



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MINAS**



**“OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LAS BROCAS DE  
BOTONES DE 45 mm – R32 Y LAS RIMADORAS 102 mm PARA  
REDUCIR LOS COSTOS DE PERFORACIÓN EN LA EMPRESA  
MINERA TAURO S.A.C. EN LA U. M. SAN ANDRÉS”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ALEX MAIKER SICHA JIHUALLANCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2019**



## DEDICATORIA

A mis queridos padres, Augusto y Marisa por su apoyo incondicional para hacer de mí un profesional al servicio de la sociedad.

A mis hermanos que siempre me apoyaron en todo momento. Cristian, Kener y Maycolandree.

A la familia que me acogió en Puno en mis años de estudio, Guyo y Luz.

A mis queridos tíos por apoyo sin igual, por motivarme y enseñarme con el ejemplo. Marisol, Ángel, Margot y Rudy.



## AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater “Universidad Nacional del Altiplano”, a mi Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, lugar en donde me formé profesionalmente.

A mis jurados y director de tesis, por sus acertadas recomendaciones, aportes y sugerencias durante el desarrollo de este estudio de investigación.

Al Ing. Elvis Contreras por darme la oportunidad de desarrollarme en las diferentes áreas del sector minero, al Ing. Darío Bravo por apoyarme y guiarme en el área de Costos y Productividad, al Ing. Cesar Beteta por sus sabios y acertados consejos en el área de perforación y voladura. A toda la familia en general de la Empresa Minera Tauro S.A.C. por su apoyo ya que sin ustedes no se hubiera realizado este proyecto.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.2.1 Problema general .....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	15
1.3.1 Hipótesis general .....	15
1.3.2 Hipótesis específicas.....	16
1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.4.1 Objetivo general .....	16
1.4.2 Objetivos específicos .....	16
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	17
1.7 VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	18
<b>CAPITULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
2.1 ANTECEDENTES .....	19
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	21
2.2.1 Metodología a emplear .....	21
2.2.1.1 Metodología de Estudios Descriptivos .....	21
2.2.2 Optimización de la vida útil de los aceros de perforación .....	22



2.2.2.1 Optimización .....	22
2.2.2.2 Brocas de Botones de 45 mm .....	22
2.2.1.3 Rimadoras de 102 mm.....	25
2.2.1.4 Cuidado y Mantenimiento de Brocas y Rimadoras .....	26
2.2.3 Reducción de costos.....	29
2.2.4 Estrategias de reducción de costos .....	31
2.2.4.1 Costos Kaizen .....	31
2.2.4.2 Just in Time .....	32
2.2.4.3 Costos asociados al Tiempo y Ciclo de Vida de Productos. ....	32
2.2.4.4 Plan de Capacitación.....	32
2.2.5 Perforación .....	35
2.2.5.1 Perforación Rotopercutiva.....	35
2.2.5.2 Las Rocas y sus Propiedades Físicas .....	36
2.2.5.3 Propiedades de las Rocas que Afectan a la Perforación.....	36
2.2.6 Descripción del ciclo de perforación .....	43
2.2.6.1 Taladros de Pre Acondicionamiento del terreno .....	43
2.2.6.2 Determinación de la Calidad del Macizo Rocoso .....	45
2.2.6.3 Perforación y Voladura de Frentes .....	50
2.2.7 Equipos de perforación.....	68
2.2.8 Definición de términos .....	71
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	72
2.3.1 Geografía .....	72
2.3.2 Geomecánica general.....	75
2.3.3 Geología general.....	80
2.3.4 Geología local.....	80
2.3.4.1 Rocas Intrusivas.....	81
2.3.4.2 Rocas Metamórficas .....	81
2.3.4.3 Rocas Sedimentarias.....	81
2.3.4.4 Depósitos Cuaternarios.....	82
2.3.5 Geología estructural.....	82
2.3.5.1 Plegamiento .....	82
2.3.5.2 Fracturamiento.....	82
2.3.5.3 Fallamiento .....	82
2.3.5.4 Sistema de Vetas.....	84



2.3.6 Geología económica .....	84
2.3.6.1 Geometría del Yacimiento.....	84
2.3.6.2 Controles de Mineralización.....	85
2.3.6.3 Alteraciones de Cajas .....	85
2.3.6.4 Mineralogía.....	85

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	87
3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	87
3.3 METODOLOGÍA.....	87
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRAS DE INVESTIGACIÓN.....	88
3.3.1 Población .....	88
3.3.1.1 Población para la fase de distribución de aceros de perforación.....	88
3.3.1.2 Población para la fase de utilización de aceros de perforación .....	88
3.3.1.3 Población para la fase de mantenimiento de aceros de perforación .....	88
3.3.2 Muestras .....	89
3.3.2.1 Muestras en las fases de distribución.....	89
3.3.2.1 Muestras en las fases de utilización.....	89
3.3.2.1 Muestras en las fases de mantenimiento.....	89
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	90
3.4.1 Recolección de datos en la fase de distribución .....	90
3.4.2 Recolección de datos en la fase de utilización .....	90
3.4.3 Recolección de datos en la fase de mantenimiento .....	90
3.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	91
3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	91
3.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	92

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 DATOS DEL CONSUMO DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN .....	93
4.1.1 Cantidad de aceros retirados de almacén general .....	93
4.1.2 Costos generados por cantidad de aceros retirados .....	96
4.1.3 Tiempos de perforación .....	99
4.1.4 Promedio de avance por perforación .....	101
4.1.5 Costos de perforación .....	104



4.1.6 Rendimientos de los aceros .....	107
4.1.7 Identificación de problemas de utilización de aceros de perforación.....	111
4.1.8 Mantenimiento de los aceros de perforación .....	114
4.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO A: FASE DE DISTRIBUCIÓN DE ACEROS	114
4.2.1 Calculo de aceros por avances programados .....	114
4.2.2 Nuevo stock de aceros .....	116
4.2.4 Costos reducidos por el nuevo stock de aceros .....	117
4.2.4 Entrega de los aceros bajo orden escrita.....	120
4.3 RESULTADOS DEL OBJETIVO B: FASE DE UTILIZACIÓN DE ACEROS...	120
4.3.1 Optimización de los tiempos de perforación .....	121
4.3.2 Optimización del promedio de avances por perforación .....	124
4.3.3 Estrategia de capacitación en las adecuadas técnicas de perforación.....	126
4.3.4 Optimización del rendimiento de aceros .....	127
4.3.5 Reducción de costos por perforación.....	131
4.4 RESULTADOS DEL OBJETIVO C: FASE DE MANTENIMIENTO .....	132
4.4.1 Mantenimiento de los aceros de perforación .....	132
4.5 DISCUSIONES .....	135
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>136</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>138</b>
<b>VII. REFERENCIAS .....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>141</b>

**Área** : Ingeniería de Minas

**Tema** : Análisis de Costos Mineros y Comercialización de Minerales.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 27 de noviembre de 2019



