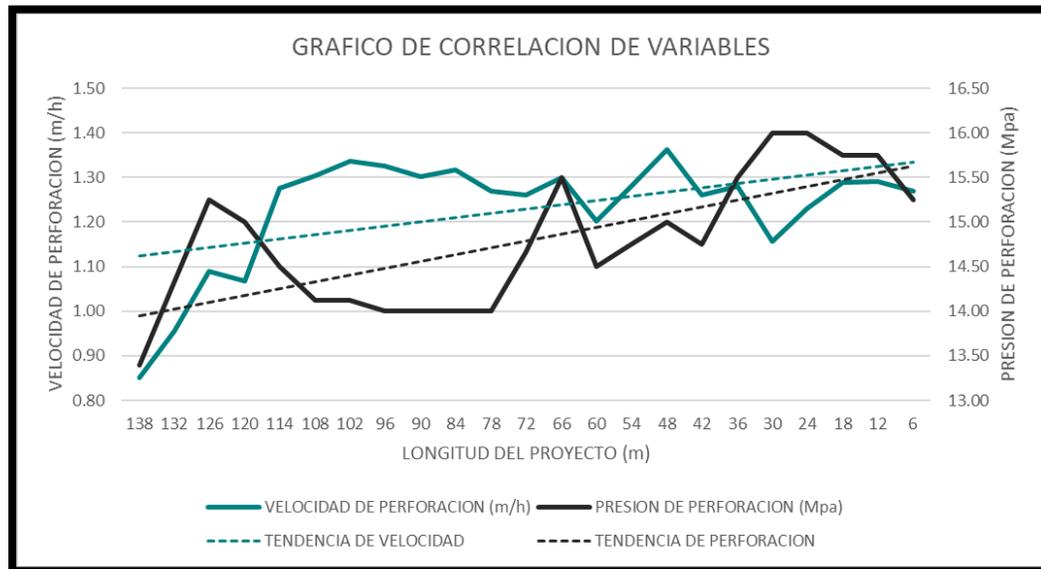


Figura 6.3 Correlación – Proyecto “B”.

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura 6.4, se aprecia la función de regresión lineal utilizando la fórmula 5.2 y 5.3, donde el coeficiente de determinación que es igual al cuadrado del coeficiente de correlación; es 0.287.

$$\hat{Y} = a + b\hat{X} \quad (\text{formula 5.2})$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}; b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} \quad (\text{formula 5.3})$$

Utilizando la tabla 6.4, se obtienen los siguientes resultados;

$$\bar{x} = 14.7889$$

$$\bar{y} = 1.2292$$

$$S_x^2 = 0.5218$$

$$S_y^2 = 0.0153$$

$$S_{xy} = 0.0151$$

$$a = 0.8001$$

$$b = 0.029$$

$$\hat{Y} = 0.8001 + 0.029\hat{X} \quad (\text{Recta de regresión lineal})$$

$$R^2 = 0.0287 \quad (\text{Coeficiente de determinación})$$

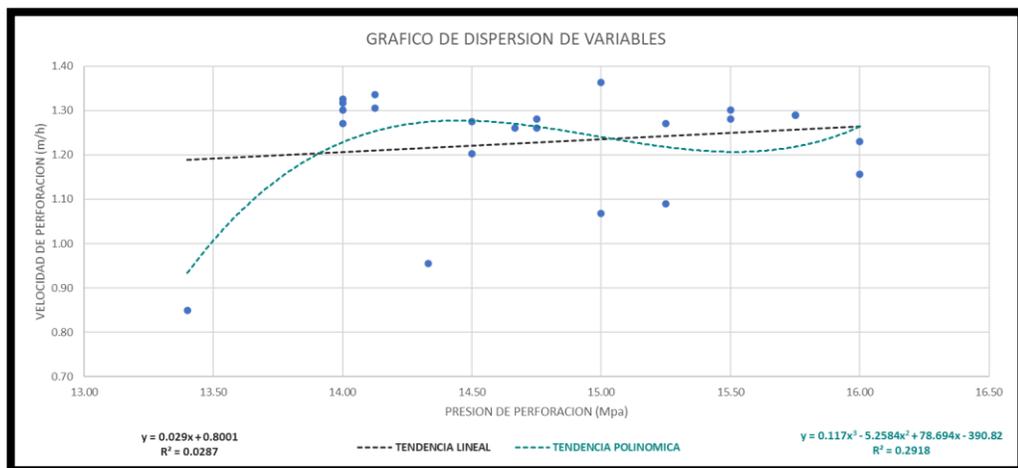


Figura 6.4 Regresión lineal – Proyecto “B”.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 6.4, se puede apreciar la diferencia entre una función lineal (regresión lineal) y una función polinómica de grado 3; esto debido a que la función de grado 3 se acerca más a la realidad de los parámetros recomendados por el fabricante y los monitoreados en campo.

La siguiente función es la que se ha tomado en cuenta para realizar el análisis de velocidad de perforación óptima en el proyecto “B”.

$$\hat{Y} = 0.117\hat{X}^3 - 5.2584\hat{X}^2 + 78.694\hat{x} - 390.82 \quad (\text{Funcion polinomial de grado 3})$$

$$R^2 = 0.2918 \quad (\text{Coeficiente de determinacion})$$

$$R = 0.5402 \quad (\text{Coeficiente de correlacion})$$

Al comparar el coeficiente de correlación de la función lineal con la de grado 3, se verifica que las variables presión de perforación y velocidad de perforación empírica tienen una mayor correlación utilizando la función de grado 3; pasa de tener una correlación positiva baja a positiva moderada.

6.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

En el presente trabajo de investigación se tiene como hipótesis, “***Un eficiente análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica permite determinar una velocidad de perforación óptima en la construcción de chimeneas de servicio utilizando el método de perforación Raise Borer***”.

Para saber si la contrastación de la hipótesis es positiva o negativa, se utilizó lo siguiente:

- Al realizar la simulación del Proyecto “B”, se halló la siguiente función de correlación;

$$\hat{Y} = 0.117\hat{X}^3 - 5.2584\hat{X}^2 + 78.694\hat{x} - 390.82 \quad (\text{Funcion polinomial de grado 3})$$

- Para hallar el valor de \hat{X} , adecuado se realiza un promedio de los valores de las presiones de perforación del Proyecto “B”, por lo que el valor que toma \hat{X} es 14.79 Mpa.
- Al sustituir el valor de \hat{X} , la función polinómica de grado 3 adquiere el valor de 1.3417 m/h.
- El valor de \hat{Y} es de 1.3417 m/h, la cual es mayor al promedio de las velocidades (1.23 m/h) y mayor al 95.65% de los datos; por lo que se concluye que la hipótesis es positiva.

CONCLUSIONES

La problemática actual que sustenta el presente trabajo de investigación es, ¿Cómo un análisis de los parámetros de perforación en la construcción de chimeneas utilizando método Raise Borer revertirá los efectos del Sar-Cov2 en el sector minería?

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación revelan que aumentando la presión de perforación la velocidad de perforación incrementa ya que se halló que la correlación que tienen estas dos variables es positiva moderada.

Este estudio proporciona herramientas suficientes en la toma de decisiones para acelerar el proceso de perforación con las máquinas Raise Borer incrementando las velocidades de perforación acorde a una presión de perforación que la máquina y el macizo rocoso permita (ver anexo 4, 5 y 6).

Los resultados permitirán a las diferentes unidades mineras que utilizan el método Raise Borer para ejecutar las chimeneas, optimizar los procesos productivos debido a que se tendrán los proyectos terminados en un menor tiempo.

Al ejecutar el método Raise Borer proteges al personal al no exponerlo directamente al espacio vacío y se tiene un mejor control de distanciamiento social ya que el dimensionamiento de la cabina de perforación nos permite realizar el control de personal.

El objetivo de la presente investigación es *“Analizar la correlación entre la presión de perforación y velocidad de perforación empírica para determinar una velocidad de perforación óptima en la perforación de chimeneas de servicio”*.

De los datos obtenidos se concluye lo siguiente:

- Para poder realizar un adecuado análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación, se coordinó con los operadores mantener los parámetros de rotación (RPM), el flujo de agua (m³/h), viscosidad del agua (s), amperaje (A) y voltaje (V) constantes en toda la longitud del proyecto, con el fin de estudiar la como varían netamente estas 02 variables; esta restricción se pudo controlar en la mayoría de metros de ejecución, pero cuando se presentó discontinuidades, fallas y fallas mecánicas estos parámetros se manipularon lo que nos dieron datos que salen del rango estimado.

Durante la construcción de las chimeneas se mantuvieron los siguientes parámetros fluctuando entre los siguientes valores:

- Rotación: 10 -11 RPM.
 - Flujo de agua: 0.9 – 1.0 m³/hr.
 - Amperaje: 260 – 270 A.
 - Voltaje: 440 – 450 Kva.
- Al analizar la correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica se halla una correlación positiva, lo que se traduce, si la presión de perforación aumenta la velocidad de perforación aumenta (son variables directamente proporcionales).

$$\hat{Y} = 0.117\hat{X}^3 - 5.2584\hat{X}^2 + 78.694\hat{x} - 390.82 \quad (\text{Funcion polinomial de grado 3})$$

$$R^2 = 0.2918 \quad (\text{Coeficiente de determinacion})$$

$$R = 0.5402 \quad (\text{Coeficiente de correlacion})$$

- La función de correlación lineal vs la función de correlación polinómica de grado 3 nos proporciona una mejor tendencia del comportamiento la presión de perforación y la velocidad de perforación.
- La elección de la función polinómica de grado 3 vs grados superiores se elige debido al comportamiento y parámetros que el fabricante y operadores hacen mención dentro de la operación teniendo como parámetros limitantes la rotación (RPM), el flujo de agua (m³/h), viscosidad del agua (s), amperaje (A) y voltaje (V) empleados por la máquina; como se aprecia en el anexo 7 y anexo 13.
- Para poder analizar de manera adecuada los datos, la variable aleatoria, RMR (como se aprecia en los anexos 4, 5 y 6) debe ser constante o mantenerse en un intervalo de error mínimo (Roca tipo III – 41 a 60 RMR), para el que estudio de las presiones de perforación y la velocidad de perforación a lo largo de la longitud del proyecto pueda generar una tendencia adecuada y hallar una velocidad de perforación óptima en función a la presión que se ejerza.
- Esto se sustenta en el análisis del proyecto “B”, donde se toman como datos las presiones de perforación en Mpa y las velocidades de perforación en m/s de los proyectos RB 76 y RB 80.
- De lado contrario en el proyecto “A” se utilizan los datos de presión de perforación en Mpa y velocidad de perforación (m/s) de los proyectos RB 76, RB 78 y RB 80 donde las RB 76 y RB 80 tienen un coeficiente de perforación positivo mientras que el RB 78 cuenta con un coeficiente de correlación negativo; al realizar el proyecto “A” utilizando estos datos se concluye que la correlación lineal tiende a ser nula y la

correlación polinómica de grado 3 no tiene una tendencia real donde los valores de la velocidad de perforación se acercan a los extremos.

- El estudio geomecánico realizado solo se tomó en cuenta laboreo cercano en la misma cota donde se realizó la construcción de la cabina (cabeza) del Raise Borer y laboreo cercano a la llegada (pie) del Raise Borer.
- Para realizar un adecuado estudio geomecánico se debe mapear laboreo cercano entre la cabina y la llegada del Raise Borer (en diferentes cotas), lo que beneficia por tener una mayor certeza del RMR, lo que permite elegir una presión de perforación y velocidad de perforación real.
- Esto permite realizar un mejor cronograma de ejecución de las Raise Borer y dar mayor celeridad a los proyectos de chimeneas de servicio que se necesitan en las zonas de producción.

La hipótesis de la presente investigación es, ***“Un eficiente análisis de correlación entre la presión de perforación y la velocidad de perforación empírica permite determinar una velocidad de perforación óptima en la construcción de chimeneas de servicio utilizando el método de perforación Raise Borer”***.

El sustento de la veracidad de esta hipótesis es el siguiente:

- Al analizar adecuadamente los parámetros de perforación como son la presión y la velocidad dentro de un rango del RMR semejante, se haya que tienen una correlación positiva moderada en los proyectos RB 76 y RB 80.
- Al contar con una correlación positiva moderada se explica que, al aumentar la presión de perforación, incrementará la velocidad de perforación.

- Al juntar los datos de los proyectos RB 76 y RB 80 en el proyecto “B”, se utiliza un promedio de las presiones de perforación para hallar la presión constante del proyecto, esta será reemplazada en la función de correlación polinómica de grado 3 que se obtiene utilizando el software Microsoft Excel y se halla el valor de la velocidad de perforación promedio que es mayor a la mayoría de los datos por lo que se toma como la velocidad óptima del proyecto.
- Al ser esta velocidad mayor a la mayoría de las velocidades empíricas se deduce que empleando esta velocidad de forma continua el proyecto se ejecutara en un menor tiempo por lo que optimizara el uso de la máquina y se darán mejores condiciones de trabajo.

RECOMENDACIONES

Los resultados del presente trabajo de investigación sirven para futuras investigaciones referentes al análisis del proceso de perforación de las máquinas Raise Borer. Estos son las bases para:

- Analizar el comportamiento de los parámetros de perforación que se mantuvieron constantes en el presente trabajo de investigación como rotación (RPM), el flujo de agua (m³/h), viscosidad del agua (s), amperaje (A) y voltaje (V).
- Analizar la durabilidad de los cortadores al utilizar diferentes parámetros de perforación. Los cortadores en el presente trabajo de investigación tienen que soportar para realizar un trabajo adecuado 11 toneladas cada uno (recomendación del fabricante).
- Si se utilizan presiones altas para conseguir una mayor velocidad de perforación estos cortadores van a realizar un mayor trabajo, pero su vida útil va a disminuir por lo que analizar este comportamiento previene problemas durante la operación como rotura y atascamiento de cortadores lo cual genera un posible atascamiento o rotura de cortadores en el proceso de rimado.
- Analizar la correlación entre la presión de perforación y el trabajo desarrollado por los cortadores en el proceso de perforación rimado para evitar fatiga de los aceros empleados en la construcción de los cortadores.
- Analizar la correlación entre el trabajo de los cortadores y la vida útil de los mismos para extender la vida útil de los mismos y optimizar costos en aceros de perforación

- Realizar un análisis de correlación múltiple entre las variables expuestas para poder entender el comportamiento de estas variables con respecto a las presiones de perforación y velocidad de perforación.
- Formular funciones que representen un dominio más amplio de presiones acorde al RMR establecido del proyecto.
- En el presente trabajo de investigación se utilizó un tipo de roca III que comprenden RMR desde los 41 – 60 por lo que al aumentar el estudio de más proyectos con las mismas características con más información de presiones de perforación puede ayudar a predecir una función que permita establecer una velocidad de perforación por encima de los 17 Mpa.
- Validar estudios de la caracterización del macizo rocoso en la longitud de perforación del proyecto, esto se puede utilizar evaluando el avance de la perforación, las presiones utilizadas y la rotación empleada para la perforación ya que estas fluctuaran al encontrar discontinuidades en el macizo rocoso.
- Validar la formulación de funciones donde se predice el comportamiento de las velocidades de perforación para un determinado dominio de presiones de perforación.

Los resultados de la presente investigación se pueden utilizar en otras unidades mineras y proyectos teniendo en cuenta las siguientes condiciones;

- Se tiene que tener un tipo de roca igual o parecido para poder emplear como base las presiones de perforación utilizadas y sus respectivas velocidades de perforación.