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura N.º1: Brocas de perforación.....	23
Figura N.º2: Broca convencional y broca balística .....	24
Figura N.º3: Tipos de brocas para perforar las diferentes formaciones rocosas. ....	25
Figura N.º4: Rimadora de 102 mm con su adaptador piloto .....	26
Figura N.º5: Desgaste del cuerpo de la broca. ....	27
Figura N.º6: Desgaste de botones de la broca. ....	27
Figura N.º7: Pulido de la superficie de los botones con aspecto de piel de reptil.....	28
Figura N.º8: Medida del desgaste de botones. ....	28
Figura N.º9: Esquema general de reducción de costos. ....	30
Figura N.º10: Estrategias de reducción de costos. ....	34
Figura N.º11: Acciones básicas en la perforación rotopercutiva. ....	36
Figura N.º12: Resistencia a la compresión de los diferentes tipos de rocas. ....	38
Figura N.º13: Curvas de tensión-deformación de las diferentes rocas. ....	40
Figura N.º14: Contenidos medios de diferentes tipos de rocas.....	41
Figura N.º15: Propiedades de los diferentes tipos de rocas según su origen .....	42
Figura N.º16: Espaciamiento entre juntas y la resistencia del material rocoso.....	43
Figura N.º17: Diagrama de perforación de los tres taladros de pre acondicionamiento. ....	44
Figura N.º18: Diagrama de carguío de los tres taladros de pre acondicionamiento. ....	45
Figura N.º19: Tabla Geomecánica .....	46
Figura N.º20: Factor influyente.....	46
Figura N.º21: Tabla Geomecánica según GSI. ....	49
Figura N.º22: Marcado de la malla de perforación de sección 4.0 m x 4.5 m. ....	51
Figura N.º23: Marcado de la malla de perforación. ....	51
Figura N.º24: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.5 m. (RMR 100-60).....	52
Figura N.º25: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.5 m (RMR 59-35).....	53
Figura N.º26: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.5 m (RMR 35-10).....	54
Figura N.º27: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.0 m (RMR 100-60).....	55
Figura N.º28: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.0 m (RMR 59-35).....	56
Figura N.º29: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.0 m (RMR 34-10).....	57
Figura N.º30: Marcado de la malla de perforación de sección 3.0 m x 3.0 m. ....	59
Figura N.º31: Malla de perforación de sección 3.0 m x 3.0 m (RMR 100-60).....	60



Figura N.º32: Malla de perforación de sección 3.0 m x 3.0 m (RMR 59-35).....	61
Figura N.º33: Malla de perforación de sección 3.0 m x 3.0 m. (RMR 34-10).....	62
Figura N.º34: Marcado de la malla de perforación de sección 2.4 m x 2.7 m o 8'x9' ..	64
Figura N.º35: Malla de perforación de sección 2.4 m x 2.7 m. (RMR 100-60).....	65
Figura N.º36: Malla de perforación de sección 2.4 m x 2.7 m (RMR 59-35).....	66
Figura N.º37: Malla de perforación de sección 2.4 m x 2.7 m (RMR 34-10).....	67
Figura N.º 38: Equipo jumbo Boomer S1D.....	68
Figura N.º 39: Mediciones del Equipo Jumbo Boomer T1 D .....	70
Figura N.º 40: Costo horario de los jumbos de perforación .....	71
Figura N.º41: Ubicación de la U.M. San Andrés .....	73
Figura N.º42: Croquis de accesibilidad de Lima hacia la U.M. San Andrés .....	74
Figura N.º43: Interpretación Geomecánica de la RP Patrick 5 .....	75
Figura N.º44: Interpretación geomecánica de la RP 9143-N .....	76
Figura N.º45: Interpretación geomecánica de la GAL 9121-S .....	76
Figura N.º46: Interpretación geomecánica de la GAL 9110-S .....	77
Figura N.º47: Interpretación geomecánica de la BP 10252-NW .....	77
Figura N.º48: Interpretación geomecánica de la BP 101398-N .....	78
Figura N.º49: Interpretación geomecánica de la XC 9108-N .....	78
Figura N.º50: Interpretación geomecánica de la EST 9174-N.....	79
Figura N.º51: Interpretación geomecánica de la GAL 9121-NW.....	79
Figura N.º52: Rendimiento de rimadoras de 102 mm antes de las pruebas.....	108
Figura N.º53: Rendimiento de brocas de 45 mm – R32 antes de las pruebas.....	108
Figura N.º54: Pies perforados en la fase de estudio .....	110
Figura N.º55: Pintado inadecuado de malla de perforación de la GAL 9110-S .....	111
Figura N.º56: Broca de 45 mm – R32 con los botones picados.....	112
Figura N.º57: Broca de 45 mm – R32 con perdida completa de los botones.....	113
Figura N.º58: Broca de 45 mm – R32 con daños en los botones periféricos.....	113
Figura N.º59: Rendimiento de tiempos de perforación en roca media .....	122
Figura N.º60: Rendimiento de tiempos de perforación en roca suave .....	123
Figura N.º61: Frente luego del disparo de los tres taladros de pre acondicionamiento	126
Figura N.º62: Perforación de la RP PATRICK 5 según procedimientos mina.....	127
Figura N.º63: Vida útil nominal VS vida útil real en brocas de 45 mm –R32.....	129
Figura N.º64: Vida útil nominal VS vida útil real en rimadoras de 102 mm.....	130
Figura N.º65: Capacitación de afilado de aceros de perforación .....	133



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 01: Escala de Mohs.....	37
Tabla 02: Recomendación de sostenimiento por tipo de roca y terreno.....	48
Tabla 03: Stock de brocas de botones de 45 mm –R32 antes del estudio.....	94
Tabla 04: Stock de rimadoras de 102 mm antes del estudio.....	95
Tabla 05: Costo del Stock remanente de brocas de botones de 45 mm –R32.....	97
Tabla 06: Stock de rimadoras de 102 mm desde agosto 2018 a marzo 2019.....	98
Tabla 07: Control de tiempos de perforación de taladros en roca media.....	100
Tabla 08: Control de tiempos de perforación de taladros en roca suave.....	101
Tabla 09: Control de avances de perforación de taladros en roca media.....	102
Tabla 10: Control de avances de perforación de taladros en roca suave.....	103
Tabla 11: Costos nominales de aceros de perforación por PP en soles del jumbo S1D104	
Tabla 12: Costos nominales de aceros de perforación por PP en soles del jumbo T1D105	
Tabla 13: Costos reales de aceros de perforación por PP en soles del jumbo S1D.....	106
Tabla 14: Costos reales de aceros de perforación por PP en soles del jumbo T1D.....	107
Tabla 15: Retiro de brocas de 45 mm –R32 según avance programado mes a mes.....	115
Tabla 16: Retiro de rimadoras de 102 mm según avance programado mes a mes.....	115
Tabla 17: Nuevo stock de brocas de botones de 45 mm –R32.....	116
Tabla 18: Nuevo stock de rimadoras de 102 mm.....	117
Tabla 19: Costo del Stock remanente de brocas de botones de 45 mm –R32.....	118
Tabla 20: nuevo stock de rimadoras de 102 mm.....	119
Tabla 21: Optimización de tiempos de perforación de taladros en roca media.....	121
Tabla 22: Optimización de tiempos de perforación de taladros en roca suave.....	121
Tabla 23: Optimización del metraje de perforación de taladros en roca media.....	124
Tabla 24: Optimización del metraje de perforación de taladros en roca media.....	125
Tabla 25: Costos optimizados de aceros de perforación por PP del jumbo S1D.....	131
Tabla 26: Costos optimizados de aceros de perforación por PP del jumbo T1D.....	132
Tabla 27: Rendimiento de las brocas por afilado.....	134
Tabla 28: Rendimiento de las rimadoras por afilado.....	134



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CMH	: Consorcio Minero Horizonte
GSI	: Geological Strength Index – en español es índice de resistencia geológica
KPI	: Key Performance Indicator – en español son indicadores de gestión
MARSA	: Minera Aurífera Retamas S.A.
MITASA	: Minera Tauro S.A.C.
mm	: Milímetros
P.U.	: Precio unitario
PETS	: Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro
PP	: Pies perforados
Pza.	: Pieza
RMR	: Rock Mass Rating – en español es índice de masa rocosa
S.A.	: Sociedad Anónima
S.A.A.	: Sociedad Anónima Abierta
S.A.C.	: Sociedad Anónima Cerrada
SIIM	: Software de Soluciones de Ingeniería Industrial y Minero
Tal perf	: Taladros perforados
U.M.	: Unidad minera
UEA	: Unidad Económica Administrativa
Tn	: Toneladas



## RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Unidad Minera San Andrés – MARSA, perteneciente al departamento de La Libertad, provincia de Pataz, distrito de Parcoy, Anexo de Llacuabamba durante el año 2018 - 2019. Siendo el problema principal la falta de control de los aceros de perforación en las fases de distribución, utilización y mantenimiento. En donde no se identifican las cantidades a suministrar a mina, los responsables de dichos aceros de perforación, pies reales perforados vs los pies nominales perforados, técnicas propicias de perforación y su adecuado control de los afilados de aceros en los tiempos adecuados con el fin de evitar el desgaste prematuro. Si esta tendencia de distribuir, utilizar y mantener los aceros de perforación con un adecuado control sigue generara reportando pérdidas económicas en el P.U. de los avances lineales. Dentro del plano metodológico, el enfoque es de tipo cuantitativo y aplicada, el diseño es descriptivo, aplicativo. Teniendo como principales variables las brocas de botones de 45 mm –R32, las rimadoras de 102 mm, vida útil de los aceros de perforación. Se espera reducir los stocks y consumos de los aceros del área de logística en un 60%; se estima incrementar la vida útil de los aceros de perforación hasta que lleguen a sus rendimientos nominales de 1200 pies en brocas y 3280 pies en rimadoras. Se espera reducir los costos de perforación en un 10%.

Palabras claves: Optimización, brocas de botones de 45 mm – R32, rimadoras de 102 mm, costos, productividad.



## ABSTRACT

This study was carried out in the San Andrés Mining Unit - MARSA, belonging to the department of La Libertad, Pataz province, Parcoy district, Llacuabamba Annex during the year 2018 - 2019. The main problem being the lack of control of steels of drilling in the distribution, use and maintenance phases. Where the quantities to be supplied to the mine are not identified, those responsible for said drilling steels, actual perforated feet vs nominal perforated feet, conducive drilling techniques and their adequate control of the sharpening of steels at the appropriate times in order to Avoid premature wear. If this tendency to distribute, use and maintain drilling steels with adequate control continues to generate economic losses in the P.U. of linear advances. Within the methodological level, the approach is quantitative and applied, the design is descriptive, applicative. Having as main variables the 45 mm-R32 button bits, the 102 mm button bits, useful life of the drilling steels. It is expected to reduce the stocks and consumptions of steel in the logistics area by 50%; It is estimated to increase the life of drilling steels until they reach their nominal yields of 1200 feet on drill bits and 3280 feet on button bits. It is expected to reduce drilling costs by 10%.

Keywords: Optimization, 45 mm button bits - R32, 102 mm button bits, costs, productivity.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Empresa Minera Tauro S.A.C. es una empresa contratista minera que desde 1989 a la fecha, 28 años continuos que viene trabajando, explorando, preparando y desarrollando labores mineras con sistemas mecanizados y convencionales. Que trabaja en el Departamento de la Libertad, Provincia de Pataz, Distrito de Parcoy, Anexo de Llacuabamba; en el proyecto MARSÁ, Unidad Minera San Andrés. En los actuales trabajos de profundización se ven elevados los costos mensuales correspondientes a los aceros de perforación, brocas de botones de 45 mm – R32 y rimadoras de 102 mm. Las cuales no están llegando a sus vidas útiles nominales y que por ende están generando un sobrecoste en la perforación de las labores de avance no cubriendo los precios unitarios. La empresa está reportando pérdidas económicas por un mal control de la vida útil de los aceros perforación.

La vida útil de las brocas de botones de 45 mm – R32 es de 1,200 pies perforados y las rimadoras de 102 mm es de 3280 pies perforados. Pero se identificó un sobre exceso de consumo de aceros de perforación debido a que la vida promedio de las brocas de botones de 45 mm – R32 es de 1,015.19 pies y de las rimadoras de 102 mm es de 1,565.62 pies perforados. Siendo muy deficientes en rendimiento de vida útil estos aceros y debido a esto se ven reflejados aumentos en los precios unitarios ya que a la fecha se han consumido 34 brocas de 45 mm – R32 en sobre exceso y cinco rimadoras de 102 mm en sobre exceso. Generando un costo extra en brocas de 12,454.88 soles y en rimadoras de 7,988.20 soles.

En consumo nominal de acuerdo al programa de avances de las labores debería de ser en promedio al mes 25 brocas de botones de 45 mm – R32, pero el consumo real es de 30 a 35 unidades al final de mes, teniendo un sobre consumo de brocas de botones de 05 a 10 unidades. Así mismo el consumo nominal de las rimadoras de 102 mm debería de ser de 02 unidades, pero se consumen a final de mes un total de 03 a 04 unidades teniendo un sobre consumo de 02 unidades.



La empresa contratista minera trabaja con una política de cambios de aceros de perforación, de uno por uno, aceros de perforación ya consumidos por otro sin pies acumulados (nuevo). Dicha entrega de aceros de perforación se realiza sin cargo alguno, no se identifica las condiciones del terreno ni el bodeguero ni el perforista que va emplear estos aceros de perforación. No se cuenta con ningún tipo de control en la distribución ni entrega, así como en los parámetros de los consumos programados vs los consumos ejecutados del mes a mes.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿Cómo optimizamos la vida útil de las brocas de botones de 45 mm –R32 y las rimadoras de 102 mm para reducir los costos de perforación de la Empresa Minera Tauro S.A.C. en la U.M. San Andrés?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es la adecuada estrategia y/o estrategias de control, técnicas y parámetros de monitoreo en la fase de distribución de aceros de perforación para optimizar la vida útil de las brocas de 45 mm – R32 y rimadoras de 102 mm para reducir los costos de perforación de la Empresa Minera Tauro S.A.C. en la U.M. San Andrés?
- ¿Cuál es la adecuada estrategia y/o estrategias de control, técnicas y parámetros de monitoreo en la fase de utilización de aceros de perforación para optimizar la vida útil de las brocas de 45 mm – R32 y rimadoras de 102 mm para reducir los costos de perforación de la Empresa Minera Tauro S.A.C. en la U.M. San Andrés?
- ¿Cuál es la adecuada estrategia y/o estrategias de control, técnicas y parámetros de monitoreo en la fase de mantenimiento de aceros de perforación para optimizar la vida útil de las brocas de 45 mm – R32 y rimadoras de 102 mm para reducir los costos de perforación de la Empresa Minera Tauro S.A.C. en la U.M. San Andrés?

## **1.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **1.3.1 Hipótesis general**

- Con la optimización de la vida útil de las brocas de botones de 45 mm – R32 y las rimadoras de 102 mm se reducirán los costos de perforación en la empresa Minera Tauro S.A.C. en la U. M. San Andrés.



### 1.3.2 Hipótesis específicas

- Con la implementación de la estrategia y/o estrategias de control de reducción de costos en la fase de distribución de los aceros de perforación se logrará optimizar la vida útil de los aceros de perforación mediante el control de los requerimientos de logística y las unidades entregadas.
- Con la implementación de la estrategia y/o estrategias de control de reducción de costos en la fase de utilización de los aceros de perforación se logrará optimizar la vida útil de los aceros de perforación mediante el monitoreo de las técnicas propias de perforación, tiempos de perforación, vida útil de los aceros.
- Con la implementación de la estrategia y/o estrategias de control de reducción de costos en la fase de mantenimiento de los aceros de perforación se logrará optimizar la vida útil de los aceros de perforación mediante la cultura del afilado de brocas y rimadoras.

## 1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

### 1.4.1 Objetivo general

- a) Determinar la adecuada estrategia y/o estrategias de control para la optimización de la vida útil de las brocas de botón de 45 mm - R32 y rimadoras de 102 mm para minimizar costos de perforación de la Empresa Minera Tauro S.A.C. en la U. M. San Andrés.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la adecuada estrategia y/o estrategias de control para la fase de distribución de los aceros de perforación comparando los consumos nominales vs los consumos ejecutados de las brocas de botón de 45 mm – R32 y rimadoras de 102 mm para minimizar costos de perforación en la Empresa Minera Tauro S.A.C. en la U.M. San Andrés.
- b) Determinar la adecuada estrategia y/o estrategias de control para la fase de utilización de los aceros de perforación comparando los costos de perforación en la programación del consumo proyectado de brocas de 45 mm – R32 y rimadoras de 102 mm vs el consumo ejecutado de brocas de 45 mm – R32 rimadoras de 102 mm, tiempos de perforación, técnicas de perforación, rendimiento brocas/pies



perforados, velocidad de rotación, presión hidráulica con el fin de optimizar la vida útil de los aceros y poder minimizar los costos de perforación.