- Se puede probar utilizando presiones más altas y ver el comportamiento de la presión de perforación siempre y cuando se tenga la aprobación para poder elevar estos parámetros.
- Contar con una maquina igual o parecida a la utilizada en los proyectos estudiados que permitan trabajar bajo los parámetros estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

INTERNACIONALES

1. Danelly, S. (2011). "MANUAL DE PERFORACIÓN RAISE BORER". MÉXICO.
2. Heymans, Jan – O'Neil, Chris (2016), "MANUAL OPERATIVO PARA RAISE BORING AUTOMATIZADO DEL GRUPO MASTER DRILLING".
3. MASTER DRILLING – 41R RAISE BORER, "TECHNICAL SPECIFICATION"
4. MASTER DRILLING – 61R RAISE BORER, "TECHNICAL SPECIFICATION"
5. MASTER DRILLING – 71R RAISE BORER, "TECHNICAL SPECIFICATION"
6. MASTER DRILLING – RD3-250 (AC DRIVE) RAISE BORER, "TECHNICAL SPECIFICATION"
7. Medel, E. y Ojeda, C. (2012) "EJECUCIÓN DE CHIMENEAS MEDIANTE EL SISTEMA RAISE BORING" - CHILE
8. México, M. D. (2018). <http://masterdrillingmexico.blogspot.com/>. obtenido de <http://masterdrillingmexico.blogspot.com/>.
9. Redrovan, Ramón (2015). "CONSTRUCCIÓN DEL POZO DE PRESIÓN CON EL MÉTODO RAISE BORING Y ENSANCHAMIENTO MANUAL EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO QUIJOS. ECUADOR.
10. Yepes Piqueras, Victor (04 de diciembre de 2014). <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/raise-boring/>. obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/raise-boring/>

NACIONALES

11. Araujo Izique, Henry (2018), "INFLUENCIA DE PRESIÓN Y ROTACIÓN EN LA VELOCIDAD DE PENETRACIÓN EN RIMADO DE UNA CHIMENEA INCLINADA 52°, SISTEMA RAISE BORER, MINA UCHUCCHACUA, OYON, 2018". TRUJILLO.
12. Bedoya Cabrera, Wilbert Waldir (2019), "EJECUCIÓN DE CHIMENEA CON EL MÉTODO RAISE BORING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR". ANCASH.
13. Centeno Flores, Dante (2016), "OPTIMIZACIÓN DE LAS LABORES DE SERVICIOS CON LA IMPLEMENTACIÓN CON EQUIPOS RAISE BORING PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA E.E. ETRAMIM S.R.L. EN LA UNIDAD OPERATIVA SAN CRISTÓBAL DE BATEAS (CAYLLOMA-AREQUIPA)-2016". APURIMAC.
14. Contreras Llica, Laddy Eliana (2015), "PERFORACIÓN DE CHIMENEAS CON EL MÉTODO RAISE BORING EN LA UNIDAD MINERA ARCATA". AREQUIPA
15. Ollachica Hacha, Humberto - Ollachica Sulla, Aurelio (2019), "OPTIMIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEA EN LA VETA ÁNIMAS MEDIANTE EL MÉTODO DE PERFORACIÓN RAISE BORING EN LA MINERA BATEAS SAC, CAYLLOMA". AREQUIPA.
16. Pacheco Marin, Freshy (2019), "OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS SLOT UTILIZANDO LA MÁQUINA RAISE BORING SBM 400 SR, EN LA COMPAÑÍA MINERA NEXA, CERRO LINDO - CHINCHA". CUSCO

17. Quinto Robles, Junior Jairzinho (2019), "ANÁLISIS GEOMECÁNICO EN LA EJECUCIÓN DEL RAISE BORER 19 MINA ISLAY". CERRO DE PASCO.
18. Ramos Percca, Daniel (2019), "DESARROLLO DE CHIMENEAS DE VENTILACIÓN, ORE PASS Y WASTE PASS UTILIZANDO EL MÉTODO DE PERFORACIÓN RAISE BORING PARA LA CONTINUIDAD DE LABORES MINERAS EN LA UNIDAD SAN RAFAEL". PUNO.
19. Rivera Huamán, Miguel Ángel (2015), "CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS RAISE BORER PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MINADO Y LOS COSTOS DE EXPLOTACIÓN EN EL TAJO 355 DE REINA LETICIA EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A." HUANCAYO.
20. Trujillo Bravo, Bitmer Vladimir (2018), "COSTOS OPERATIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN LA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. – UNIDAD JULCANI". CERRO DE PASCO.
21. Vilca Yucra, Junior Jerik - Vilca Yucra, Juan Luis (2018), "APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA PARA EL CONTROL DE LA DESVIACIÓN EN LA PERFORACIÓN DEL TALADRO PILOTO CON EQUIPO RAISE BORING EN LA EJECUCIÓN DE CHIMENEAS EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR S.A". PUNO.

ANEXO

Anexo 1: Data de Proyecto Raise Borer 76.

Máquina	R0320E	R0320E	R0320E	R0320E
Mina (País)	UCHICHAGUA	UCHICHAGUA	UCHICHAGUA	UCHICHAGUA
Nº de Chimenea	8076	8076	8076	8076
Longitud de hoyo	137.48	137.48	137.48	137.48
Inclinación de hoyo	87°	87°	87°	87°
Diámetro de Piloto (")	12 1/8	12 1/8	12 1/8	12 1/8
Diámetro de las barras (10, 11, 14)	11 1/4	11 1/4	11 1/4	11 1/4
Diámetro de Rimado (in)	2.4	2.4	2.4	2.4
Nivel de la perforación				
Tipo de suelo	ROCA 1	ROCA 1	ROCA 1	ROCA 1
Proceso actual	RRMADO	RRMADO	RRMADO	RRMADO
Tiempo efectivo de perforación (h)				
Turno día	1.17	1.18	1.16	1.25
Turno noche	6.25	6.26	6.29	6.28
Total día	7.42	7.36	7.45	7.53
Excarado (m)				
Avance del turno día (m)	1.00	2.34	7.17	7.39
Avance del turno noche (m)	6.08	6.95	8.00	7.38
Total día	7.08	9.29	15.17	15.17
Acumulado	7.08	16.37	31.74	46.91
Balance	130.40	126.91	155.74	90.37
Indicadores				
Penetración ESCARADO turno día (m/h)	0.81	0.81	0.96	1.21
Penetración ESCARADO turno noche (m/h)	0.97	1.13	1.27	1.25
Explicación del porque no se llega a 8.8m)	Día: Terreno duro y fracturado	Noche: MONITOREO CONSTANTE	Día: No llega	Día: No llega
Plan de acción para llegar a 8.8m)	Noche: MONITOREO CONSTANTE	Noche: MONITOREO CONSTANTE	Noche: N/A	Noche: N/A
T/Cutter día	1.40	7.63	10.30	8.20
T/Cutter noche	6.80	6.79	10.50	8.08
Explicación del porque no se llega a 11.7m)	Día: Terreno duro y fracturado	Noche: Terreno duro y fracturado	Día: Terreno duro y fracturado	Día: Terreno duro y fracturado
Plan de acción para llegar a 11.7m)	Noche: Aumentar presión	Noche: Aumentar presión	Noche: Aumentar presión	Noche: Aumentar presión
Parámetros de perforación				
Código y potencia del motor principal (hp)	EL 12 - 25HP	EL 12 - 25HP	EL 12 - 25HP	EL 12 - 25HP
Turno día				
Presión (Mpa)	10.00	10.00	10.00	10.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00	10.00
Amperaje (Amp)	200.00	200.00	200.00	200.00
Voltaje (V)	460.00	460.00	460.00	460.00
Viscosidad del agua (cP)				
Flujo del agua (m³/h)				
Cantidad de bombas de agua instaladas				
Turno Noche				
Presión (Mpa)	13.00	13.00	13.00	13.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00	10.00
Amperaje (Amp)	200.00	200.00	200.00	200.00
Voltaje (V)	460.00	460.00	460.00	460.00
Viscosidad del agua (cP)				
Flujo del agua (m³/h)				
Cantidad de bombas de agua instaladas				
Resumen de tiempos				
	hora	minutos	hora	minutos
Turno Día	1.17	0	1.18	0
Turno Noche	6.25	0	6.26	0
Total horas	7.42	0	7.44	0
Tiempo Productivo	1.17	0	1.18	0
Tiempo efectivo de perforación	1.17	0	1.18	0
Tempo Neutral	6.25	0	6.26	0
Demoras de mina	0.00	0	0.00	0
Demoras de MOP	0.00	0	0.00	0
Demoras por fallas MEH	0.00	0	0.00	0
Total horas	7.42	0	7.44	0
Tiempo Productivo	1.17	0	1.18	0
Tiempo efectivo de perforación	1.17	0	1.18	0
Tempo Neutral	6.25	0	6.26	0
Demoras de mina	0.00	0	0.00	0
Demoras de MOP	0.00	0	0.00	0
Demoras por fallas MEH	0.00	0	0.00	0
Total horas	7.42	0	7.44	0
Comentarios operacionales relevantes				
Turno Día: Se inicia con la perforación de rimado, problemas con la tarjeta soft starter.	Turno Noche: Se continúa con la perforación de rimado, problemas con la tarjeta soft starter.	Turno Día: Se continúa con la perforación de rimado, se sale antes de la mina por problemas de salud del personal.	Turno Noche: Se continúa con la perforación de rimado, Limpieza en el pie de chimenea.	Turno Día: Se continúa con la perforación de rimado. Limpieza de carga de rimado.
Turno Noche: Se continúa con la perforación de rimado.	Turno Día: Se continúa con la perforación de rimado. Limpieza de carga de rimado.	Turno Noche: Se continúa con la perforación de rimado.	Turno Día: Se continúa con la perforación de rimado. Limpieza de carga de rimado.	Turno Noche: Se continúa con la perforación de rimado. Limpieza de carga de rimado.

Máquina	R03250E	R03250E	R03250E	R03250E
Mina (Pasivo)	UOKUCHACUA	UOKUCHACUA	UOKUCHACUA	UOKUCHACUA
Nº de Chismas	897	897	897	897
Longitud de Hoja	137.48	137.48	137.48	137.48
Inclinación de Hoja	85°	85°	85°	85°
Diámetro de Písta (")	12 1/4	12 1/4	12 1/4	12 1/4
Diámetro de las barras (Ø, 11 1/4)	11 1/4	11 1/4	11 1/4	11 1/4
Diámetro de Rimado (m)	2.4	2.4	2.4	2.4
Nivel de la perforación				
Tipo de suato	ROCA 1	ROCA 1	ROCA 1	ROCA 1
Proceso actual	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO
Tempo efectivo de perforación (h)				
Turno día	6.75	6.67	6.63	
Turno noche	6.42	6.25	6.42	6.08
Total día	13.17	12.92	13.25	6.08
Escariado (m)				
Avance del turno día (m)	7.60	7.59	7.58	
Avance del turno noche (m)	7.46	7.48	7.50	7.42
Total día	15.06	15.07	15.08	7.42
Acumulado	61.57	77.04	92.12	99.54
Faltante	75.51	68.44	45.36	32.84
Indicadores				
Penetración ESCARIADO turno día (m/h)	3.13	3.14	3.11	
Penetración ESCARIADO turno noche (m/h)	3.16	3.20	3.17	3.32
Explicación del porque no se llega a 8.8m/h	Día: Se llega. Noche: Se llega.	Día: Se llega. Noche: Se llega.	Día: Se llega. Noche: Se llega.	Día: N/A Noche: Se llega.
Plan de acción para llegar a 8.8m/h	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A
T/Cutter día	6.20	6.20	6.20	
T/Cutter noche	6.68	6.68	6.70	6.70
Explicación del porque no se llega a 117/T/Cutter	Día: Terreno duro y fracturado Noche: Terreno duro y fracturado.	Día: Se cumple. Noche: Se cumple.	Día: Se cumple. Noche: Se cumple.	Día: N/A Noche: Se cumple.
Plan de acción para llegar a 117/T/Cutter	Noche: Se mejorará cuando se pase el terreno duro.	Día: N/A Noche: N/A	Día: N/A Noche: N/A	Día: N/A Noche: N/A
Parámetros de perforación				
Código y potencia del motor principal (Hp)	L11 - 250HP	L11 - 250HP	L11 - 250HP	L11 - 250HP
Turno día				
Presión (Npsi)	13.00	14.00	14.00	0.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00	0.00
Amperaje (Amp)	250.00	254.00	260.00	0.00
Voltaje (V)	440.00	440.00	440.00	0.00
Viscosidad del agua(s)				
Flujo del agua(m ³ /h)				
Cantidad de bombas de agua instaladas				
Turno Noche				
Presión (Npsi)	14.00	14.00	14.00	14.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00	10.00
Amperaje (Amp)	250.00	250.00	250.00	260.00
Voltaje (V)	464.00	440.00	464.00	462.00
Viscosidad del agua (s)				
Flujo del agua (m ³ /h)				
Cantidad de bombas de agua instaladas				
Resumen de tiempos				
	minuto	minuto	minuto	minuto
	hora s	hora s	hora s	hora s
Turno Día				
Tempo Productivo	7.17	7.68	7.26	6.06
Tempo efectivo de perforación	6.75	6.67	6.63	6.08
Cambio de barra	0 25	0 25	0 25	0 0
Tempo Neutro	6.61	6.62	6.24	6.12
Reparos de guardia	0 20	0 20	0 20	0 30
Traslado de personal	0 50	0 50	0 50	0 20
Charla de seguridad / IPERC	0 20	0 20	0 20	0 10
Mantenimiento general	0 20	0 20	0 15	2 20
Refrigerio	1 0	1 0	1 0	0 0
Voladura	2 0	2 0	2 0	0 0
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	7.81
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas:	12.00	12.00	12.00	12.00
	minuto	minuto	minuto	minuto
	hora s	hora s	hora s	hora s
Turno Noche				
Tempo Productivo	6.61	6.67	6.61	6.08
Tempo efectivo de perforación	6.42	6.25	6.42	6.08
Cambio de barra	0 25	0 25	0 25	0 25
Tempo Neutro	6.17	6.11	6.17	6.56
Capacitación	0 30	0 30	0 30	0 30
Reparos de guardia	0 20	0 20	0 20	0 20
Traslado de personal	0 40	0 50	0 40	0 40
Charla de seguridad	0 10	0 10	0 10	0 40
Mantenimiento general	0 20	0 20	0 20	0 10
Limpieza de carga en el pie de chimenea	0 10	0 10	0 10	0 10
Voladura	2 20	2 20	2 20	0 40
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas:	12.00	12.00	12.00	12.00
Otros comentarios operacionales relevantes				
Turno Día : Se continua con la perforación de rimado.		Turno Día : Se continua con la perforación de rimado.	Turno Día : Se continua con la perforación de rimado.	Turno Día : No se continua la perforación por falta de operador.
Turno Noche : Se continua con la perforación de rimado. Limpieza de carga de rimado.		Turno Noche : Se continua con la perforación de rimado. Limpieza de carga de rimado.	Turno Noche : Se continua con la perforación de rimado. Limpieza de la carga de rimado.	Turno Noche : Se continua con la perforación de rimado. Limpieza de la carga de rimado.

Máquina	RO3250E	RO3250E	RO3250E	RO3250E
Mina (País)	UCHUCACHACUA	UCHUCACHACUA	UCHUCACHACUA	UCHUCACHACUA
Nº de Chimenea	897	897	897	897
Longitud de Hoja	137.48	137.48	137.48	137.48
Inclinación de Hoja	85°	85°	85°	85°
Diámetro de Piloto (")	12 1/4	12 1/4	12 1/4	12 1/4
Diámetro de las barras (10, 11 1/4)	11 1/4	11 1/4	11 1/4	11 1/4
Diámetro de Rimado (m)	2.4	2.4	2.4	2.4
Nivel de la perforación				
Tipo de suelo	ROCA 1	ROCA 1	ROCA 1	ROCA 1
Proceso Actual	RIMADO	RIMADO	RIMADO	RIMADO
Tiempo efectivo de perforación (h)				
Turno día	6.08	6.75	6.58	6.08
Turno noche		6.52	4.13	3.17
Total día	6.08	13.27	9.91	3.17
Escariado (m)				
Avance del turno día (m)	7.58	7.48	7.59	
Avance del turno noche (m)		7.69	4.14	3.55
Total día	7.58	15.08	11.73	3.55
Acumulado	107.12	122.20	139.93	137.48
Faltante	30.36	15.28	3.55	0.00
Indicadores				
Penetración ESCARADO turno día (m/h)	1.24	1.11	1.36	
Penetración ESCARADO turno noche (m/h)		1.10	0.96	1.12
Explicación del porque no se llega a 0.8m/h				
Día: Se llega		Día: Se llega	Día: Se llega	Día: N/A
Noche: Se llega		Noche: Se llega	Noche: Se llega	Noche: Se llega
Plan de acción para llegar a 0.8m/h				
Día: N/A		Día: N/A	Día: N/A	Día: N/A
Noche: N/A		Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A
T/Cutter día	12.50	12.70	13.00	11.00
T/Cutter noche		25.90	24.20	
Explicación del porque no se llega a 11T/Cutter				
Día: N/A		Día: Se cumple	Día: Se cumple	Día: N/A
Noche: Se cumple		Noche: Se cumple	Noche: Se cumple	Noche: Se cumple
Día: N/A		Día: N/A	Día: N/A	Día: N/A
Noche: N/A		Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A
Parámetros de perforación				
Código y potencia del motor principal (Hp)	LEL 12 - Z5HP	LEL 12 - Z5HP	LEL 12 - Z5HP	LEL 12 - Z5HP
Turno Día				
Presión (Mpa)	13.00	14.00	13.00	0.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00	0.00
Amperaje (Amp)	250.00	250.00	240.00	0.00
Voltaje (V)	458.00	458.00	453.00	0.00
Viscosidad del agua (c)				
Flujo del agua (m³/h)				
Cantidad de bombas de agua instalada				
Turno Noche				
Presión (Mpa)	0.00	14.00	14.00	11.00
Rotación (Rpm)	0.00	10.00	10.00	10.00
Amperaje (Amp)	0.00	250.00	240.00	260.00
Voltaje (V)	0.00	460.00	460.00	460.00
Viscosidad del agua (c)				
Flujo del agua (m³/h)				
Cantidad de bombas de agua instalada				
Resumen de tiempos				
Tempo Productivo	6.08	7.21	6.52	6.08
Tempo efectivo de perforación	6.08	6.75	5.98	6.08
Cambio de barra	0	0	0	0
Tempo Neutro	1.00	4.00	4.00	1.00
Capacitación	1	0	0	0
Reparos de guardia	0	10	0	0
Transporte de personal	0	40	0	0
Usado de IPSEC	0	10	0	0
Mantenimiento general	0	20	0	0
Refrigerio	1	0	0	0
Voladura	2	10	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	11.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00
Tempo Productivo	6.08	7.21	6.52	6.08
Tempo efectivo de perforación	6.08	6.92	4.83	3.17
Cambio de barra	0	0	0	0
Tempo Neutro	1.00	4.25	2.60	4.25
Capacitación	0	10	0	0
Reparos de guardia	0	20	0	0
Transporte de personal	0	40	0	0
Charla de seguridad	0	10	0	0
Mantenimiento general	0	20	0	0
Inspección de caja flotante	0	30	0	0
Voladura	2	15	2	2
Demoras de mina	11.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00
Otros comentarios operacionales relevantes				
Turno Día : Se continua con la perforación rimado.		Turno Día : Se continua con la perforación rimado.	Turno Día : Se continua con la perforación rimado.	Turno Día : No se trasladó vigas porque hay un cable en el piso obstruyendo el paso del scoop. Se corta los pernos de la placa base, se trasladó el oxígeno y acetileno y el teclé de 2tn.
Turno Noche : Limpieza de la carga de rimado por parte de mina.		Turno Noche : Se continua la perforación rimado. Limpieza de la carga de rimado por parte de mina.	Turno Noche : Se continua la perforación rimado. Se espera la viga para instalar.	Turno Noche : Se continua la perforación rimado, se comunica la chimenea, se traslada e instala vigas.

Anexo 2. Data de Proyecto Raise Borer 78.

Métrica	R03250E	R03250E	R03250E	R03250E
Mina (Pais)	UCHICHAQUIA	UCHICHAQUIA	UCHICHAQUIA	UCHICHAQUIA
N° de Chirreos	8878	8878	8878	8878
Longitud de Hoyo	68.94	68.94	68.94	68.94
Inclinación del Hoyo	79	79	79	79
Diámetro de Piloto (")	12 1/4	12 1/4	12 1/4	12 1/4
Diámetro de las Barras (10, 11 1/4)	11 1/4	11 1/4	11 1/4	11 1/4
Diámetro de Rimado (m)	2.4	2.4	2.4	2.4
Nivel de la perforación				
Tipo de suelo	ROCA 3	ROCA 3	ROCA 3	ROCA 3
Procesamiento	ESCARIBADO	ESCARIBADO	ESCARIBADO	ESCARIBADO
Tiempo efectivo de perforación (h)				
Turno día	5.08	4.58	6.25	4.42
Turno noche	3.00	6.33	6.00	6.92
Total día	8.08	10.91	12.25	11.34
Escarado (m)				
Avance del turno día (m)	5.06	4.56	6.07	4.64
Avance del turno noche (m)	3.03	6.07	6.08	7.49
Total día	8.09	10.63	12.15	12.13
Acumulado	8.09	18.72	30.87	43.00
Faltante	60.85	50.22	38.07	25.94
Indicadores				
Penetración ESCARIBADO turno día (m/h)	1.00	1.00	0.97	1.05
Penetración ESCARIBADO turno noche (m/h)	1.01	0.96	1.01	1.06
Explicación del porque no se llega a 0.8m/h	Día: Se cumple. Noche: Se cumple	Día: N/A. Noche: N/A	Día: N/A. Noche: N/A	Día: Se cumple. Noche: Se cumple
Plan de acción para llegar a 0.8m/h	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A	Día: monitoreo constante
T/Cutter día	11.90	11.10	10.40	11.60
T/Cutter noche	11.80	11.20	10.50	11.60
Explicación del porque no se llega a 11T/Cutter	Día: Se cumple. Noche: N/A	Día: N/A. Noche: N/A	Día: N/A. Noche: N/A	Día: Se cumple. Noche: Se cumple
Plan de acción para llegar a 11T/Cutter	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: monitoreo constante
Parámetros de perforación				
Código y potencia del motor principal (Hp)	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP
Turno Día	12.00	14.00	14.00	0.00
Presión (Mpa)	10.00	9.00	10.00	0.00
Rotación (Rpm)	270.00	230.00	270.00	0.00
Amperaje (Amp)	450.00	458.00	450.00	0.00
Voltaje (V)	450.00	458.00	450.00	0.00
Viscosidad del agua(s)				
Flujo del agua(m³/h)				
Cantidad de bombas de agua instaladas	0.00	0.00	0.00	0.00
Turno Noche				
Presión (Mpa)	13.00	14.00	14.00	14.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00	10.00
Amperaje (Amp)	240.00	270.00	280.00	270.00
Voltaje (V)	450.00	458.00	450.00	458.00
Viscosidad del agua(s)				
Flujo del agua (m³/h)				
Cantidad de bombas de agua instaladas	0.00	0.00	0.00	0.00
Resumen de tiempos				
Tiempo Productivo	5.61	6.66	6.66	6.61
Tiempo efectivo de perforación	5.08	4.58	6.25	4.42
Cambio de barra	0	20	1	20
Tiempo Neutro	1.64	2.11	1.61	12.00
Capacitación	40	40	40	30
Reparto de guardia	20	20	20	10
Traslado de personal	40	50	40	40
Ajuste de pernos	10	20	10	10
Almuerzo	1	1	1	1
Limpieza de carga de rimado	2	2	2	2
Voladura	2	2	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	16.42
Tiempo Productivo	6.11	6.66	6.11	6.11
Tiempo efectivo de perforación	5.00	6.33	6.00	6.92
Cambio de barra	0	10	20	20
Orden y limpieza	0	10	0	25
Tiempo Neutro	1.11	1.11	1.61	6.61
Capacitación	40	30	30	0
Reparto de guardia	20	20	10	20
Traslado de personal	40	40	40	40
Llenado de herramientas de gestión	10	20	20	20
Inspección de caja Rotante	10	10	20	10
Voladura	2	2	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00
Otros comentarios operacionales relevantes	Se inicia el rimado durante el turno día, se continúa el rimado en el turno noche, demora por camioneta ocupada por investigación de accidente.			
	TURNO DE DIA: Levantamiento de Observaciones reinicio de Escaribado operación normal.			
	TURNO DE NOCHE: Se continúa con escaribado operación normal			
	TURNO DE DIA: Se continúa con Escaribado operación normal, no funciona el HMI. TURNO DE NOCHE: Se continúa con escaribado operación normal, no funciona el HMI.			
	TURNO DE DIA: Se tiene capacitación de ESEM toda la guardia, TURNO DE NOCHE: Se continúa con escaribado operación normal, no funciona el HMI.			

Máquina	RD3250E	RD3250E	RD3250E
Mina (Faena)	UCHUCHACUA	UCHUCHACUA	UCHUCHACUA
N° de Chimenea	RB78	RB78	RB78
Longitud de Hoyo	68.94	68.94	68.94
Inclinación de Hoyo	78	78	78
Diámetro de Piloto (")	12 1/4	12 1/4	12 1/4
Diámetro de las barras (10, 11 1/4)	11 1/4	11 1/4	11 1/4
Diámetro de Rimado (m)	2.4	2.4	2.4
Nivel de la perforación			
Tipo de suelo	ROCA 3	ROCA 3	ROCA 3
Proceso actual	ESCARIADO	ESCARIADO	INSTALACION DE VIGAS / ESCARIADO
Tiempo efectivo de perforación (h)			
Turno día	5.42	4.75	3.58
Turno noche	6.00	1.25	2.58
Total día	11.42	6.00	2.58
Escarado (m)			
Avance del turno día (m)	7.58	6.08	
Avance del turno noche (m)	7.48	1.52	3.28
Total día	15.06	7.60	3.28
Acumulado	58.06	65.66	68.94
Faltante	10.88	3.28	0.00
Indicadores			
Penetración ESCARIADO turno día (m/h)	1.40	1.29	
Penetración ESCARIADO turno noche (m/h)	1.25	1.22	1.27
Explicación del porque no se llega a 0.8m/h	Día: Se cumple Noche: Se cumple Día: monitoreo constante	Día: Se cumple Noche: Se cumple Día: monitoreo constante	Día: Noche: Se cumple Día:
Plan de acción para llegar a 0.8m/h	Noche: monitoreo constante	Noche: monitoreo constante	Noche: monitoreo constante
T/Cutter día	11.80	11.30	
T/Cutter noche	11.00	11.30	10.20
Explicación del porque no se llega a 11T/Cutter	Día: Se cumple Noche: Se cumple Día: monitoreo constante	Día: Se cumple Noche: Se cumple Día: monitoreo constante	Día: Noche: termino de chimenea Día:
Plan de acción para llegar a 11T/Cutter	Noche: monitoreo constante	Noche: monitoreo constante	Noche: termino de chimenea
Parametros de perforación			
Código y potencia del motor principal (Hig)	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP
Turno Día			
Presion (Mpa)	14.00	13.00	0.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	0.00
Amperaje (Amp)	260.00	260.00	0.00
Voltaje (V)	449.00	449.00	0.00
Viscosidad del agua(s)			
Flujo del agua(m ³ /h)			
Cantidad de bombas de agua instaladas	0.00	0.00	0.00
Turno Noche			
Presion (Mpa)	14.00	13.00	12.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00
Amperaje (Amp)	270.00	275.00	260.00
Voltaje (V)	458.00	450.00	450.00
Viscosidad del agua(s)			
Flujo del agua (m ³ /h)			
Cantidad de bombas de agua instaladas	0.00	0.00	0.00
Resumen de tiempos			
	horas minutos	horas minutos	horas minutos
Tiempo Productivo	5.25	5.56	3.62
Tiempo efectivo de perforación	5.42	4.75	
Cambio de barra	0 20	0 15	
Orden y limpieza		0 30	3 40
Tiempo Neutro	5.25	5.50	3.31
Capacitación MDP	0 30	0 30	0 40
Herramientas de Gestion	0 10	0 10	0 10
Reparato de guardia	0 20	0 20	0 20
Traslado de personal	0 40	0 40	0 40
Ajuste de pernos	0 10	0 20	0 20
Almuerzo	1 0	1 0	0 0
Limpieza de carga de rimado	1 10	1 15	1 15
Voladura	2 15	2 15	2 20
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00
			FALTA DE APOYO DE SCOP TRASLADO DE VIGAS 5 0
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00
	horas minutos	horas minutos	horas minutos
Tiempo Productivo	6.62	4.22	2.58
Tiempo efectivo de perforación	6.00	1.25	2.58
Cambio de barra	0 25	0 5	0 10
Orden y limpieza			0 50
Desinstalacion de monorriel			2 50
Instalacion de vigas			2 0
Tiempo Neutro	5.58	2.82	4.62
Capacitación	0 30	0 30	0 30
Reparato de guardia	0 10	0 20	0 20
Traslado de personal	0 40	0 40	0 50
Ajuste de Pernos	0 20	0 20	0 20
Llenado de herramientas de gestión	0 10	0 20	0 10
Inspección de caja flotante	0 30	0 30	0 30
Limpieza de carga de rimado	0 55	0 55	0 55
Voladura	2 20	2 20	2 15
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00
		FALTA DE APOYO TRASLADO DE VIGAS 8 0	
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00
Otros comentarios operacionales relevantes			
TURNOS	TURNOS	TURNOS	TURNOS
TURNOS DE DIA : Se continua con escariado operación normal, no funciona el HMI, se tiene limpieza de carga programada.	TURNOS DE DIA : Se continua con escariado operación normal, no funciona el HMI, se tiene limpieza de carga programada.	TURNOS DE DIA : Falta de apoyo para el traslado de vigas parte de mina. Se traslada las vigas a interior mina	TURNOS DE DIA : Falta de apoyo para el traslado de vigas parte de mina. Se traslada las vigas a interior mina
TURNOS DE NOCHE : Se continua con escariado operación normal, no funciona el HMI. Inspeccion de caja flotante.	TURNOS DE NOCHE : Se continua con escariado operación normal, no funciona el HMI. Falta de apoyo para el traslado de vigas parte de mina.	TURNOS DE NOCHE : Se desarma el monorriel para el ingreso de las vigas, se traslada las vigas a interior mina, se instala las vigas, se continua con escariado operación normal, no funciona el HMI.	TURNOS DE NOCHE : Se desarma el monorriel para el ingreso de las vigas, se traslada las vigas a interior mina, se instala las vigas, se continua con escariado operación normal, no funciona el HMI.

Máquina	RD3206	RD3206	RD3206	RD3206	RD3206
Nº de Chumeca	RB80	RB80	RB80	RB80	RB80
Longitud de Hoyo	151	151	151	151	151
Inclinación de Hoyo	87	87	87	87	87
Diámetro de Piloto (")	12 1/4	12 1/4	12 1/4	12 1/4	12 1/4
Diámetro de las Barras (10, 11 1/4)	11 1/4	11 1/4	11 1/4	11 1/4	11 1/4
Nivel de la perforación	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Tipos de turno	ROCA 3	ROCA 3	ROCA 3	ROCA 3	ROCA 3
Perforación	RIÑADO	RIÑADO	RIÑADO	RIÑADO	RIÑADO
Tiempo efectivo de perforación (h)	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Turno día	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Turno noche	11.50	12.17	11.50	11.50	11.50
Total día	11.50	12.17	11.50	11.50	11.50
Escariado (m)	8.51	8.51	8.10	8.10	8.28
Avance del turno día (m)	8.35	8.59	8.06	8.06	8.12
Avance del turno noche (m)	16.96	16.71	16.38	16.38	16.40
Total día	61.39	78.10	58.28	58.08	114.44
Acumulado	30.61	72.00	56.74	56.26	36.56
Indicadores	1.93	1.90	1.90	1.93	1.95
Penetración ESCARADO turno día (m/h)	1.93	1.90	1.90	1.93	1.95
Penetración ESCARADO turno noche (m/h)	1.93	1.90	1.90	1.93	1.95
Explicación del porque no se llega a 0.8m/h	Noche: se cumple	Noche: se cumple	Noche: se cumple	Noche: se cumple	Noche: se cumple
Plan de acción para llegar a 0.8m/h	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A
T/Cutter día	13.30	13.30	13.70	13.30	13.50
T/Cutter noche	13.30	13.70	13.70	13.30	13.50
Explicación del porque no se llega a 11T/Cutter	Día: Terreno: Se llega	Día: Terreno: Se llega	Día: Terreno: Se llega	Día: N/A	Día: Se llega
Plan de acción para llegar a 11T/Cutter	Noche: Se llega	Noche: Se llega	Noche: Se llega	Noche: Se llega	Noche: Se llega
Plan de acción para llegar a 11T/Cutter	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A	Noche: N/A
Parámetros de perforación					
Código y potencia del motor principal (Hp)	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP
Turno Día					
Presión (Mpa)	15.00	14.00	15.00	0.00	17.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00	0.00	10.00
Amperaje (Amp)	210.00	210.00	210.00	0.00	250.00
Voltaje (v)	460.00	460.00	460.00	0.00	430.00
Viscosidad del agua (cP)					
Flujo del agua (m³/h)					
Cantidad de bombas de agua instaladas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Turno Noche					
Presión (Mpa)	14.00	17.00	16.00	15.00	18.00
Rotación (Rpm)	10.00	11.00	10.00	10.00	10.00
Amperaje (Amp)	240.00	240.00	230.00	215.00	210.00
Voltaje (v)	456.00	456.00	452.00	460.00	460.00
Viscosidad del agua (cP)					
Flujo del agua (m³/h)					
Cantidad de bombas de agua instaladas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Resumen de tiempos					
horas					
minutos					
Tiempo Productivo	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Tiempo efectivo de perforación	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Cambio de Barras	0	0	0	0	0
Lavado del Hoyo Piloto	0	0	0	0	0
Ajuste de Pernos	0	0	0	0	0
Retiro de Barras para Limpieza	0	0	0	0	0
Inspección de caja Rotante	0	0	0	0	0
Orden y Limpieza	0	0	0	0	0
Tiempo Neutro	5.83	6.83	6.83	6.00	6.25
Capacitación MDP	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Reporte de guardia	0	0	0	0	0
Tratado de personal	0	0	0	0	0
Utenaje de herramientas de gestión	0	0	0	0	0
Almuerzo	1	1	1	1	1
Voladura	2	2	2	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
horas					
minutos					
Tiempo Productivo	6.25	7.25	6.25	6.25	6.25
Tiempo efectivo de perforación	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Cambio de Barras	0	0	0	0	0
Lavado del Hoyo Piloto	0	0	0	0	0
Ajuste de Pernos	0	0	0	0	0
Inspección de caja Rotante	0	0	0	0	0
Retiro de Barras del Hoyo	0	0	0	0	0
Orden y Limpieza	0	0	0	0	0
Tiempo Neutro	5.83	6.83	6.83	6.00	6.25
Capacitación MDP	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Reporte de guardia	0	0	0	0	0
Tratado de personal	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Almuerzo	1	1	1	1	1
Voladura	2	2	2	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
horas					
minutos					
Tiempo Productivo	6.25	7.25	6.25	6.25	6.25
Tiempo efectivo de perforación	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Cambio de Barras	0	0	0	0	0
Lavado del Hoyo Piloto	0	0	0	0	0
Ajuste de Pernos	0	0	0	0	0
Inspección de caja Rotante	0	0	0	0	0
Retiro de Barras del Hoyo	0	0	0	0	0
Orden y Limpieza	0	0	0	0	0
Tiempo Neutro	5.83	6.83	6.83	6.00	6.25
Capacitación MDP	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Reporte de guardia	0	0	0	0	0
Tratado de personal	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Almuerzo	1	1	1	1	1
Voladura	2	2	2	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
horas					
minutos					
Tiempo Productivo	6.25	7.25	6.25	6.25	6.25
Tiempo efectivo de perforación	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Cambio de Barras	0	0	0	0	0
Lavado del Hoyo Piloto	0	0	0	0	0
Ajuste de Pernos	0	0	0	0	0
Inspección de caja Rotante	0	0	0	0	0
Retiro de Barras del Hoyo	0	0	0	0	0
Orden y Limpieza	0	0	0	0	0
Tiempo Neutro	5.83	6.83	6.83	6.00	6.25
Capacitación MDP	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Reporte de guardia	0	0	0	0	0
Tratado de personal	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Almuerzo	1	1	1	1	1
Voladura	2	2	2	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
horas					
minutos					
Tiempo Productivo	6.25	7.25	6.25	6.25	6.25
Tiempo efectivo de perforación	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Cambio de Barras	0	0	0	0	0
Lavado del Hoyo Piloto	0	0	0	0	0
Ajuste de Pernos	0	0	0	0	0
Inspección de caja Rotante	0	0	0	0	0
Retiro de Barras del Hoyo	0	0	0	0	0
Orden y Limpieza	0	0	0	0	0
Tiempo Neutro	5.83	6.83	6.83	6.00	6.25
Capacitación MDP	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Reporte de guardia	0	0	0	0	0
Tratado de personal	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Almuerzo	1	1	1	1	1
Voladura	2	2	2	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
horas					
minutos					
Tiempo Productivo	6.25	7.25	6.25	6.25	6.25
Tiempo efectivo de perforación	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Cambio de Barras	0	0	0	0	0
Lavado del Hoyo Piloto	0	0	0	0	0
Ajuste de Pernos	0	0	0	0	0
Inspección de caja Rotante	0	0	0	0	0
Retiro de Barras del Hoyo	0	0	0	0	0
Orden y Limpieza	0	0	0	0	0
Tiempo Neutro	5.83	6.83	6.83	6.00	6.25
Capacitación MDP	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Reporte de guardia	0	0	0	0	0
Tratado de personal	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Almuerzo	1	1	1	1	1
Voladura	2	2	2	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
horas					
minutos					
Tiempo Productivo	6.25	7.25	6.25	6.25	6.25
Tiempo efectivo de perforación	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Cambio de Barras	0	0	0	0	0
Lavado del Hoyo Piloto	0	0	0	0	0
Ajuste de Pernos	0	0	0	0	0
Inspección de caja Rotante	0	0	0	0	0
Retiro de Barras del Hoyo	0	0	0	0	0
Orden y Limpieza	0	0	0	0	0
Tiempo Neutro	5.83	6.83	6.83	6.00	6.25
Capacitación MDP	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Reporte de guardia	0	0	0	0	0
Tratado de personal	0	0	0	0	0
Herramientas de Gestión	0	0	0	0	0
Almuerzo	1	1	1	1	1
Voladura	2	2	2	2	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
horas					
minutos					
Tiempo Productivo	6.25	7.25	6.25	6.25	6.25
Tiempo efectivo de perforación	5.83	6.25	6.25	5.83	5.83
Cambio de Barras	0	0	0	0	0
Lavado del Hoyo Piloto	0	0	0	0	0
Ajuste de Pernos	0	0	0	0	0
Inspección de caja Rotante	0	0	0	0	0