- c) Determinar la adecuada estrategia y/o estrategias de control para la fase de mantenimiento de aceros de perforación, en la cual se compara la vida útil nominal proyectada vs la vida útil ejecutada para decidir a qué tiempo es necesario dar el soporte a los aceros de perforación, rendimiento de los aceros/pies perforado con el fin de optimizar la vida útil de los aceros y poder minimizar los costos de perforación.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio es pertinente porque se precisó el problema de investigación, falta de control de la vida útil de los aceros de perforación; se determinó su adecuación con dicho problema de investigación para darle un contexto de estudio: determinación de las estrategias a emplearse en las fases de distribución, utilización y mantenimiento de los aceros de perforación. El estudio es importante porque permitió diagnosticar los problemas del sobre consumo de los aceros de perforación y al establecer las estrategias de control en las fases de distribución, utilización y mantenimiento se optimizará su vida, dando con ello la reducción de los costos de perforación. El valor que aportara el estudio de investigación: en el contexto de aportes prácticos será de ejecutar las aplicaciones de las teorías de reducción de costos en el ámbito de la perforación minera; en el contexto de aportes metodológicos será la optimización de los aceros de perforación con el ciclo de minado que incluye la pre voladura de los tres taladros de liberación de energía; en el contexto de aportes teóricos al emplearse las diferentes estrategias y teorías de reducción de costos, si estas pueden trabajarse juntas o independientemente para lograr un determinado fin.

## **1.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

El presente trabajo de investigación, durante su desarrollo no presenta limitaciones de datos de oficina de ningún tipo ya que se tiene acceso a toda la información necesaria de las áreas de Mina, Planeamiento, Geomecánica, Geología, Costos y Productividad de la U. M. San Andrés, pero se tiene las limitaciones del área de Logística ya que dicha área basa sus consumos en la cantidad de aceros a consumir de acuerdo al programa mensual de avances y producciones. Pero cuando dicho programa varia por cuestiones geológicas,



geomecánicas o de producción; no se da el abasto correspondiente a las empresas contratistas mineras. Otras limitaciones son las constantes liberaciones de energía y/o estallidos de rocas en las labores de avance, acceso y desarrollo; ocasionando que el presente estudio se demore en el cálculo de los resultados. Una vez que se tengan los resultados y conclusiones de presente trabajo, éstos podrán ser aplicados solo en la Unidad Minera para la cual se realizó la investigación, a no ser que alguna u otra unidad interesada en su aplicación tenga las características similares a la U.M. San Andrés.

### **1.7 VIABILIDAD DEL ESTUDIO**

Se inició con un análisis del costo total estimado del proyecto, en el cual se determinaron los tiempos de estudios de recolección de datos, soluciones propuestas y puesta en marcha de las soluciones propuestas; así como el cálculo del coste de otras alternativas, aparte de la solución recomendada, con el fin de ofrecer una comparación económica. Además, se incluyeron diagramas de flujo de tiempo en donde se especificaba las acciones a tomar en el tiempo y momento correcto. Todas estas pautas que se siguieron ayudaron a comprender y entender mejor el sistema de distribución, utilización y mantenimiento de las brocas de botones de 45 mm –R32 y las rimadoras de 102 mm para determinar la adecuada selección de las estrategias a emplear en la optimización de las mismas. Todo esto antes mencionado hace que le presente estudio sea viable.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

Según (Camarena, 2012). El seguir trabajando con 6 brocas de 45 mm para los jumbos de 2 brazos y 4 brocas de 45 mm para jumbos de 01 brazo y 02 brocas de 38 mm para equipos de diferentes brazos para el sostenimiento de frentes. Además, señala que El mejoramiento continuo del sistema de perforación es el resultado del control, afilado, capacitación y pruebas de campo para así brindar una solución rápida y eficaz en la optimización de los aceros de perforación y el sistema de perforación en sí. Así también el evitar la mezcla de las diferentes marcas de aceros de perforación como son Atlas, Sandvik y otros ya que como consecuencia nos dan rendimientos de aceros de perforación variables.

Según (Gamarra, 2011). Indica que para mejorar los rendimientos y eficiencias de los aceros de perforación en cualquier frente de perforación es recomendable, determinar su tiempo de afilado como también determinar el cambio oportuno del acero para no utilizar su rendimiento al 100% de la vida útil del acero, es importante determinar el tipo de terreno donde se trabaja por que para cada tipo de roca el número de perforaciones de brocas es diferente y los tipos de accesorios de perforación. Así como para mejorar el consumo de aceros de perforación es recomendable el cuidado y uso adecuado de la energía de perforación, con un mantenimiento adecuado de los equipos de perforación de los Jumbos Axeras de dos brazos, regular la presión de rotación, presión de percusión, presión de avance. Por lo cual los costos de mina en CIA Milpo UEA El Porvenir rodean los 8.87 \$/Tn el cual con el trabajo reducimos el costo unitario de perforación con relación al consumos de brocas de botón de 45 mm \* R32 de 0.15\$/m a 0.14\$/m, haciendo una comparación del año 2010 con el año 2011 el consumo de brocas se redujo en 174 piezas que viene hacer el 9.8% del consumo de 1769 piezas del 2010, en conclusión con el trabajo llegamos al objetivo de reducir los costos de perforación con relación a la broca por el cual también se va reducir los costos unitarios de perforación con relación a las barras y shanks. Para minimizar los costos de producción es recomendable utilizar el rastreo de costos en perforación y voladura y utilizar parámetros de KPI's



Según (Picón, 2014). Señala que el incremento de la vida útil de aceros obtenidos fueron conservadores, estos pueden ser mejorados, se obtuvieron rendimiento de más del 80% en casos puntuales los cuales fueron descartados para nuestra estimación. Los actores críticos para mejorar los resultados son el operador de jumbo, el responsable del afilado de brocas y el almacenero, ya que son las personas que directamente intervienen en la gestión de este material.

Por otro lado, se señala que el costo en perforación se eleva por el alto consumo de brocas de 45mm: lo cual se da por no continuar con un afilado constante y continuo de las brocas, teniéndose las aguzadoras en ubicaciones estratégicas donde pueden afilarse el total de brocas que se requiere diariamente emplear y puedan entregarse a tiempo las brocas afiladas a las labores donde se las requieren. Con el afilado las brocas de 45mm pueden llegar a durar en promedio un 25% más de su vida útil. (Jáuregui, 2009). Este autor nos señala la importancia de tener una ubicación estratégica para el mantenimiento diario de los aceros de perforación.

Según la utilización de las brocas y aceros de perforación tomando en cuenta las recomendaciones que se da para cada zona de la mina y de acuerdo a los procedimientos escritos para la utilización de estas, así como la dimensión de la broca a utilizar, las presiones de aire y el tiempo a la que debe de realizarse el afilado permitió mejorar. La vida útil de los aceros de perforación y se redujo los costos de los mismos. Pero así en la fase de control utilización y mantenimiento se tiene que tener una adecuada supervisión con hojas de control de equipo y de aceros de perforación, y la capacitación in situ de los operadores y ayudantes para la operatividad adecuada de los equipos de perforación permitió alcanzar la optimización del uso de los aceros de perforación. (Mallma, 2013).

Se consiguió aumentar el rendimiento de broca de 45mm Sandvik en la perforación con jumbos en 42.5 %, es decir de 181 m/broca que se tenía inicialmente, se alcanzó un rendimiento de 258 m/broca, alcanzando un 29% más de su vida útil (de 200m/broca). Y en la fase de utilización se consiguió aumentar el rendimiento de rimadora de 102mm Sandvik en la perforación con jumbos en 53%, es decir de 172 m/rimadora que se tenía inicialmente, se alcanzó un rendimiento de 263 m/broca, alcanzando un 31.5% más de su vida útil (de 200m/broca). Todo ellos resulto en la reducción del costo de perforación en



4% equivalente a 6.4\$/m, de 162.5\$/m a 156\$/m promedio logrando un ahorro en tres meses de 6770.2\$ meses; que fue el ahorro esperado (Abanto & Vásquez, 2016).