Mina (Faena) N° de Chimenea Longitud de Hoyo Inclinación de Hoyo Diámetro de Piloto (") Diámetro de las barras (10, 11 1/4) Diámetro de Rimado (m) Nivel de la perforación	RD325DE	RD325OE	RD325OE
	UCHUCCHACUA	UCHUCCHACUA	UCHUCCHACUA
	RBBO	RBBO	RBBO
	151	151	151
	87	87	87
	12 1/4	12 1/4	12 1/4
	11 1/4	11 1/4	11 1/4
	2.4	2.4	2.4
Tipo de suelo	ROCA 3	ROCA 3	ROCA 3
Proceso actual	RIMADO	RIMADO	RIMADO
Tiempo efectivo de perforación (h)	3.00	6.08	6.00
Turno día	6.75	2.00	2.00
Turno noche	9.75	8.08	8.00
Total día			
Escariado (m)			
Avance del turno día (m)	4.55	9.11	9.11
Avance del turno noche (m)	9.10	3.03	1.66
Total día	13.65	12.14	10.77
Acumulado	128.09	140.23	151.00
Faltante	22.91	10.77	0.00
Indicadores			
Penetración ESCARIADO turno día (m/h)	1.52	1.50	1.52
Penetración ESCARIADO turno noche (m/h)	1.35	1.52	0.83
Explicación del porque no se llega a 0.8m/h	Día: se cumple Noche: se cumple	Día: se cumple Noche: se cumple	Día: se cumple Noche: se cumple
Plan de acción para llegar a 0.8m/h	Noche:	Noche:	Noche:
T/Cutter día	17.50	18.40	15.20
T/Cutter noche	18.10	18.50	15.20
Explicación del porque no se llega a 11T/Cutter	Día: Se llega Noche: Se llega	Día: Se llega Noche: Se llega	Día: Se llega Noche: Se llega
Plan de acción para llegar a 11T/Cutter	Día: N/A Noche: N/A	Día: N/A Noche: N/A	Día: N/A Noche: N/A
Parámetros de perforación			
Código y potencia del motor principal (Hp)	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP	LEL 12 - 250HP
Turno Día			
Presión (Mpa)	18.00	18.00	17.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00
Amperaje (Amp)	294.00	250.00	250.00
Voltaje (v)	460.00	440.00	460.00
Viscosidad del agua (s)			
Flujo del agua(m3/h)			
Cantidad de bombas de agua instaladas	0.00	0.00	0.00
Turno Noche			
Presión (Mpa)	18.00	18.00	17.00
Rotación (Rpm)	10.00	10.00	10.00
Amperaje (Amp)	210.00	210.00	210.00
Voltaje (v)	460.00	460.00	460.00
Viscosidad del agua (s)			
Flujo del agua (m3/h)			
Cantidad de bombas de agua instaladas	0.00	0.00	0.00
Resumen de tiempos	horas minutos	horas minutos	horas minutos
Tiempo Productivo	3.02	6.58	2.12
Tiempo efectivo de perforación	3.00	6.08	6.00
Cambio de Barras	0	0	30
Inspección visual de caja flotante	0	10	40
Turno día			
Tiempo Neutro	8.12	5.22	2.81
Capacitación	0	30	0
Reparto de guardia	0	10	20
Tratado de personal	0	50	0
Charra de seguridad	0	20	0
Voladura	2	20	10
Demoras de mina	4.42	0.00	0.00
Se detiene la perforación por falta de limpieza de carga de rimado	4	25	
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00
Turno Noche			
Tiempo Productivo	8.12	8.12	8.12
Tiempo efectivo de perforación	6.75	2.00	2.00
Cambio de Barras	0	0	30
Ajuste de Pernos	0	30	10
Inspección de caja flotante	0	30	30
Inspección de vigas a la cámara	0	5	30
Turno Noche			
Tiempo Neutro	2.81	2.81	2.81
Capacitación	0	30	0
Reparto de guardia	0	10	30
Tratado de personal	0	50	0
Herramientas de Gestión	0	0	10
Voladura	2	10	2
Demoras de mina	0.00	0.00	0.00
ESPIRA DE PIE DE CHIMENEA			
Demoras de MDP	0.00	0.00	0.00
PROBLEMAS CON CAMIONETA			
Demoras por fallas MEH	0.00	0.00	0.00
Total horas	12.00	12.00	12.00
Otros comentarios operacionales relevantes			
TURNOS DE DIA : Se continua la perforación rimado. Se detiene la perforación por falta de limpieza de carga en pie de chimenea.	TURNOS DE DIA : Se continua con la perforación rimado.	TURNOS DE DIA : Se continua con la perforación rimado.	TURNOS DE DIA : Se continua con la perforación rimado. Se desmonta el brazo hidráulico.
TURNOS DE NOCHE : Se continua con el rimado. Se realiza la inspección de la caja flotante. Se realiza la inspección de caja flotante.	TURNOS DE NOCHE : Se continua con el rimado, se realiza la inspección de la caja flotante. Se traslada las vigas a la cámara RB.	TURNOS DE NOCHE : Se continua con el rimado, se realiza la inspección de la caja flotante. Se traslada las vigas a la cámara RB.	TURNOS DE NOCHE : Se posiciona las vigas debajo de la placa base, se continua con el rimado se comunica.

Anexo 4. Informe Geomecánico RB 76.



MEMORANDUM N° 76

PARA : Victor Vaca Díaz **ASUNTO :** Evaluación geomecánica RB 76 NV 3850 - 3710
DE : Victor Balvin Mejia **FECHA :** 20 de Abril del 2018

Mediante el presente, se le hace entrega de la evaluación geomecánica del proyecto RB 76 del NV 3850 al NV 3710.

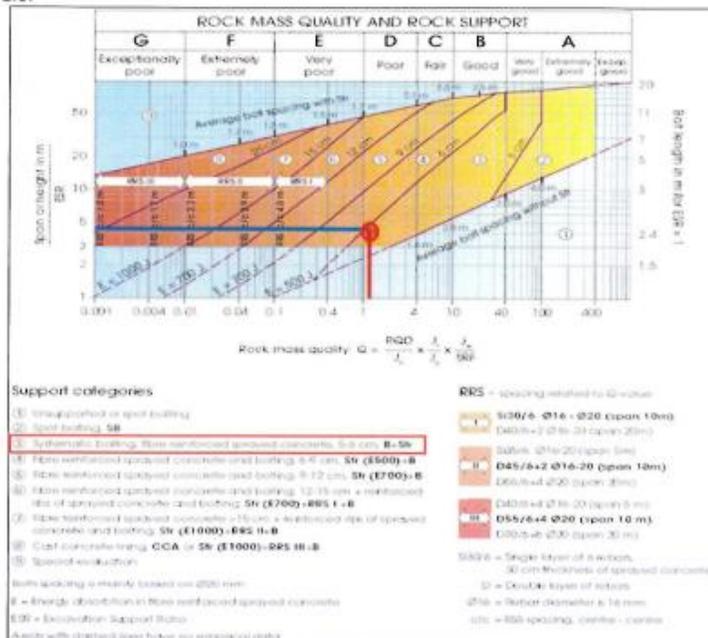
RB 76 NV 3850 – 3710:

El macizo rocoso en la zona del proyecto RB 76 presenta calidad regular con RMR de 43-48 (tipo III).

La veta Gina Socorro se encuentra paralela al eje del RB 76 con buzamiento de 85° y con dirección NE-SW. Además, se tienen fallas locales con dirección NE-SW los cuales cruzarán el RB 76, dichas zonas presentan mayor fracturamiento con alteraciones en el macizo rocoso.

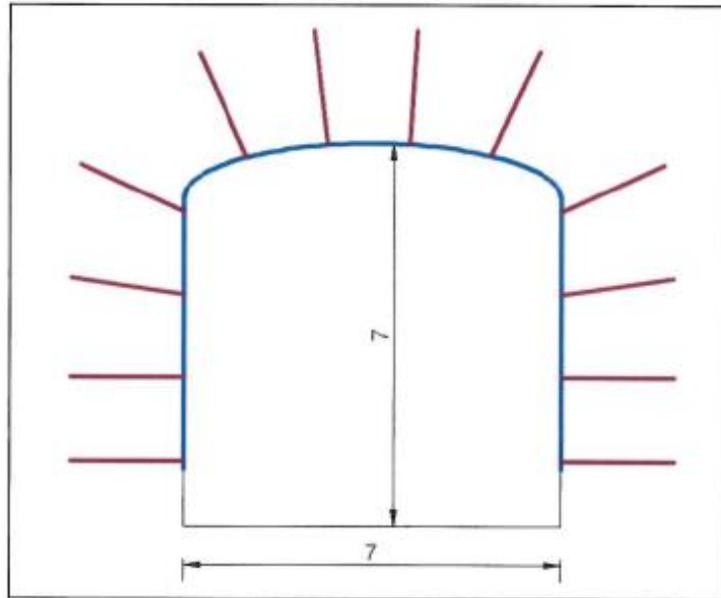
Sostenimiento cabina RB76:

RMR : 46
 Q : 1.25
 Dimensión: 7.0x7.0m
 ESR: 1.6.



El sostenimiento recomendado en la cabina del RB 76 es con Shotcrete de 2" de espesor reforzado con pernos súper spit set de 7' sistemático más malla electrosoldada.

Se recomienda llevar la corona en arco para una mejor distribución de los esfuerzos e incrementar el factor de seguridad de la labor.



Sección transversal a la Cabina del RB 76.

Atentamente.

Ing. Víctor Balvin Mejía
Geomecánico de Sección
Socorro Bajo

Anexo 5. Informe Geomecánico RB 78.



INFORME GEOMECÁNICO

DE : Área Geomecánica

ASUNTO: Evaluación Geomecánica

PARA: Proyectos Mina

FECHA : 28 de Junio de 2018

1. Introducción

El presente informe está orientado a la realización de la evaluación geomecánica del proyecto de RB 78 – V2

2. Objetivo y alcance

El objetivo del presente estudio geomecánico es estimar la estabilidad de las excavaciones de la cabina del Raise Borer 78-V2.

Proyecto Cabina RB 78 – V2.

Los alcances relacionados con el objetivo planteado son:

- Evaluar las condiciones geomecánica del macizo rocoso presente
- Caracterizar geomecánicamente el macizo rocoso donde se desarrollará dicho proyecto.
- Clasificar geomecánicamente el macizo rocoso donde se desarrollará dicho proyecto.
- Dimensionamiento de sostenimiento a aplicar.

3. Condiciones Geomecánicas del macizo rocoso

3.1. Parámetros geológicos

Uchucchacua es un depósito hidrotermal epigenético del tipo de relleno de fracturas (vetas), las cuales también fueron canales de circulación y reemplazamiento metasomático de soluciones mineralizantes que finalmente formaron cuerpos de mineral. Las rocas predominantes en la columna estratigráfica corresponden a las sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e instruyendo a las anteriores se observan dos tipos de intrusivos.

3.2. Clasificación geomecánica del macizo rocoso

Para la clasificación geomecánica del macizo rocoso se utilizó el criterio de Bieniawski de 1989 (RMR – Rock Mass Rating o Valoración de la Masa Rocosa), el cual es modificado a fin de clasificar de manera más distintiva a la masa rocosa. El siguiente cuadro muestra el criterio utilizado.

El proyecto excavaciones de la cabina Raise Borer 78-V2. Nv. 3860 Mina Socorro considera realizar desquinches en la **Es 6639NE**; en una sección de 7 metros de ancho por 7 de alto.

Para esto se tiene que caracterizar y zonificar el macizo rocoso, concideranado que la excavación se encuentra cerca de la Rpa. 626-1 donde la calidad de roca es de un tipo 3 regular, con un RMR promedio de 40 a 50 cuya características generales son, resistencia a la compresión es de 30 a 60 Mpa en su matriz promedio de fracturamiento de 7 a 13 fracturas, la roca se encuentra ligeramente alterada en el acceso y la presencia de agua se tiene en forma húmeda, adicionalmente se tiene un sistema de fallamiento paralelo a la excavación cuyo buzamiento es de 70° a 60° y está pegada en el hastial izquierdo.

La clasificación del macizo rocoso que se hizo de superficie al nivel 3860 se adjunta en el siguiente cuadro 01

criterio para la clasificacion de la masa rocosa TIPO DE ROCA	Rango RMR	Rango Q	Calidad segun RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
III	51-50	0.72-5.92	Regula
IV	31-40	0.08-0.64	Mala
V	< 21	< 0.08	Muy Mala

Cuadro 01: Criterio de Clasificación de la Masa Rocosa

4. Dimensionamiento del sostenimiento

Barton (1974) relaciona el índice de calidad de roca con el diámetro equivalente (DE), el cual se precisa como la relación entre el ancho de la excavación y el factor ESR que toma en cuenta cierto grado de inestabilidad permitido a la excavación en función de su uso y del tiempo requerido para el servicio.

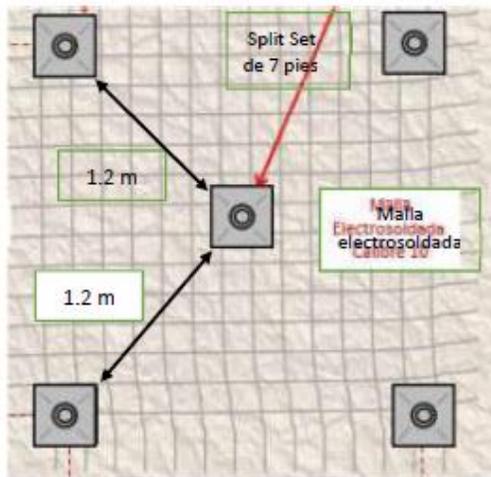
$$\text{Abertura máxima (m)} = 2 \times \text{ESR} \times Q^{0.4}$$

CATEGORÍA DE LA ÉXVACACION		ESR
A	Excavaciones mineras temporales	3 -5
B	Aberturas mineras permanentes, túneles de agua para hidroeléctricas, túneles piloto, galerías y socavones para grandes excavaciones	1.6
C	Cámaras de almacenamiento, plantas de tratamiento de agua, túneles carreteros y ferrocarrileros menores, cámaras de equilibrio, túneles de acceso	1.3
D	Casas de fuerza, túneles carreteros y ferrocarrileros mayores, cámaras de defensa civil, intersecciones de portales	1.0
E	Estaciones subterráneas de energía nuclear, estaciones de ferrocarril, facilidades deportivas y publicas, fábricas	0.8

Cuadro 02: Valores de ESR de acuerdo a la categoría de la excavación

Tomando en consideración este criterio antes mencionado y teniendo en consideración que el sostenimiento actual en la **Es 6639NE** (cabina) es con malla + super Split set de 7 pies espaciados a 1.20m. y a 1.0m. del piso de la labor. Culinada la excavación con las dimensiones detalladas, como sostenimiento final se lanzará una capa de shotcrete de 2" de espesor.

Conciderar que al ampliar a una seccion de 7 metros de ancho por 47de alto se tendrá que realizar un tunel de portada en la bocamina.



Cuadro 03: Distribución de Split set de 7 pies en forma sistema y de rombo



5. Conclusiones y recomendaciones

- El proyecto excavaciones de la cabina Raise Borer 78-V2. Nv. 3860 Mina Socorro tiene un tipos de roca 3 (regular) RMR de 40 a 50.
- El sostenimiento se realizara, tramo de roca tipo 3 con malla electrosoldada + super Split set de 7 pies, hasta concluir con la sección requerida.
- Como sostenimiento final se lanzará un capa de shotcrete de 2" de espesor en toda la cabina-

ATTE.