Según (Orcon, 2014). Para mejorar los rendimientos y eficiencias de los aceros de perforación en cualquier frente de perforación es recomendable, determinar su tiempo de afilado como también determinar el cambio oportuno del acero para no utilizar su rendimiento al 100% de la vida útil del acero, es importante determinar el tipo de terreno donde se trabaja por que para cada tipo de roca el número de perforaciones de brocas es diferente y los tipos de accesorios de perforación. Los costos de mina Consorcio Minero Horizonte S.A. Parcoy – La Libertad rodean los 8.87 \$/Tn el cual con el trabajo reducimos el costo unitario de perforación con relación al consumo de brocas de botón de 45 mm \* R32 de 0.15\$/m a 0.14\$/m, haciendo una comparación del año 2012 con el año 2013 el consumo de brocas se redujo en 174 piezas que viene hacer el 9.8% del consumo de 1769 piezas del 2010, en conclusión, con el trabajo llegamos al objetivo de reducir los costos de perforación con relación a la broca por el cual también se va reducir los costos unitarios de perforación con relación a las barras y shanks. Para minimizar los costó de producción es recomendable utilizar el rastreo de costos en perforación y voladura y utilizar parámetros de KPI's.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 Metodología a emplear**

Según Sierra Bravo como fue citado en (Marroquín, 2013). La clasificación de las metodologías de investigación se divide por su profundidad: exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa.

Siendo la metodología emplear en este estudio la metodología de estudios descriptivos.

#### **2.2.1.1 Metodología de Estudios Descriptivos**

Según Hernández, S. cómo fue citado en (Marroquín, 2013). Los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente (conjunta) sobre los conceptos de las variables a los que se refiere... Recopilan la información de cada una de las variables, para decir cómo es y cómo se manifiesta el fenómeno de su interés.



## **2.2.2 Optimización de la vida útil de los aceros de perforación**

### **2.2.2.1 Optimización**

La optimización dentro de la ingeniería se enfoca en utilizar de forma eficiente recursos limitados y que pueden ser asignados a actividades alternativas, en otras palabras, la optimización tiene como propósito analizar e identificar la mejor solución posible, entre todas las soluciones potenciales. La idea de aplicar los diferentes métodos de optimización es facilitar el entendimiento y el manejo de los parámetros que componen un sistema o proceso.

La palabra optimización, comparte la misma raíz que "óptimo", pero es raro que el proceso de optimización origine un sistema realmente óptimo. A menudo no existe una solución de diseño que funcione bien en todos los casos, por lo tanto, en esos casos los ingenieros para poder optimizar deben tomar los atributos de mayor interés. Cabe resaltar que la toma de decisiones se va tornando difícil de acuerdo al tamaño y complejidad de las empresas, sus problemas o por la cantidad de variables que manejan, en especial cuando se tienen varios productos, materias primas y plantas de producción, por lo tanto saber dónde producir, cuales productos, y a que clientes tener en cuenta, se convierte en un tema en donde es necesario la aplicación de la investigación de operaciones y de modelos matemáticos, los cuales ayudan a la disminución y optimización de las actividades.

### **2.2.2.2 Brocas de Botones de 45 mm**

Son piezas de metal cubiertas con carburo de tungsteno en los botones o pastillas que se emplean para la generación de taladros a través de la rotopercusión.

Las brocas que se emplean en la perforación rotopercutiva son de dos tipos:

- Brocas de pastillas o plaquicas, y
- Brocas de botones

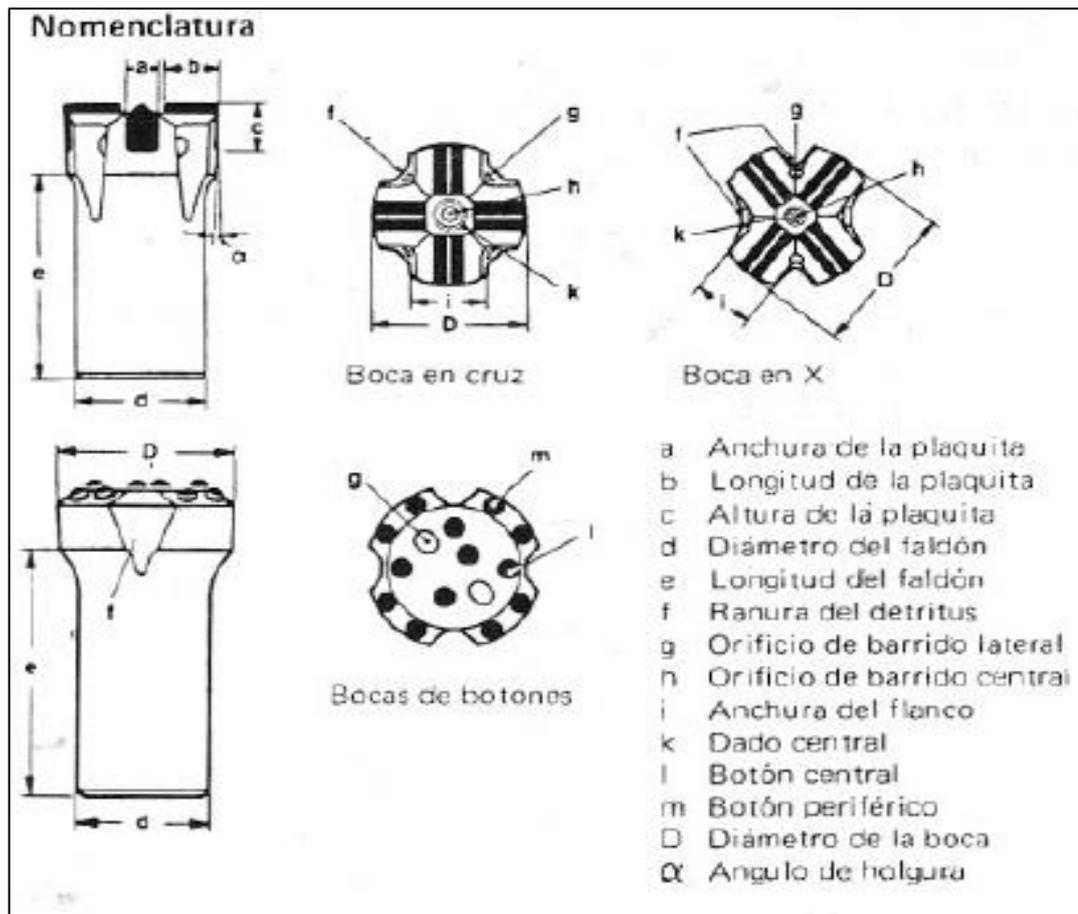


Figura N.º1. *Brocas de perforación.*

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas, (2003)

### a. Brocas de Botones

Estas brocas disponen de unos botones o insertos de carburo de tungsteno distribuidos sobre la superficie de la misma. Se fabrican de diámetros que van desde los 33 mm hasta los 251 mm.

Las brocas de botones se adaptan mejor a la perforación con rotación, obteniéndose velocidades de avance superiores que con brocas de pastillas. También presentan una mayor resistencia al desgaste, debido no solo a la forma de los botones sino a la sujeción más efectiva del acero, por contracción o presión en frío sobre todo en el contorno de los insertos.

### b. Brocas de pastillas

Se dispone de dos configuraciones de diseño: brocas en cruz y brocas en X. Las primeras están construidas con cuatro plaquitas de carburo de tungsteno dispuestas en ángulo recto, mientras que las brocas en X forman ángulos de 75° y 105° unas con otras.

Están brocas se fabrican a partir de diámetros de 35 mm siendo habitual llegar hasta los 57 mm en las brocas en cruz, y usar a partir de los 64 mm hasta los 127 mm en las brocas en X. pues son más rápidas y además se evita la tendencia de las otras a abrir barrenos con secciones pentagonales en los grandes diámetros.

### c. Brocas Especiales

Las brocas con diseño especial son:

- Brocas balísticas: disponen de insertos en forma de proyectiles que son más que las brocas estándar y proporcionan mayores velocidades de penetración y un barrido más eficiente. En frentes blandos el frente de la broca no impacta contra la roca del fondo del taladro debido a la altura de los botones, las brocas balísticas dan velocidades de penetración de 25 a 50% superiores, según el tipo de roca que se perfora. El principal inconveniente que presentan es el riesgo de rotura de los botones, sobre todo cuando el cuerpo de la broca sufre un desgaste más fuerte que los botones.

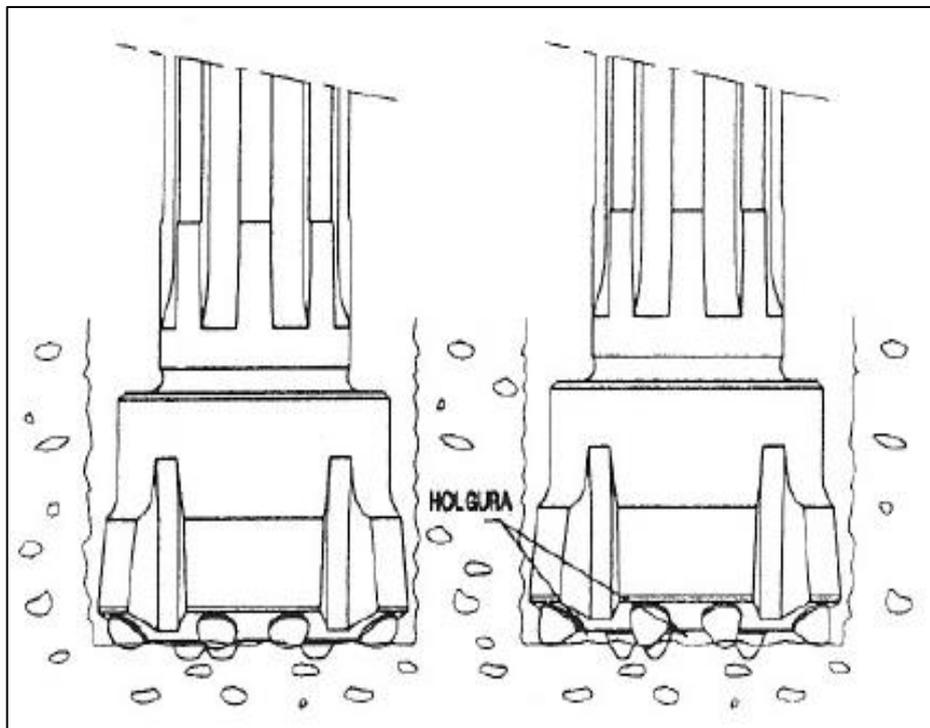


Figura N.º2: Broca convencional y broca balística

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas, (2003).

- Brocas de pastillas o plaquicas, y

- Brocas retractiles: se usan en aquellas formaciones rocosas donde las paredes de los taladros tienden a desmoronarse, y por lo tanto es preciso evitar atranques y perdida de los barrenos. Disponen de estrías y dientes detrás del frente que permiten realizar la perforación en retroceso.
- Brocas de escariar: Las brocas de escariadoras se utilizan en labores subterráneas para abrir los taladros centrales que se emplearan como taladros de alivio para mejorar la cara libre de la perforación y voladura a emplearse.
- Brocas de centro hundido: poseen unas excelentes características de barrido, ya que se realiza principalmente por la parte frontal. Se usan en rocas blandas fáciles de perforar. Así mismo estos accesorios mejoran la rectitud de los taladros.

TIPO DE ROCA	BOCAS DE INSERTOS			BOCA DE BOTONES		
	Normal	Heavy-duty	Retráctil	Normal	Heavy-duty	Retráctil
Blanda	R	N	N	R	N	N
Medio dura	A	R	N	R	A	N
Dura	N	A	N	A	R	N
Desgaste lateral intenso	N	R	N	N	A	N
Desgaste frontal intenso	N	A	N	A	R	N
Desgaste frontal moderado	N	N	N	R	A	N
Fisurada	N	N	R	N	N	R

R = Recomendada.  
A = Adecuada.  
N = No recomendada.

Figura N.º3: *Tipos de brocas para perforar las diferentes formaciones rocosas.*

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas, (2003).

### 2.2.1.3 Rimadoras de 102 mm

Las brocas de escariadoras o rimadoras se utilizan en labores subterráneas para abrir los taladros centrales que se emplearan como taladros de alivio para mejorar la cara libre de la perforación y voladura a emplearse. Estas rimadoras se utilizan con barrenos piloto o con barrenos de extensión y adaptadores piloto. Poseen un orificio central troncocónico que permiten que estas se sitúen por detrás de la piloto de menor diámetro.



Figura N.º4: Rimadora de 102 mm con su adaptador piloto

Fuente Herramientas para perforación de rocas SECOROC. Perforación manual y accesorios. Catálogo de productos (2015).

#### 2.2.1.4 Cuidado y Mantenimiento de Brocas y Rimadoras

El acondicionamiento de brocas tiene como objetivo obtener una velocidad óptima de penetración y aumentar la vida de dichos útiles. En efecto si las pastillas o botones de metal duro y el resto del cuerpo de la broca no tienen una forma adecuada no se conseguirá alcanzar la mayor velocidad de penetración posible y, además, se generarán esfuerzos y tensiones tanto en el mismo útil o en el resto del varillaje pudiendo dar lugar a graves daño o roturas.

### a. Mantenimiento de Brocas de Botones de 45 mm y Rimadoras de 102 mm

Las brocas de botones deben de ser reacondicionadas cuando:

- El cuerpo de la broca se desgasta más que los botones, haciendo que estos sobresalgan excesivamente. Así se evitará que los botones se claven en la roca o se quiebren. Esto sucede frecuentemente en terrenos blandos y abrasivos.

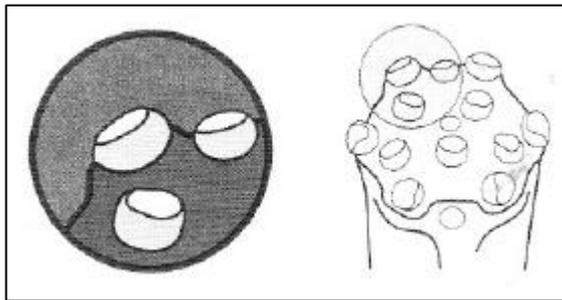


Figura N.º5: *Desgaste del cuerpo de la broca.*

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas, (2003).

- Cuando los botones se desgastan más rápidamente que el cuerpo, especialmente en rocas duras y abrasivas. Los botones deben de ser afilados con frecuencia.

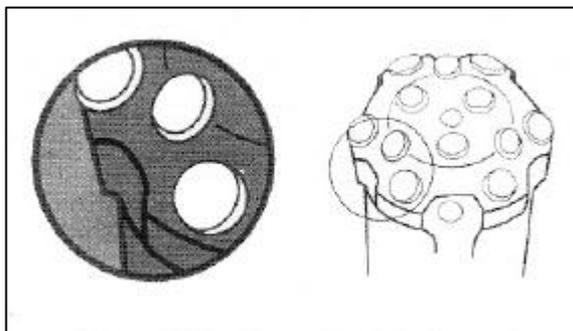


Figura N.º6: *Desgaste de botones de la broca.*

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas, (2003).

- Si en rocas no abrasivas los botones se pulen mostrando señales de fracturación en su superficie con aspecto de piel de reptil. Esto evita que las fracturas superficiales se propaguen. Lo cual podría provocar la ruptura los botones.

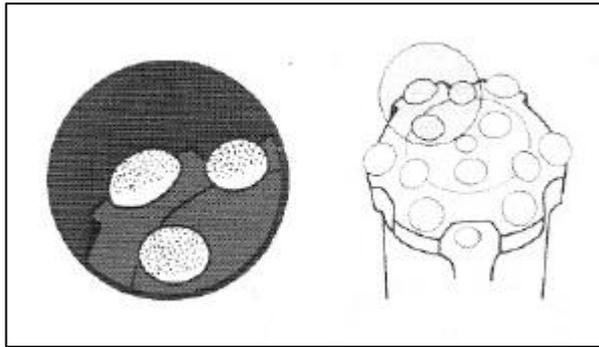


Figura N.º7: Pulido de la superficie de los botones con aspecto de piel de reptil.