Área de Geomecánica

Anexo 6. Informe Geomecánico RB 80.



INFORME GEOMECÁNICO

DE : Área Geomecánica

ASUNTO: Evaluación Geomecánica

PARA: Proyectos Mina

FECHA : 28 de Junio de 2018

1. Introducción

El presente informe está orientado a la realización de la evaluación geomecánica del proyecto de RB 80

2. Objetivo y alcance

El objetivo del presente estudio geomecánico es estimar la estabilidad de las excavaciones de la cabina del Raise Borer 80

Proyecto Cabina RB 80

Los alcances relacionados con el objetivo planteado son:

- Evaluar las condiciones geomecánica del macizo rocoso presente
- Caracterizar geomecánicamente el macizo rocoso donde se desarrollará dicho proyecto.
- Clasificar geomecánicamente el macizo rocoso donde se desarrollará dicho proyecto.
- Dimensionamiento de sostenimiento a aplicar.

3. Condiciones Geomecánicas del macizo rocoso

3.1. Parámetros geológicos

Uchucchacua es un depósito hidrotermal epigenético del tipo de relleno de fracturas (vetas), las cuales también fueron canales de circulación y reemplazamiento metasomático de soluciones mineralizantes que finalmente formaron cuerpos de mineral. Las rocas predominantes en la columna estratigráfica corresponden a las sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e instruyendo a las anteriores se observan dos tipos de intrusivos.

3.2. Clasificación geomecánica del macizo rocoso

Para la clasificación geomecánica del macizo rocoso se utilizó el criterio de Bieniawski de 1989 (RMR – Rock Mass Rating o Valoración de la Masa Rocosa), el cual es modificado a fin de clasificar de manera más distintiva a la masa rocosa. El siguiente cuadro muestra el criterio utilizado.

El proyecto excavaciones de la cabina Raise Borer 80. Nv. 3710 Mina Socorro considera realizar desquinces; en una sección de 7 metros de ancho por 7 de alto.

Para esto se tiene que caracterizar y zonificar el macizo rocoso, concideranado que la excavación se encuentra cerca de la Rpa. 626-1 donde la calidad de roca es de un tipo 3 regular, con un RMR promedio de 40 a 50 cuya características generales son, resistencia a la compresión es de 30 a 60 Mpa en su matriz promedio de fracturamiento de 7 a 13 fracturas, la roca se encuentra ligeramente alterada en el acceso y la presencia de agua se tiene en forma húmeda, adicionalmente se tiene un sistema de fallamiento paralelo a la excavación cuyo buzamiento es de 70° a 60° y está pegada en el hastial izquierdo.

La clasificación del macizo rocoso que se hizo de superficie al nivel 3860 se adjunta en el siguiente cuadro 01

criterio para la clasificacion de la masa rocosa TIPO DE ROCA	Rango RMR	Rango Q	Calidad segun RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
III	51-50	0.72-5.92	Regula
IV	31-40	0.08-0.64	Mala
V	< 21	< 0.08	Muy Mala

Cuadro 01: Criterio de Clasificación de la Masa Rocosa

4. Dimensionamiento del sostenimiento

Barton (1974) relaciona el índice de calidad de roca con el diámetro equivalente (DE), el cual se precisa como la relación entre el ancho de la excavación y el factor ESR que toma en cuenta cierto grado de inestabilidad permitido a la excavación en función de su uso y del tiempo requerido para el servicio.

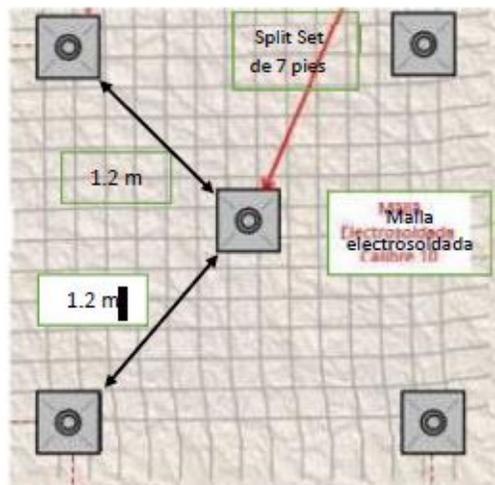
$$\text{Abertura máxima (m)} = 2 \times \text{ESR} \times Q^{0.4}$$

CATEGORÍA DE LA EXVACACION		ESR
A	Excavaciones mineras temporales	3 -5
B	Aberturas mineras permanentes, túneles de agua para hidroeléctricas, túneles piloto, galerías y socavones para grandes excavaciones	1.6
C	Cámaras de almacenamiento, plantas de tratamiento de agua, túneles carreteros y ferrocarrileros menores, cámaras de equilibrio, túneles de acceso	1.3
D	Casas de fuerza, túneles carreteros y ferrocarrileros mayores, cámaras de defensa civil, intersecciones de portales	1.0
E	Estaciones subterráneas de energía nuclear, estaciones de ferrocarril, facilidades deportivas y publicas, fábricas	0.8

Cuadro 02: Valores de ESR de acuerdo a la categoría de la excavación

Tomando en consideración este criterio antes mencionado y teniendo en consideración que el sostenimiento actual (cabina) es con malla + super Split set de 7 pies espaciados a 1.20m. y a 1.0m. del piso de la labor. Culminada la excavación con las dimensiones detalladas, como sostenimiento final se lanzará una capa de shotcrete de 2" de espesor.

Conciderar que al ampliar a una seccion de 7 metros de ancho por 47de alto se tendrá que realizar un tunel de portada en la bocamina.



Cuadro 03: Distribución de Split set de 7 pies en forma sistema y de rombo

5. Conclusiones y recomendaciones

- El proyecto excavaciones de la cabina Raise Borer 80. Nv. 3710 Mina Socorro tiene un tipos de roca 3 (regular) RMR de 40 a 50.
- El sostenimiento se realizara, tramo de roca tipo 3 con malla electrosoldada + super Split set de 7 pies, hasta concluir con la sección requerida.
- Como sostenimiento final se lanzará un capa de shotcrete de 2" de espesor en toda la cabina-

ATTE.

Área de Geomecánica

MASTER DRILLING

RD3-250 RAISE BORER

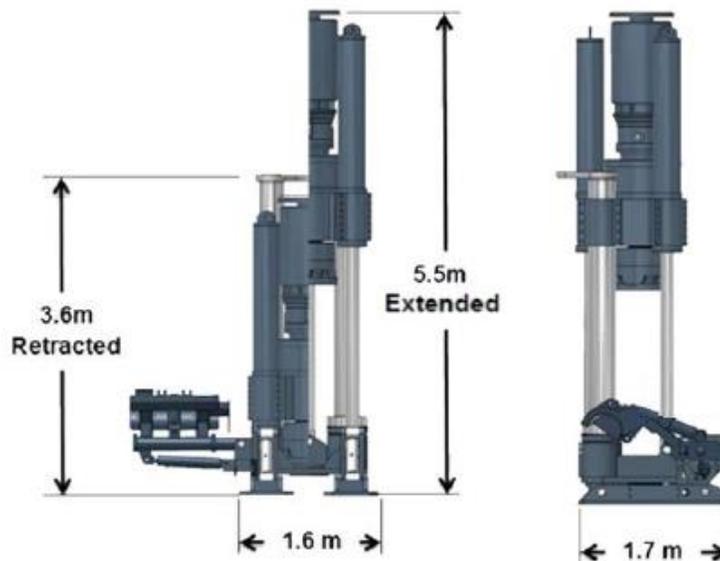
TECHNICAL SPECIFICATIONS

Description	
Extended Height	5.5 m
Retracted Height	3.6 m
Total Weight	14 700 kg
Thrust System Type	Hydraulic Cylinders
Max Reaming Force	3690 kN
Rotation System Type	AC Electrical Motor
Motor Power	250 HP
Pilot RPM	0 - 46 Variable
Reaming RPM	0 - 13 Variable
Makeup Torque	138 kN.m
Power Requirement	600 kVa
Raise Angle Range	90° - 60° (35° with support structure)
Pilot Hole Diameter	11" – 12 1/4"
Drill Pipe Diameter	10" – 11 1/4"
Drill Pipe Length	1.5 m

The RD3-250 is a medium size raise drill, ranging from 1.5m to 3.1 m in diameter.

Features & Benefits

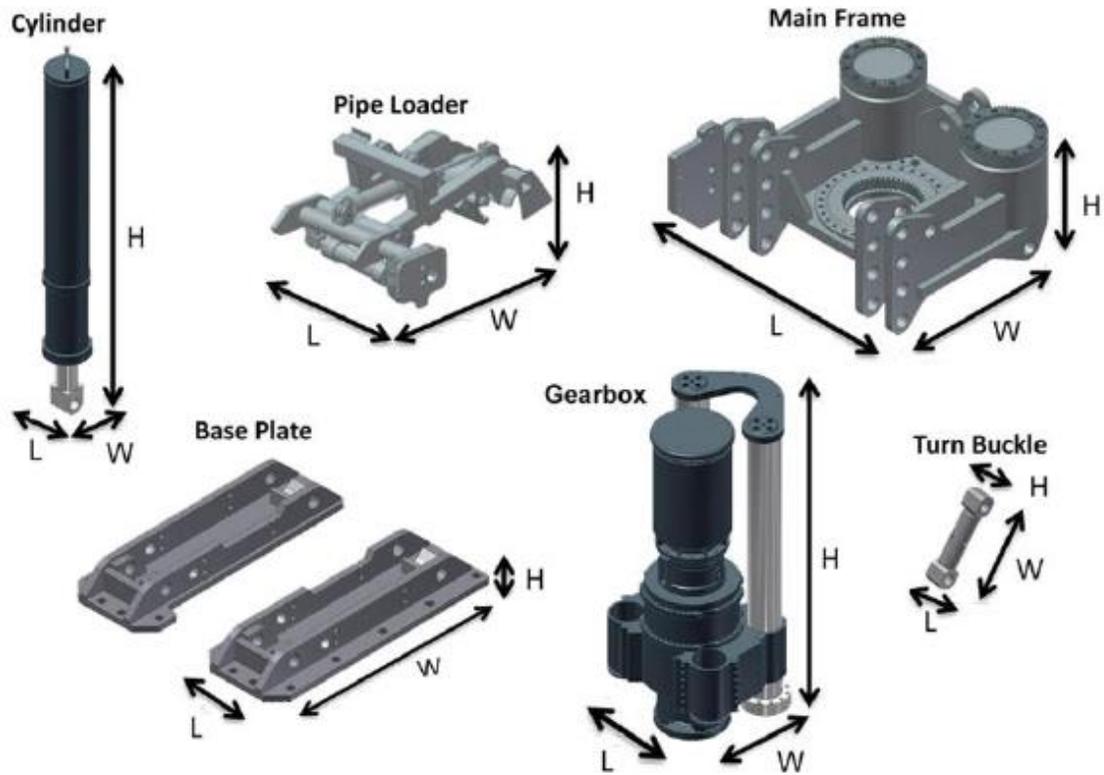
- The AC drive offers a variable speed drive with high durability and maintainability.
- A two-piece swivel float box prevents transfer of bending moments to the gearbox, and a replaceable threaded insert lowers maintenance costs.
- A simple in line drive system provides balanced thrust loads to improve cutting action, small footprint requires a small drilling pad and fewer tie down bolts.



MASTER DRILLING

RD3-250 RAISE BORER

TRANSPORT INFORMATION



Parts	Size L	Size W	Size H	Mass kg	Qty.
Base Plate	610	1650	220	500	2
Main Frame	1700	1300	700	1800	1
Turn Buckle	150	700	150	150	2
Cylinder	310	310	2700	1000	3
Pipe Loader	1000	1000	1000	580	1
Gearbox	1400	1300	3000	8000	1

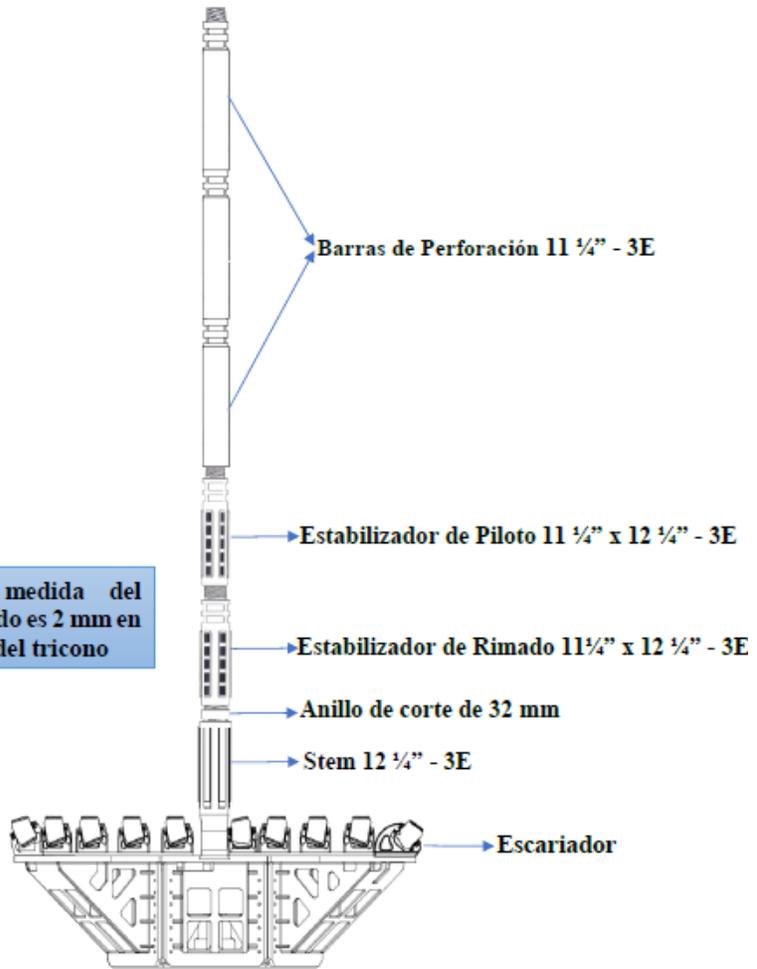
Anexo 8. Secuencia de Instalación – Componentes de Rimado

**SECUENCIA DE INSTALACIÓN COMPONENTES DE RIMADO CON
BARRAS DE 1 1/4" - 3E**

Para escariadores con Ø 2.1m, 2.4m

Perforación piloto con triconos de 12 1/4"

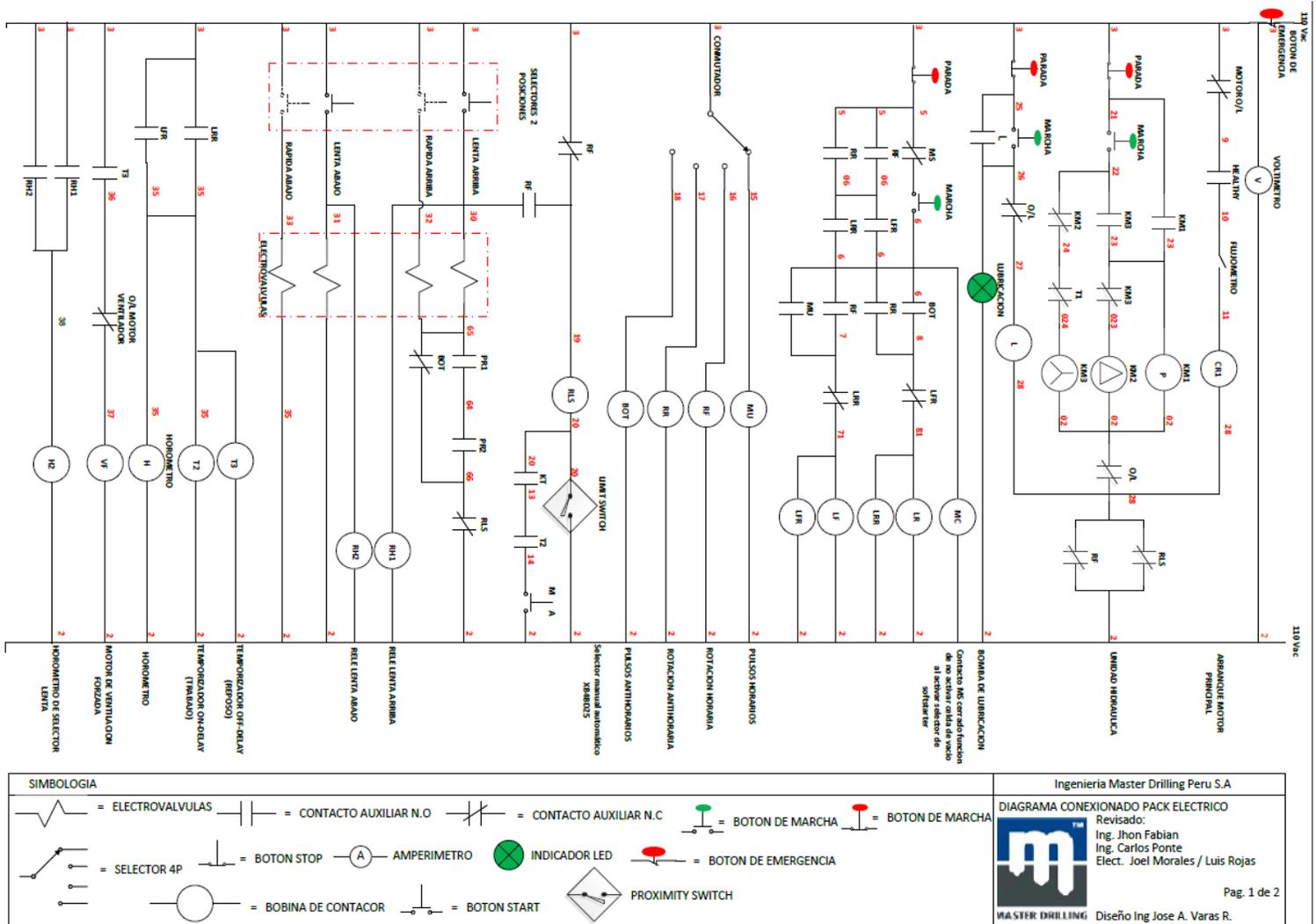
La tolerancia de medida del estabilizador de rimado es 2 mm en relación al diámetro del tricono



Escariador de Ø 2.1 m.
Cantidad cortadores 12

Escariador de Ø 2.4 m.
Cantidad cortadores 14

Anexo 10. Plano Eléctrico Maquina RD3 – 250.