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas, (2003).

El afilado de botones tiene por objetivo devolverles su forma esférica original, pero sin reducir demasiado su altura. Por lo general no necesitan afilado del diámetro. El intervalo de afilado puede elegirse dependiendo de los diferentes tipos de roca y condiciones de perforación, un ejemplo práctico en que, al cabo de un determinado número de taladros, que coincida aproximadamente cuando se haya consumido la mitad del diámetro del botón.

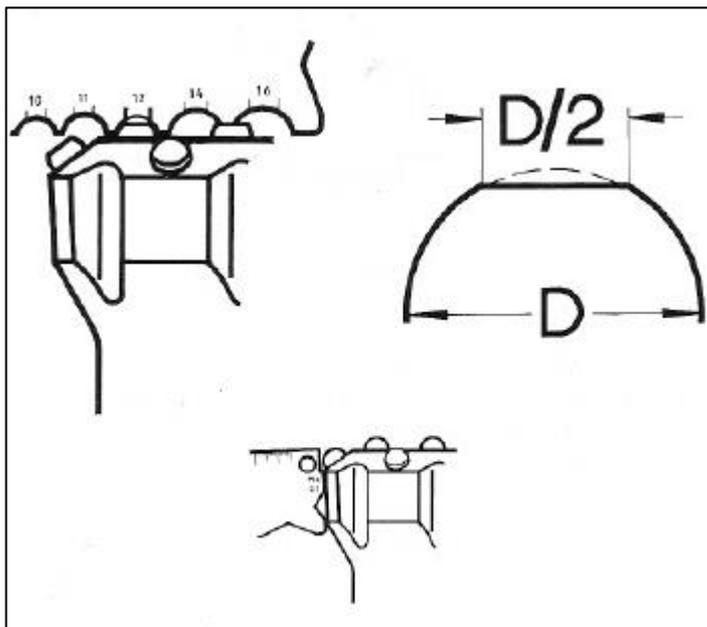


Figura N.º8: Medida del desgaste de botones.

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas, (2003).

Si las brocas están muy afiladas, puede ser necesario afilar el acero alrededor de los botones para que sobresalgan lo suficiente. La altura visible debe de estar próxima a la mitad del diámetro del botón. Todos los botones deben de afilarse cada vez, aunque no se haya alcanzado el desgaste límite. Las brocas están en condiciones de perforar siempre



que los botones periféricos estén en bien. Especial atención se pondrá en la limpieza de orificios y estrías o canales de barrido.

El afilado de brocas se realizará con esmeriladoras y deberá controlarse con plantillas de medición adecuada.

### **2.2.3 Reducción de costos**

La reducción de costos debería definirse entonces como una actividad continua y organizada que pone en juego todas las funciones clave de la empresa y por consiguiente a todos sus responsables. El programa de reducción continua de costos constituye una tarea esencial de la dirección, la cual tiene que establecer políticas y criterios convincentes para poder crear después en toda la organización una mentalidad de ahorro y eficiencia, y de corresponder, un sistema de incentivos materiales y morales que hagan tomar cuerpo un estado de opinión que considere que la eficiencia es mejor que el despilfarro y que en definitiva hacer las cosas bien es útil para todos en el corto y en el largo plazo. (Casari & Baldini, 2013).

Así mismo lo mismo es muy importante tener en cuenta que sólo se podrá alcanzar una verdadera reducción de costos si la empresa logra hacer las cosas bien y en el camino correcto, es decir si logra la aplicación de los dos conceptos antes señalados: EFICIENCIA Y EFICACIA, con AGREGADO DE VALOR para el cliente. Para ello las empresas deben llevar a cabo importantes “inversiones” a fin de lograr dichos objetivos, desde la adquisición de tecnología de última generación, y pasando por aspectos tales como: capacitaciones de personal, mejora de procesos, apertura de canales comerciales, servicios post venta, etc. (Casari & Baldini, 2013)

#### **a. Esquema general de reducción de costos**

Según (Casari & Baldini, 2013), “Para maximizar los beneficios, podemos trabajar sobre: la formación de precios, o bien sobre los costos. La *Gestión de Costos* se ocupa de este último aspecto: la reducción de costos, tal cual puede observarse en el siguiente esquema”:

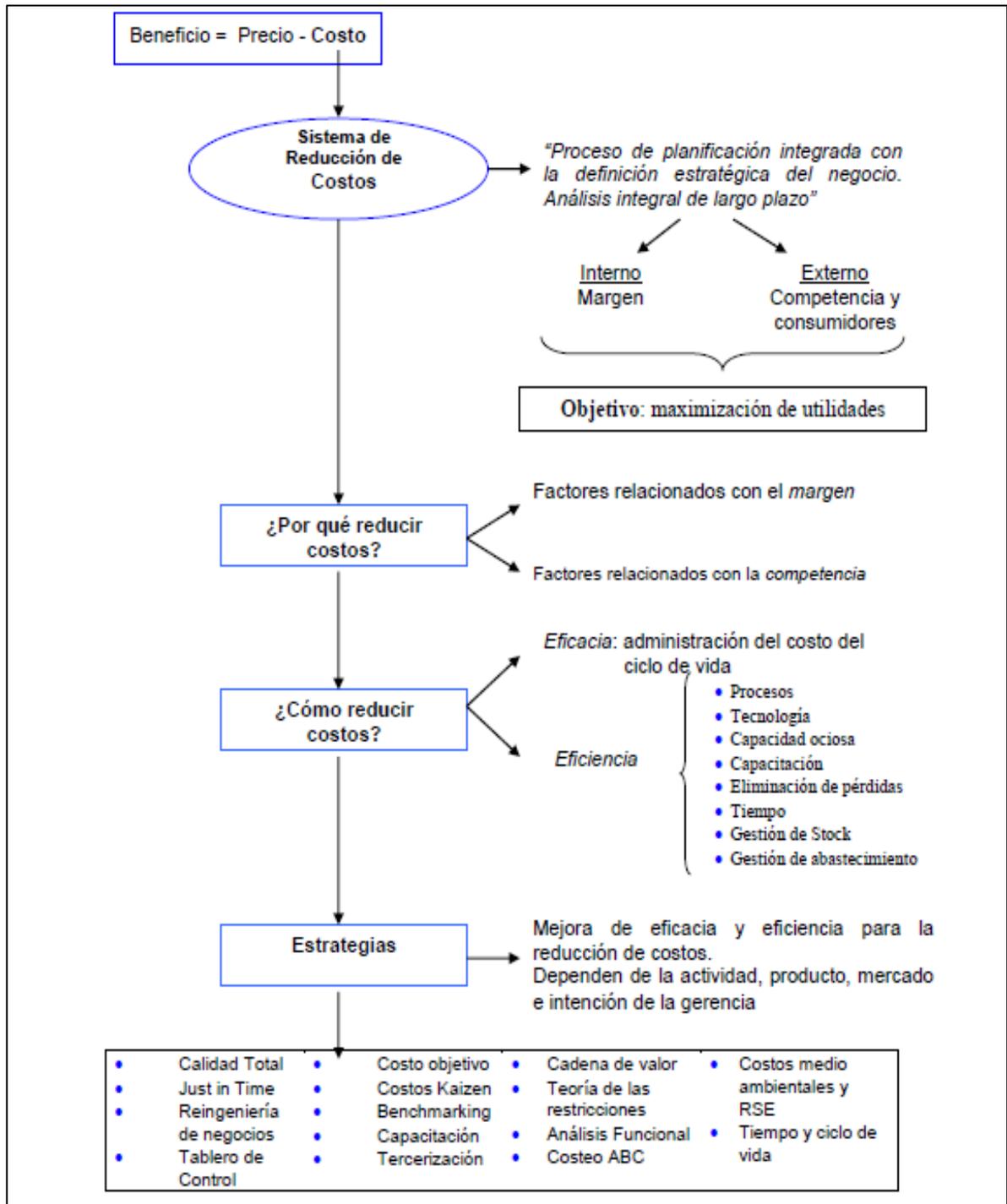


Figura N.º9: Esquema general de reducción de costos.