Anexo 11. Procedimiento para Conexión de Escariador y Empate



Entrada en
vigencia

11 May 2018

Documento n.º SPR-MDG-ORB-0044-S Rev. 01

Procedimiento para conexión de escariador y empate

Índice

APROBACIÓN	1
HISTORIAL DE REVISIÓN	1
1. PROPÓSITO.....	2
2. ALCANCE	2
3. REFERENCIAS	2
4. DEFINICIONES.....	2
5. RESPONSABILIDADES Y AUTORIDADES	2
6. SIGLAS.....	2
7. PROCEDIMIENTO.....	2

Aprobación

Revisor	Aprobador	Aprobación electrónica	Fecha de aprobación
Roelof Swanepoel Director de estrategias	Gary Sheppard Director de operaciones del Grupo	ID – 8318	2018/05/10

Próxima fecha de revisión

2019/05/30

Historial de revisión

Rev. n.º	Cambios	Fecha
00	Documento nuevo. Número antiguo FRM-MDG-ORB-0045-E. Se cambió a procedimiento.	28/09/2017
01	Se cambió 7.2.10 a) 8 cáncamos de 1,5m a 4 cáncamos de 1,5m y se modificó c) Para amarre = cáncamo separado de vuelta al escariador.	2018/05/02



Procedimiento para conexión de escariador y empate

1. **PROPÓSITO**
 - 1.1. Familiarizar a los empleados y mantenerlos informados acerca del proceso de conexión de escariador y empate.
2. **ALCANCE**
 - 2.1. Este procedimiento se aplica a todos los empleados involucrados en la tarea de retiro del stem del escariador.
3. **REFERENCIAS**
 - 3.1. Procedimiento para torque de barras de perforación - SPR-MDG-ORB-0041-E.
4. **DEFINICIONES**
 - 4.1. N/a.
5. **RESPONSABILIDADES Y AUTORIDADES**
 - 5.1. Gerente de sitio/Ingeniero residente: Se asegura de que este procedimiento se cumpla, que todos los empleados estén familiarizados con este procedimiento y la implementación segura del mismo.
 - 5.2. Supervisor: Garantiza la implementación segura de este procedimiento.
 - 5.3. Operador: Apoya y realiza tareas tal como se establece en este procedimiento.
 - 5.4. Asistentes: Apoya y realiza tareas tal como se establece en este procedimiento.
 - 5.5. Jefe de seguridad: Monitorea el cumplimiento del procedimiento aplicable y plantea cualquier no conformidad al nivel de gestión pertinente.
6. **SIGLAS**
 - 6.1. UCS - Tensión de compresión uniaxial.
 - 6.2. MD - Master Drilling.
 - 6.3. EPP - Equipo de protección personal.
 - 6.4. SHERQ - Seguridad, Salud, Medioambiente, Riesgo y Calidad.
 - 6.5. Mpa - Megapascales.
 - 6.6. Amp - Amperios.
7. **PROCEDIMIENTO**
 - 7.1. Preparación para conexión
 - 7.1.1. Compatibilización de stem / estabilizador / tricono: Calibrar el tricono después de la comunicación piloto y asegurarse que las medidas del estabilizador de escariado y del stem sean por lo menos 2 mm menos que la medida del tricono.
 - 7.1.2. Retirar todas las barras de perforación si no se ha cumplido con lo siguiente:



Procedimiento para conexión de escariador y empate

- a) Se siguió el procedimiento de torque de barra;
 - b) Las barras se bajaron de acuerdo con el reporte de secuencia;
 - c) Los estabilizadores piloto están aptos para el escariado.
- 7.1.3. Deben usarse al menos 2 estabilizadores de escariado en hoyos superiores a 3.1 m y con una longitud mayor a 150 m.
- 7.1.4. Asegurarse que los hilos del stem del escariador y los hilos del estabilizador estén limpios. Todos los hilos deben estar lubricados con grasa Best-o-Life y Loctite aplicados sobre los hombros de las roscas de 3 y 4 entradas.
- 7.1.5. El tamaño del anillo de corte se determinará preenroscando el estabilizador en el stem. Medir el espacio y agregar 6 mm. (Por lo tanto, cuando se enrosque totalmente sin un anillo de corte, el espacio debe ser de 25 a 26 mm. Tener cuidado de no aplicar torque sobre el stem cuando se está determinando el espacio. Si se aplica cualquier torque esto evitará el desenroscado de la conexión para insertar el anillo de corte).
- 7.1.6. En el escariador se debe disponer de suficientes equipos de izaje para la capacidad de carga correcta, es decir, cables, eslingas, cáncamos y tecles.
- 7.1.7. Todo el equipo de izaje debe estar certificado de acuerdo con los requisitos específicos de la mina.
- 7.2. Recepción de escariador en la cámara
- 7.2.1. Asegurarse que se haya realizado el desate de roca en la cámara y esté segura antes de comenzar los trabajos. El empleado nombrado responsable de la mina debe completar y aprobar un formulario de declaración de seguridad.
- 7.2.2. Verificar que la cámara de escariado sea la adecuada para recibir el escariador para la conexión de escariador. (Corregir la altura y ancho para acomodar la cabeza del escariador).
- 7.2.3. Si se van a realizar voladuras con el fin de elaborar el hoyo piloto y no se han retirado las barras, retirar por lo menos cinco barras. Asegurarse que la llave de mordaza esté en la mesa de trabajo sosteniendo la columna antes de la voladura.
- 7.2.4. La cámara se debe volar de tal forma que los cuatro cortadores internos sean los primeros en entrar en contacto con la cara.
- 7.2.5. Tomar una fotografía de la cara de escariado antes de comenzar el empate, como prueba de que la cara se ha volado correctamente.
- 7.2.6. Si la cara no se voló correctamente, existe un riesgo muy alto de causar daños irreversibles al stem o al estabilizador debido a los momentos de flexión excesiva aplicados en el lugar por donde el stem entra al hoyo piloto.
- 7.2.7. Marcar los hoyos para instalación para la conexión del escariador.
- 7.2.8. Se debe dejar un espacio de aproximadamente 0.5 m mínimo por lado entre el escariador y la pared lateral para escariadores de hasta 2.4 m de diámetro y un mínimo de 1m por lado para escariadores más grandes.



Procedimiento para conexión de escariador y empate

- 7.2.9. En caso de que los servicios como el agua y el aire no estén disponibles en la cámara de conexión del escariador, se puede utilizar la columna de perforación para transferir agua o aire desde la máquina a la cámara de conexión.
- 7.2.10. 4 grupos de cáncamos
- 1 grupo = 4 cáncamos de 1,5m;
 - Cáncamos individuales, igualmente espaciados a 0,5m uno del otro;
 - Amarre = Para amarre = cáncamo separado de vuelta al escariador.
 - El escariador se debe amarrar doblemente para evitar que gire hacia atrás en caso el cáncamo se rompa/falle.
- 7.3. **Inspección de la máquina antes de conexión y torque del escariador**
- 7.3.1. Insertar los conos en las esquinas de la placa base.
- 7.3.2. Asegurarse que esté determinado el juego axial y no exceda 0,1mm.
- 7.3.3. Asegurarse que la condición de la caja flotante sea mejor que el 75%.
- 7.3.4. Asegurarse que el spindle y los pernos de chuck estén torquados: Consultar **Torque de pernos de chuck FRM-MDG-ENG-0115-E** para torquar los pernos.
- 61R 1290 NM, (M24).
 - 43R 1140-1220 NM (M24).
 - 53R 1140-1220 NM (M24).
 - RD2000 610-710 NM (M20).
 - 72R/009 3980-4280 NM (M36).
 - 71R (009 A B & C, 73R, RBM7) 3980-4280 NM (M36).
- 7.3.5. Asegurarse que el proximity switch en la mesa de trabajo esté operativo antes de conectar el escariador.
- 7.3.6. Asegurarse que la columna de perforación esté en el centro de la mesa de trabajo y el hoyo piloto y los tensores estén bloqueados.
- 7.4. **Inspección del escariador**
- 7.4.1. Asegurarse que se ha recibido el perfil del escariador y que el equipo de soporte de ingeniería lo aprobó. El rastreo del escariador se verifica con cinta de acero (el espacio entre las filas debe ser 25 mm).
- 7.4.2. Asegurarse que se ha recibido el Reporte de dressing de cortadores FRM-MDG-ORB-0046-E y que el equipo de soporte de ingeniería lo aprobó.
- 7.4.3. Realizar prueba a todos los estabilizadores y stem (de lo contrario, registrar los metros perforados en el reporte del estabilizador y el stem). Los paquetes de datos para todos los stem y estabilizadores están disponibles y fueron aprobados por soporte de ingeniería.



Procedimiento para conexión de escariador y empate

- 7.4.4. Enviar una muestra de roca para la prueba de resistencia uniaxial, en caso de haber condiciones de terreno anormal.
- 7.4.5. Conocer la presión máxima requerida para la máquina y el tamaño para el escariador en uso. Se han recibido los resultados del modelo de carga del cortador y están dentro de los parámetros de funcionamiento para la máquina específica.
- 7.5. **Conexión y torque de escariadores**
 - 7.5.1. Medir el espesor del anillo de corte según 7.1.5.
 - 7.5.2. Aplicar Loctite en los hombros del stem y la parte superior del anillo de corte.
 - 7.5.3. Bajar el box 70mm sobre el pin del stem.
 - 7.5.4. Realignar teniendo en cuenta la distancia de la cara de contacto del box del estabilizador hasta el anillo de corte (360°).
 - 7.5.5. Instruir al operador para girar/moverse hacia adelante y bajar 10 mm en cada revolución.
 - 7.5.6. Revisar constantemente la distancia de la cara de contacto del box del estabilizador hasta el anillo de corte (360°) y detener al operador si la distancia no es la misma (realignar).
 - 7.5.7. Seguir con el punto anterior hasta que la cara del estabilizador de escariado entre en contacto con el anillo de corte.
 - 7.5.8. Después de asegurar el escariador al amarre como se indica en 7.2.10, el escariador se puede torquear.
 - 7.5.9. El escariador se torqueará solamente una vez que se dé la señal de torque. El movimiento de las marcas y amarre se inspeccionarán después de cada intento.
 - 7.5.10. El Gerente de sitio debe estar presente durante el torque del escariador.
 - 7.5.11. Movimiento de hombro para las diferentes uniones;
 - a) DI 22 - 25mm
 - b) 3 entradas - 19mm
 - c) 4 entradas - 19mm
 - 7.5.12. Antes del empate, asegurarse que la unidad de presurización de la columna esté instalada, funcione y la presión sea estable. Esto se aplica a los hoyos de más de 350 m de longitud y las barras con un diámetro de 12 7/8" y más grandes.
 - 7.5.13. Antes de iniciar el escariado, tomar una foto de la cara y enviarla al Departamento de autorización operacional para el guardado de registros.
- 7.6. **Empate**
 - 7.6.1. Ajustar el limitador de torque para el empate y abrir el agua.
 - 7.6.2. Levantar el escariador hasta la pared de anclaje, bajar el escariador 15 cm, intentar rotar el escariador una revolución (recibir orientación por teléfono).
 - 7.6.3. En caso de que opere libremente, poner la máquina en run y levantar hasta la cara.



Entrada en
vigencia

11 May 2018

Documento n.º SPR-MDG-ORB-0044-S Rev. 01

Procedimiento para conexión de escariador y empate

- 7.6.4. Determinar el peso de la columna de perforación en modo lento arriba, anotar los MPa del calibrador y adicionar 2 MPa.
- 7.6.5. Proceder al empate del escariador, asegurarse que los cortadores del stem empiecen a cortar/tocar la cara primero hasta obtener la cara completa. Incrementar lentamente la presión a la presión precalculada.
- 7.6.6. Ajustar la presión según se requiera. (Verificar constantemente el amperaje para no exceder el valor del limitador de torque).
- 7.7. **Después de empate**
- 7.7.1. Cuando se haya formado la cara completa, bajar el escariador:
 - a) Verificar la huella sobre la cara. Debe ser de 25mm.
 - b) El trazador marcará el stem y estabilizador para asegurarse que las marcas de torque correspondan.
 - c) Tomar una foto y remitirla al Departamento de autorización operacional.
 - d) Asegurarse que el escariador no esté obstruido con rocas. Inspeccionar los hoyos de descarga.
 - e) Asegurarse que todos los soportes de la pared de anclaje (malla, etc.) se hayan retirado del escariador.

Anexo 12. Procedimiento para cambio de Cortadores en una cabeza de Escariador en ambiente subterráneo.



Entrada en vigencia 23 Enero 2017 Documento n° SPR-MDG-ORB-0012-S Rev. 00

Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo

Índice

APROBACIÓN 1

HISTORIAL DE REVISIÓN 1

1. PROPÓSITO 2

2. ALCANCE 2

3. REFERENCIAS 2

4. DEFINICIONES 2

5. RESPONSABILIDADES Y AUTORIDADES 2

6. SIGLAS 2

7. PELIGROS Y RIESGOS 2

8. EPP 3

9. SHERQ 3

10. PROCEDIMIENTO 4

Aprobación

Revisor	Aprobador	Aprobación electrónica	Fecha de aprobación
Jan Heymans Gerente de Operaciones	Gary Sheppard Director de Operaciones del Grupo	ID - 786	2017/01/11

Próxima fecha de revisión Noviembre 2021

Historial de revisión

Rev. n°	Cambios	Fecha
00	Nuevo procedimiento de Raise Boring elaborado para el Grupo Master Drilling.	2016/11/03



Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo

1. PROPÓSITO

- 1.1. Proporcionar un Procedimiento Operativo Seguro Estándar para el cambio efectivo, correcto y seguro de los cortadores en una cabeza de escariador en un ambiente subterráneo.

2. ALCANCE

- 2.1. La presente documentación proporciona la información necesaria para asegurar que se sigan los procedimientos y pasos correctos para cambiar e instalar cortadores.

3. REFERENCIAS

- 3.1. Ley de Seguridad y Salud Minera.
- 3.2. Políticas, Normas y Procedimientos de Master Drilling.
- 3.3. Formulario de Declaración de Seguridad.

4. DEFINICIONES

- 4.1. N/A

5. RESPONSABILIDADES Y AUTORIDADES

- 5.1. Gerente de Operaciones.
- 5.2. Gerente de Contratos.
- 5.3. Supervisor de Sitio.
- 5.4. Gerente de SHERQ.
- 5.5. Personal de SHERQ.

6. SIGLAS

- 6.1. SHERQ: Seguridad, Salud, Medio Ambiente, Riesgos y Calidad.
- 6.2. EPP: Equipo de Protección Personal.
- 6.3. MHS: Ley de Seguridad y Salud Minera.

7. PELIGROS Y RIESGOS

- 7.1. Estas instrucciones de operación proporcionan indicaciones importantes sobre la extracción de cortadores. Para garantizar la seguridad en el lugar de trabajo, observe siempre todas las instrucciones de manejo y seguridad incluidas en el presente documento.
- 7.2. Adicionalmente, también se deben acatar los reglamentos locales de prevención de accidentes y las decisiones generales de seguridad aplicables al lugar de operación del equipo.
- 7.3. La presente documentación contiene información sobre la extracción de cortadores y el equipo necesario.



Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escañador en ambiente subterráneo

- 7.4. Esta sección de las instrucciones de operación ofrece una visión general de todos los aspectos de seguridad importantes para proteger al personal de operación, así como para una operación segura y sin problemas.

Peligros	Riesgos
Equipo móvil	Quedar atrapado entre el equipo y la pared lateral Atropellar a personas
Cortadores	Puntos de atrapamiento Caídas sobre las personas
Equipo de izaje	Fallo bajo tensión
Trabajo en altura	Caer en el mismo nivel Caer por debajo
Herramientas y equipo	Impactar contra algo Ser golpeado por algo
Manejo de cortador	Doblarse los dedos

8. EPP REQUERIDO



9. SHERQ

- 9.1. El supervisor se asegurará de que la cámara sea segura y soportada, y se ha firmado el formulario de declaración de seguridad.
- 9.2. El supervisor también debe asegurarse de que todo el personal haya cubierto, analizado y firmado todos los riesgos.
- 9.3. El supervisor debe asegurarse de que cada miembro del equipo entienda claramente su rol y sus deberes.
- 9.4. Todas las personas serán competentes y nombradas en sus respectivas tareas.
- 9.5. El supervisor debe asegurarse de que todas las personas estén equipadas con el EPP correcto.
- 9.6. Ninguna persona trabajará ni permanecerá en el "cruce del hombre muerto" de la cámara. Asegúrese de tener siempre una ruta de escape segura y clara.
- 9.7. El equipo esparcidor hidráulico está diseñado y probado exclusivamente para los usos previstos y descritos en el presente documento. Todas las demás actividades están básicamente prohibidas.
- 9.8. El operador/supervisor debe informarse sobre las normas de seguridad ocupacional aplicables y realizar una evaluación de riesgo para identificar peligros adicionales surgidos a partir de las condiciones especiales de trabajo en el sitio de operación del equipo de esparcidor hidráulico.



Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo

- 9.9. El operador debe regular y determinar claramente la responsabilidad de la instalación, el mantenimiento y la limpieza.
 - 9.10. El operador/encargado debe asegurarse de que todas las personas involucradas con el equipo de esparcidor hidráulico hayan leído y comprendido completamente las instrucciones de funcionamiento.
 - 9.11. Adicionalmente, debe capacitar al personal en intervalos regulares e informarles sobre los peligros asociados con el manejo del equipo de esparcidor hidráulico.
 - 9.12. Se suministrará una manguera hidráulica larga para la cuña de izaje hidráulica, se sugiere que la bomba manual y el operador estén lo más lejos posible del cortador.
 - 9.13. Cuando se coloque la cuña de izaje su lugar, ningún trabajador puede, bajo ninguna circunstancia, sostener la cuña en posición cuando se aplique la presión hidráulica.
 - 9.14. Ningún trabajador debe intentar mover el cortador manualmente.
 - 9.15. Está estrictamente prohibido hacer rodar los cortadores.
 - 9.16. Colocar la bomba sobre una superficie plana.
 - 9.17. Antes de operar la bomba, se deben asegurar todas las conexiones de manguera con las herramientas adecuadas.
 - 9.18. No ajustar demasiado. Las conexiones solo necesitan ajustarse firmemente y sin que presenten fugas. El ajuste excesivo puede provocar el fallo prematuro de la rosca o que los accesorios de alta presión se separen en presiones más bajas de su capacidad nominal.
 - 9.19. No exceder la clasificación de libra por pulgada cuadrada (PSI) indicada en la placa de identificación de la bomba ni alterar la válvula interna de alivio de alta presión. Crear presión más allá de la capacidad nominal puede causar lesiones personales.
 - 9.20. Liberar toda la presión del sistema antes de romper cualquier conexión hidráulica en el sistema.
 - 9.21. Las fuerzas hidráulicas que se liberan y el líquido hidráulico que se escapa pueden causar lesiones graves.
 - 9.22. Mantenga siempre el aparato a la vista mientras trabaja, y ponerlo a un lado si es necesario.
 - 9.23. Inspeccione las mangueras y los aparatos para detectar daños después de cada uso.
 - 9.24. Evitar el contacto de la piel con el aceite hidráulico (usar guantes de seguridad).
 - 9.25. No someter las mangueras a ninguna carga por tracción o torsión (fricción).
 - 9.26. No doblar las mangueras ni jalarlas por los bordes (radio de curvatura más bajo: 40 mm).
- 10. PROCEDIMIENTO**
- 10.1. **Cuña de izaje hidráulica.**

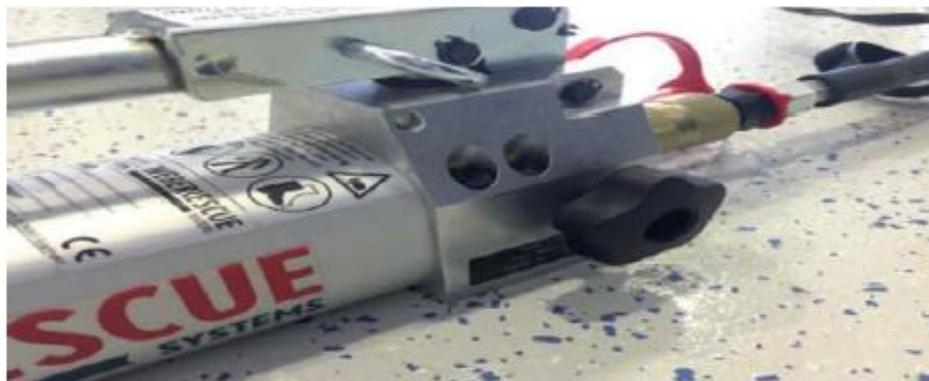
Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo

10.1.1. Operación de la bomba manual (Set de abrepuerta).

- El set de abrepuerta y su bomba manual son aparatos de simple efecto. La bomba manual se utiliza para establecer la presión hidráulica en el cilindro de modo que se extienda. Si se va a retraer de nuevo, abrir la rueda manual en la bomba manual. Esto devuelve el aceite a la bomba manual debido al peso que está actuando sobre el cilindro, y el cilindro se retrae.
- La rueda manual para controlar el flujo de aceite se encuentra al lado derecho de la bomba manual. La rueda se debe girar en sentido horario hasta que llegue al tope para establecer la presión en el cilindro.
- Girar la rueda manual en sentido antihorario para retraer el cilindro. Cuanto más se abra la rueda, más rápido el aceite drena de regreso a la bomba manual.



- Adicionalmente, la bomba manual tiene un gancho de bloqueo para la manija de la bomba. Este gancho se puede utilizar para conectar la manija a la carcasa de la bomba y, por lo tanto, para utilizarla como asa de transporte. El gancho de bloqueo cuenta con resorte y se puede sacar fácilmente.



Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo

10.2. Conexión para aparatos conectados a manguera

10.2.1. Acoplador simple.

- Antes de acoplar las dos piezas de acoplamiento (figura 1) se deben quitar las tapas antipolvo.
- Después, junte el conector de acoplamiento y el manguito de acoplamiento y gire suavemente hacia dentro del cierre de la bayoneta (figura 2).
- Ahora, sujete el manguito por el ensamblado giratorio negro moleteado y gire en sentido horario (dirección 1) hasta que el acoplamiento quede fijo (figura 3).
- Para evitar la contaminación, se deben emparejar las dos tapas antipolvo (figura 4). Desconecte la conexión girando en sentido antihorario (dirección 0). Después, vuelva a insertar las tapas antipolvo de inmediato.
- Los aparatos que están equipados con un solo acoplador también se pueden acoplar en un circuito sin presión, siempre y cuando los aparatos que estén conectados no estén accionados.



Figura 1.



Figura 2.



Figura 3.

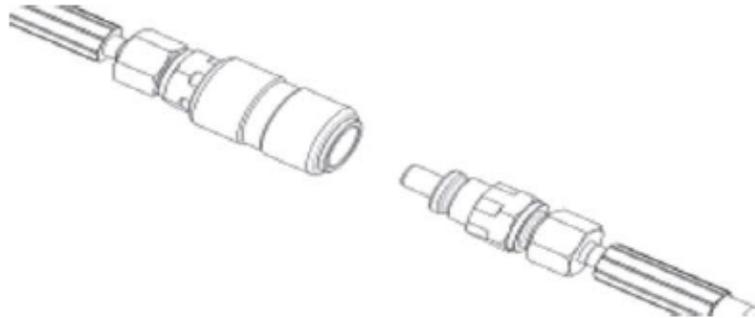


Figura 4.

Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo

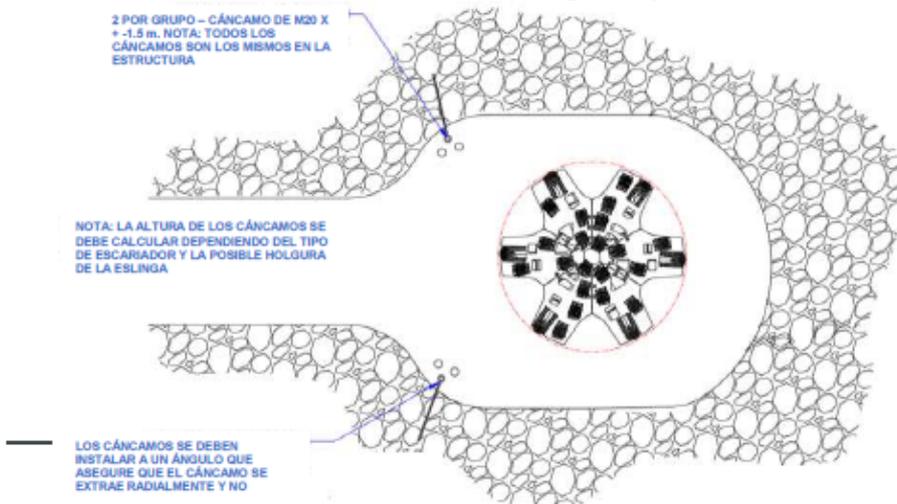
10.2.2. Acoplador enchufable (SKS).

- Antes de acoplar las dos piezas de acoplamiento, se debe quitar las tapas antipolvo. Luego, con una mano agarre el buje del manguito de acoplamiento y con la otra mano sujete el conector de acoplamiento (negro) por la barra hexagonal. Junte las dos piezas y presione el manguito suavemente contra el conector de acoplamiento hasta que este encaje en su lugar.
- Para desconectar, sujete el conector de acoplamiento (negro) por la barra hexagonal. Con la otra mano agarre el manguito de acoplamiento por el manguito y jálelo hacia atrás. Es inevitable que unas pocas gotas de aceite hidráulico escapen al desconectarse. Las tapas antipolvo se deben volver a insertar inmediatamente para evitar la contaminación.



10.3. Perforación de pernos de la línea de izaje.

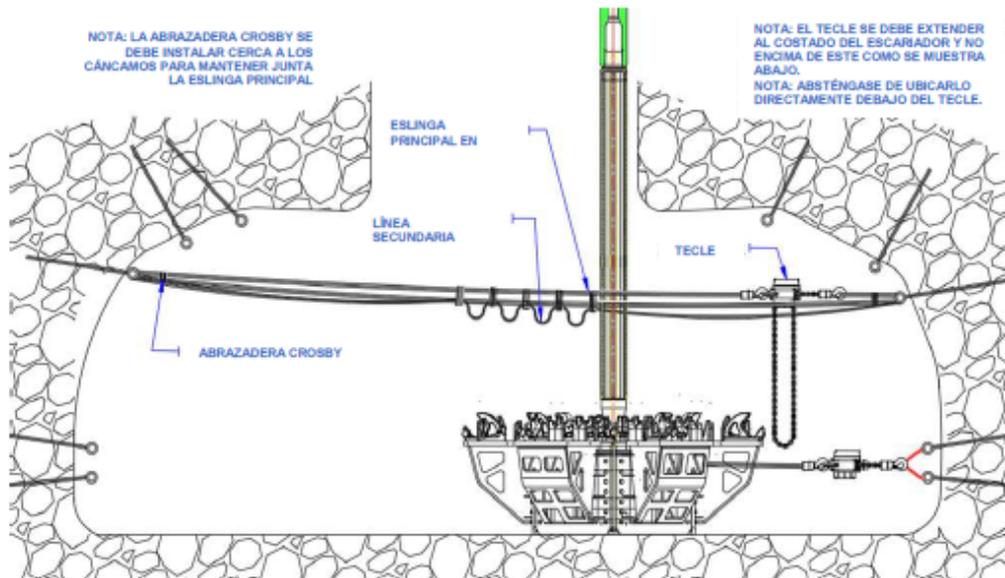
- 10.3.1. Después de que se haya bajado el escariador y el supervisor se haya asegurado de que la máquina de raise bore se ha desconectado y bloqueado, el supervisor puede marcar los agujeros de cáncamo de la línea de izaje contra la pared lateral.
- 10.3.2. Los agujeros se deben perforar ± 1.5 m por encima de la base del escariador y en línea con el borde del stembar del escariador. Ver la figura abajo.



Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo

10.4. Instalación de cáncamos y amarre

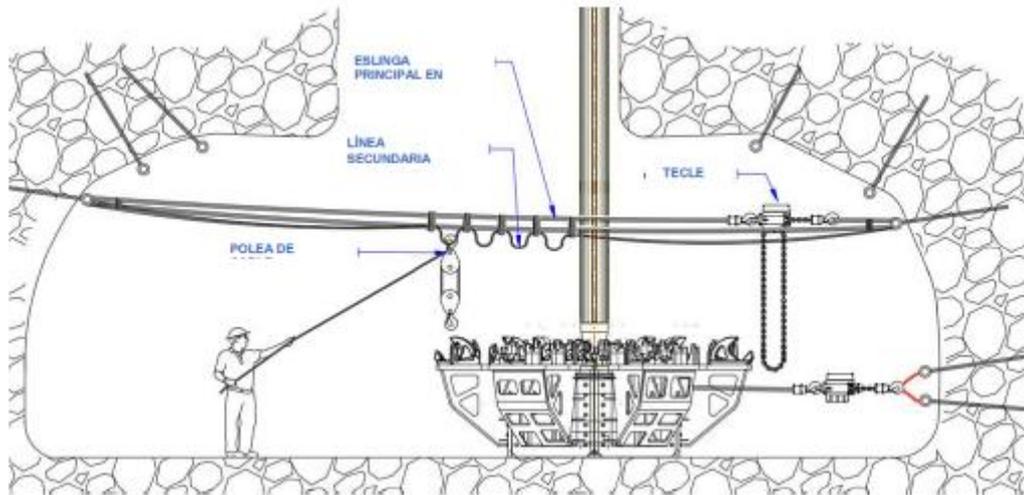
- 10.4.1. Después de que la mina ha perforado los agujeros para cáncamos, el supervisor debe vigilar la instalación de los mismos para asegurarse de que se haya realizado correctamente.
- 10.4.2. Los cáncamos que se utilizarán deben ser mínimos o iguales a los estándares y especificaciones de la mina, así como a las normas de Master Drilling.
- 10.4.3. Inserte los cáncamos a mano y asegúrese de que estén asegurados y correctamente asentados en el agujero.
- 10.4.4. Ensarte el amarre a través de los cáncamos (una sola línea) según los requisitos de la mina.
- 10.4.5. Use un tecele para tirar del amarre fijamente y asegure el amarre en cada extremo con dos abrazaderas Crosby.
- 10.4.6. Ajuste los pernos de la abrazadera Crosby con la mordaza correcta y aprobada.
- 10.4.7. Use el segundo juego de cáncamos y ensarte el segundo amarre a través de los agujeros de cáncamo.
- 10.4.8. Asegure el amarre en el único extremo con una abrazadera Crosby según el punto 10.4.5.
- 10.4.9. Enlace el amarre sobre las posiciones del cortador y asegure el circuito en el amarre principal con las abrazaderas Crosby en ambos lados del circuito como se muestra en el dibujo a continuación.
- 10.4.10. Retirar el escariador de debajo del agujero con un tecele.



Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo

10.5. Enganche de polea de cable.

- 10.5.1. Un miembro del equipo asegurará la polea de cable en el circuito de amarre.
- 10.5.2. Asegúrese de que la cuerda de fuerza está ubicada en el lado seguro del área de trabajo (nadie está en el cruce del hombre muerto).



10.6. Transporte de cortadores.

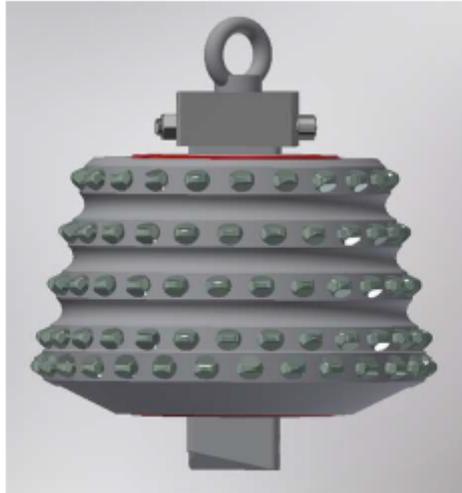
- 10.6.1. Todos los cortadores deben estar cubiertos con funda de caucho y estar montados en una tarima para cortador antes de ser transportados. Esto incluye el transporte subterráneo.



- 10.6.2. Use un Manitou y eslingas cuando se mueva los cortadores en la cámara.
- 10.6.3. Si no se dispone de Manitou, use una caja de izaje (como se muestra en la figura a continuación) y una pata de cabra.

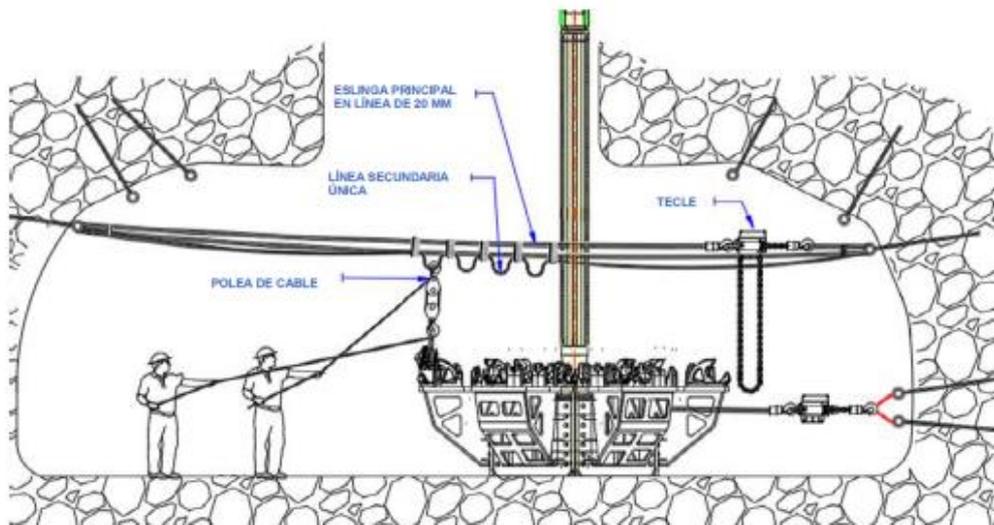
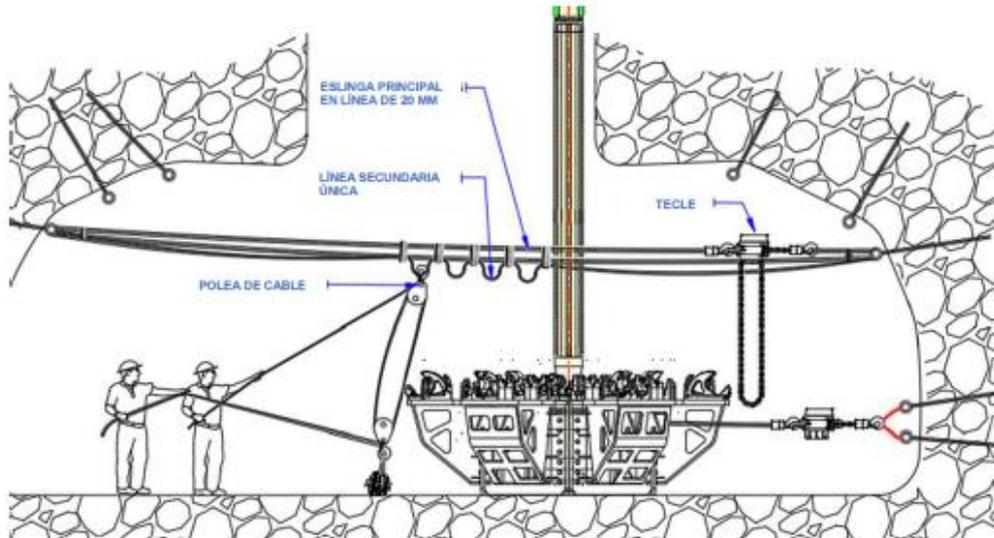


Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo



- 10.6.4. Los cortadores no se pueden rodar o mover manualmente bajo ninguna circunstancia.
- 10.7. **Izaje del cortador sobre la cabeza del escariador**
 - 10.7.1. Sujete y asegure la eslinga al cortador rodando el cortador sobre la eslinga de fibra con una pata de cabra. *(Nota: No se debe mover/rodar ningún cortador con las manos).*
 - 10.7.2. Ensarte el único extremo de la eslinga de fibra a través del segundo ojo de la eslinga de fibra y tire firmemente.
 - 10.7.3. Asegúrese de que la eslinga esté correctamente asentada entre dos filas de botones.
 - 10.7.4. Sujete el gancho inferior de la polea de cable a la eslinga de fibra.
 - 10.7.5. Tire del teclé de la cuerda "cuerda de fuerza" hasta que se ajuste toda la holgura.
 - 10.7.6. Asegure una cuerda guía a la eslinga de fibra.
 - 10.7.7. Levante y guíe al cortador con la polea de cable y la cuerda guía colocándolo en una posición segura y asegúrese de tener una visión clara del cortador que se está levantando.
 - 10.7.8. Cuando el cortador esté por encima del portacortador correcto, baje el cortador a su posición y utilice una púa o una pata de cabra para voltear y/o inclinar el cortador al ángulo correcto.
 - 10.7.9. Repita este proceso hasta que todos los cortadores se hayan insertado en sus portacortadores.
 - 10.7.10. Al finalizar, retire y guarde todo el equipo en un lugar seguro.

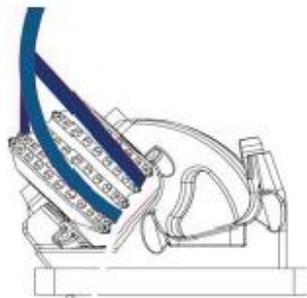
Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo



10.8. Extracción de cortadores antiguos de la cabeza del escariador.

- 10.8.1. Sujete la eslinga al cortador entre la primera y segunda fila y la tercera y quinta fila, y sujete la eslinga a la polea de cable.

Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo



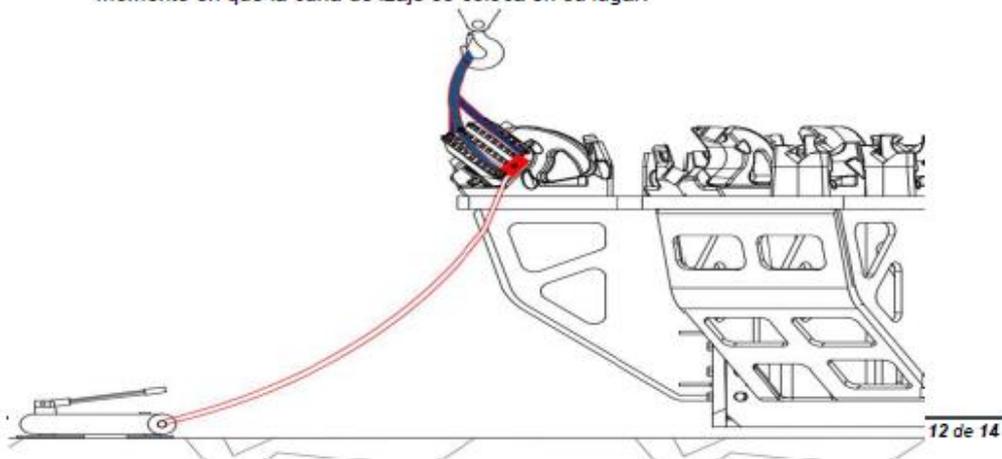
10.8.2. Ensamble el kit de la cuña de izaje hidráulica. (Ver Anexo para saber cómo solucionar problemas).



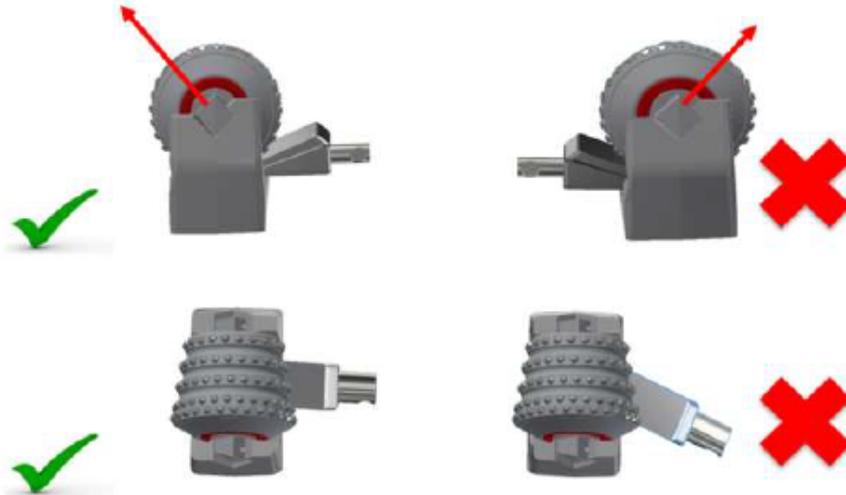
10.8.3. Ejerza tensión sobre la eslinga y la polea de cable.

10.8.4. Coloque la bomba manual sobre una superficie plana lo más lejos posible del cortador.

10.8.5. Inserte la cuña de izaje hidráulica en su lugar. Ningún trabajador puede, bajo ninguna circunstancia, sostener la cuña en posición cuando se aplica presión hidráulica al momento en que la cuña de izaje se coloca en su lugar.



Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de escariador en ambiente subterráneo



- 10.8.6. Realice todas las revisiones antes de intentar el izaje; por ejemplo, controle el nivel de líquido y cerciórese de que la cuña esté segura.
- 10.8.7. Aumente lentamente la presión con la bomba hasta que el cortador salga de su posición.
- 10.8.8. La extracción de los cortadores se realiza en orden inverso al del proceso de "Izaje del cortador sobre la cabeza del escariador". (Consultar 10.3.1 a 10.4.10.).
- 10.8.9. Use siempre una pata de cabra como apoyo al intentar extraer el cortador del portacortador.
- 10.8.10. Asegure la eslinga de fibra alrededor del cortador y engánchela en la polea de cable.
- 10.8.11. Al tensar la polea, una segunda persona debe ayudar extrayendo el cortador del portacortador con una pata de cabra.
- 10.8.12. La persona que levante el cortador con la pata de cabra debe asegurarse de tener una base sólida para evitar que se resbale durante el proceso de izaje.
- 10.8.13. Una vez que el cortador ha sido levantado del portacortador, se puede tirar del cable guía para guiar al cortador al lado de la cabeza del escariador mientras se baja el cortador.
- 10.8.14. Los cortadores deben bajarse directamente sobre la plataforma para cortar.
- 10.8.15. Repita el proceso hasta extraer todos los cortadores necesarios.



Raise Boring: Procedimiento para cambio de cortadores en una cabeza de esariador en ambiente subterráneo

Anexo:

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La bomba pierde presión.	<ol style="list-style-type: none">1. Componentes del sistema con fugas.2. La válvula de control direccional tiene fugas o no se ajusta adecuadamente.3. Fuga de líquido más allá de los asientos de retención de salida.	<ol style="list-style-type: none">1. Reparar o reemplazar si es necesario.2. *Volver a colocar, reparar o reemplazar el ensamblaje del control direccional y ajustar correctamente.3. *Verificar si hay suciedad. Volver a colocar el cuerpo de la bomba y/o reemplazar las válvulas de resorte o bolas.
La manivela se eleva después de cada recorrido.	<ol style="list-style-type: none">1. Fuga de líquido más allá de los asientos de retención de salida.	<ol style="list-style-type: none">1. *Verificar si hay suciedad. Volver a colocar el cuerpo de la bomba y/o reemplazar las válvulas de resorte o bolas.
La bomba no suministra líquido.	<ol style="list-style-type: none">1. Nivel de líquido bajo en el depósito.2. El filtro de entrada está sucio.3. Los asientos están desgastados y no se asientan adecuadamente.	<ol style="list-style-type: none">1. Revisar el nivel de líquido según las instrucciones.2. Retirar el depósito y limpiar.3. *Reparar los asientos o reemplazar el cuerpo de la bomba.
La bomba no alcanza la presión total.	<ol style="list-style-type: none">1. Nivel de líquido bajo en el depósito.2. Componentes del sistema con fugas.3. La válvula de control direccional tiene fugas o no se ajusta adecuadamente.4. La válvula de alivio se ajustó incorrectamente.5. Fuga de líquido más allá de las retenciones de entrada o salida, o el sello del pistón de alta presión está dañado.	<ol style="list-style-type: none">1. Revisar el nivel de líquido según las instrucciones.2. Reparar o reemplazar si es necesario.3. *Volver a colocar, reparar o reemplazar el ensamblaje del control direccional y ajustar correctamente.4. *Reajustar.5. *Volver a colocar o reparar las retenciones de entrada o salida, o reemplazar el sello del pistón de alta presión.
El manguito de la bomba se puede empujar hacia abajo (lentamente) sin levantar la carga.	<ol style="list-style-type: none">1. Las retenciones de entrada no se asientan.2. El ensamblaje de pistón está dañado o los sellos del pistón tienen fugas.	<ol style="list-style-type: none">1. *Verificar si hay suciedad y/o volver a colocar los asientos de la válvula.2. El ensamblaje de pistón está dañado o los sellos del pistón tienen fugas.

Anexo 13. Especificaciones de Infraestructura para Máquina RB3 – 250.

Consideración	Descripción
Máquina propuesta	<i>RD3250</i>
Diámetro escariador(es)	<i>2.1m – 2.4m – 3.1m</i>
Capacidad de grúa o pórtico	<i>10 ton a 12ton</i>
Dimensiones de cámara	<i>7.5m x 7m x 7m (el largo de la cámara dependerá de la longitud del hoyo para un correcto apilado de barras)</i>
Número y tamaño de pozas	<i>2 pozas de 3.0 x 3.0 x 1.5m de profundidad cada una</i>
Distancia máxima entre máquina y pozas	<i>15m</i>
Necesidad de agua industrial	<i>114m³/h durante piloto y 1m³/h durante el rimado</i>
Dimensiones de losa de concreto	<i>6m x 6m x 30cm por encima del nivel de terreno (4.1m) 5m x 5m x 30cm por encima del nivel de terreno (3.1m)</i>
Necesidad eléctrica	<i>480 kva a 600kva (para 4.1m)</i>
Distancia máxima entre máquina y transformador	<i>150m</i>

Anexo 14. Precios Unitarios para Maquina RB3 - 250

	Unidad	Precio US\$ (aplica a primera máquina)	Precio US\$ que aplica a segunda máquina (1) (Descuento del 5%)
Piloto 12 1/4"	Metro	450.00	427.50
Rimado 2.1 m	Metro	775.00	736.25
2.1 m		1,225.00	1,163.75
Piloto 12 1/4"	Metro	450.00	427.50
Rimado 2.4 m	Metro	875.00	831.25
2.4 m		1,325.00	1,258.75
Piloto 13 3/4"	Metro	500.00	475.00
Rimado 3.1 m	Metro	975.00	926.25
3.1 m		1,475.00	1,401.25
Piloto 13 3/4"	Metro	500.00	475.00
Rimado 4.1 m	Metro	1,300.00	1,235.00
4.1 m		1,800.00	1,710.00

Anexo 15. Costos no incluidos en Precios Unitarios para Maquina RB3 – 250.

Concepto	Unidad	Precio (US\$)
Solo Piloto	Metro	30% adicional al precio del piloto
RePiloto	Metro	75% del precio del piloto
Chimenea menor a 70°	Metro	30% adicional al precio del piloto y rimado
Jalado de Tubería	Hora	250.00
Filmación de hoyo	Evento	1,500.00
Medición Reflex	Evento	3,000.00
Día de Traslado entre cámaras (Día o fracción - Adicional a los 3 días libres)	Día o fracción	4,200.00
Día de conexión de escariador (Día o fracción - adicional a 1 día libre)	Día o fracción	4,200.00
Entrega de cámara fuera de tiempo o entrega incompleta (Día o fracción)	Día o fracción	4,200.00
Improductivos (Stand-by operativa, inoperativa) (Hora o Fracción)	Hora	190.91
Instalación de máquina	Evento	15,000.00
Desinstalación de máquina	Evento	15,000.00
Suministros no facilitados y que se encuentran en el alcance del cliente	Glb	Costo + 15%
Alimentación (reembolsable)	Glb	Costo Reembolsable
Bombas de agua sumergible	Día	400.00
Bomba de agua estacionaria	Unidad	150.00
Aditivos de perforación	Unidad	119.60

Anexo 16. Conexión Escariador Maquina RB3 – 250.

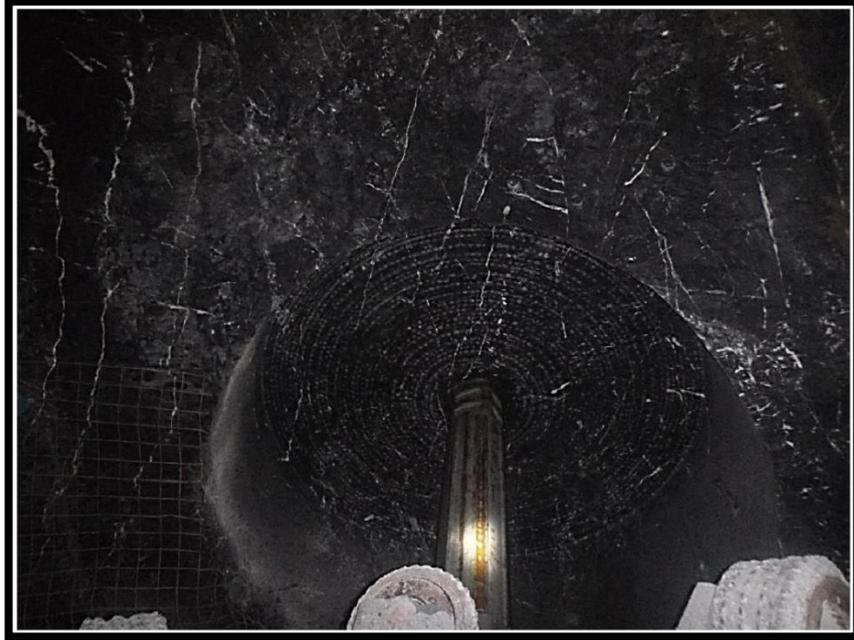




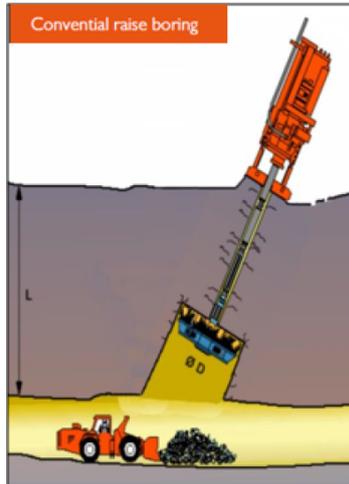




Anexo 17. Corte de cara techo con Maquina RB3 – 250.



Anexo 18. Cálculo de Carga del Cortador Máquina RB3 – 250



CUTTER LOADING CALCULATION

MACHINE		RD3-250 (10")
REAMER	un	2.4
RODS	un	11.25 - 3 Start
INCLINATION	°	74
LENGTH	m	64.3
PRESSURE	MPa	0
METERS DRILLED	m	0
RECOMMENDED PRESSURE	MPa	13.3
GROUND HARDNESS	MPa	MEDIUM
DERICK WEIGHT	tones	6.8
RODS WEIGHT	tones	23.4
REAMER WEIGHT	tones	8.0
CUTTERS WEIGHT	tones	1.68
UPLIFT FORCE	tones	0
COS(θ)	na	1.00
DEAD WEIGHT	tones	38.3
RESULTANT FORCE	tones	-38
CUTTER LOAD	t/cutter	-2.7
CHUCK BOLT SAFTEY FACTOR		#DIV/0!
THRUST BEARING SAFTEY FACTOR		#DIV/0!