Fuente Revista Costos y Gestión, 2013.



#### **2.2.4 Estrategias de reducción de costos**

En las últimas dos décadas se han producido cambios sustanciales en el mundo de las empresas, afectándolas a través de una doble manifestación: - por una parte, ha ocurrido un reordenamiento interno de las mismas, con especial incidencia sobre los procesos productivos y de investigación y desarrollo, manifestados a través de tendencias como el Just in Time (Justo a Tiempo) el Control de Calidad Total y otras filosofías similares. - por otra parte, y desde un enfoque externo, se está potenciando hasta límites insospechados la actuación estratégica de las empresas. Ante esta nueva situación, las necesidades de información de las empresas para tomar decisiones también han cambiado, por lo que los sistemas tradicionalmente utilizados por la Contabilidad, pensados para un contexto productivo diferente al actual, están resultando insuficientes para satisfacer estas nuevas exigencias informativas. De esta manera la Contabilidad de Gestión se ha visto obligada a encontrar nuevas técnicas capaces de transmitir la información que ahora se necesita para tomar una buena cantidad de nuevas decisiones. (Baldini & Casari, 2008).

De la consulta de libros, artículos y ensayos de diferentes autores, aparecen descritos problemas que son comunes a distintos tipos de organizaciones, y que, de acuerdo a nuestro análisis, que parte del conocimiento y exploración de las diversas metodologías modernas de gestión conocidas, deberían aplicarse en cada uno de los casos expuestos, lo que no implica que esta sea la única solución posible para ese problema, sino más bien se trata de recomendaciones donde a modo de ejemplo proponemos la solución ante cada situación planteada. (Casari & Baldini, 2013).

##### **2.2.4.1 Costos Kaizen**

Consiste en la Mejora Continua en las tareas operativas para lograr una reducción de costos. Sus características son:

- Mejora en el diseño y procesos luego de iniciada la producción (productos existentes).
- Análisis continuo.
- Incorporación a presupuestos.
- Reducción de costos reales y mejora de la eficacia y eficiencia en los procesos.



#### 2.2.4.2 Just in Time

Es una teoría administrativa orientada a disminuir al máximo los niveles de inventarios y los costos asociados con estos, tales como costos de almacenaje, costos de mantenimiento de inventarios, costos de custodia y merma de inventarios. Requiere llevar a cabo convenios con clientes y proveedores, así como una estricta programación de la producción. Lo que implica trabajar con:

- *Cero defectos*: calidad total. Hacer las cosas bien la primera vez, evitando los costos de la no calidad.
- *Cero averías*: evitar retrasos o cuellos de botella a través de programas de mantenimiento preventivo de las máquinas y entrenamiento del personal.
- *Cero stocks*: adquisición cercana al uso (existencias mínimas).
- *Cero plazos*: reducción del ciclo de fabricación de los productos (tiempo de puesta a punto, espera, movimiento, transportación), eliminando actividades no indispensables.
- *Cero burocracias*: eliminar cualquier burocracia innecesaria en la empresa, simplificando los controles ya que, al trabajar sin inventarios, resulta irrelevante su control administrativo.

#### 2.2.4.3 Costos asociados al Tiempo y Ciclo de Vida de Productos.

Costo óptimo del proyecto: equilibrio entre costos de iniciación y operativos, para lograr la coincidencia de oferta y demanda sin perjuicios o demoras; evitando los denominados cuellos de botella. Comprende los siguientes conceptos:

- Costos de iniciación.
- Costos de servicios de operación.
- Costos de consumos de recursos operativos y de comercialización.
- Costos de mantenimiento operacional.
- Costo de eficacia operativa.
- Reducción de tiempos de proceso; inspección, movimiento, espera, almacenamiento; etc.

#### 2.2.4.4 Plan de Capacitación

Los planes de capacitación deben apuntar a las reales necesidades y carencias de los diferentes sectores y planteles de directivos, gerentes, obreros y demás empleados a



efectos de preparar planes de capacitación a la medida de cada uno de ellos y para ser aplicados a las necesidades laborales a cubrir. No se trata de que todos aprendan inglés o computación por el sólo hecho de capacitarlos en algo, sino para que después puedan aplicarlo efectivamente en su trabajo.

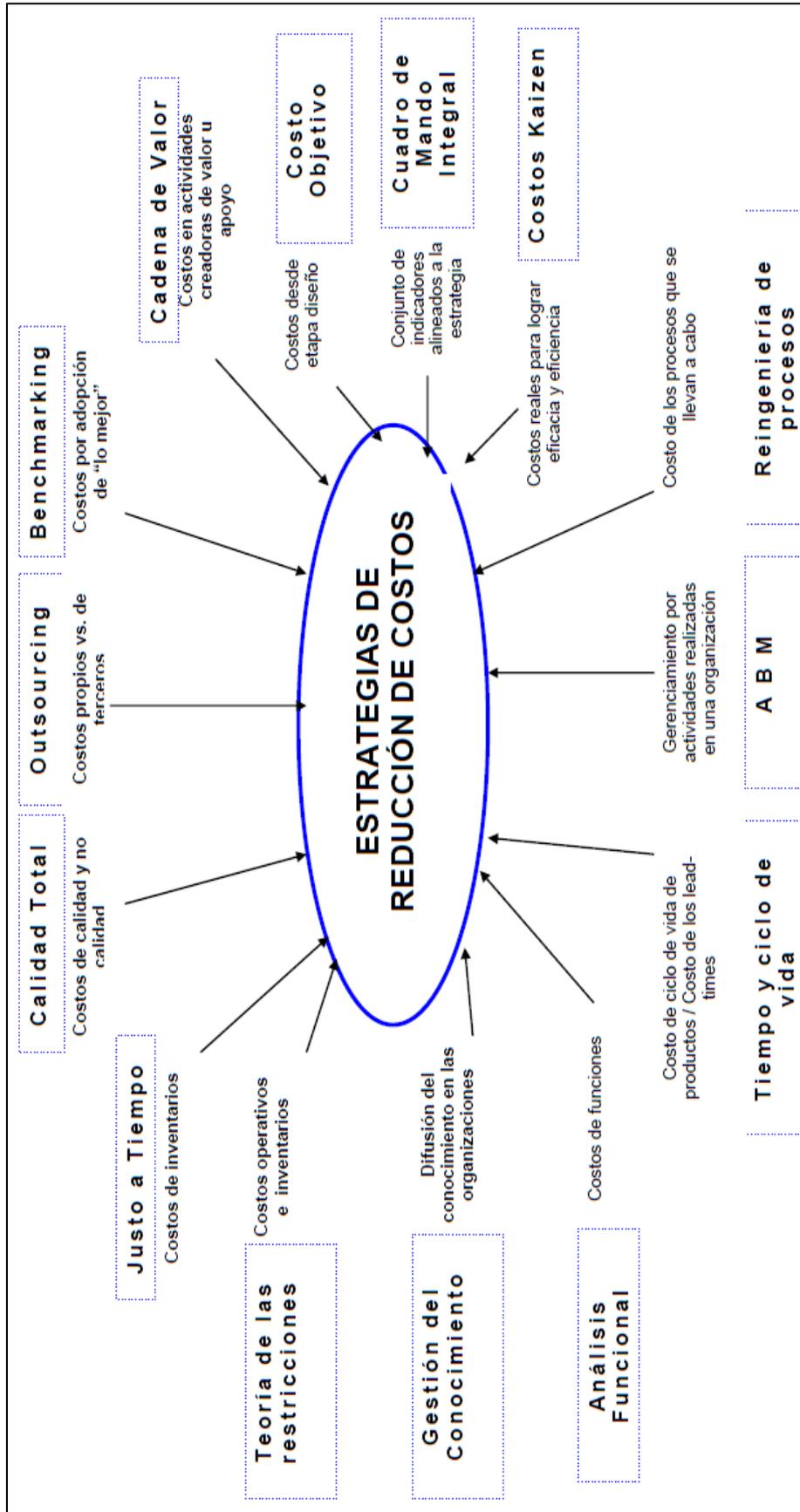


Figura N.º 10: Estrategias de reducción de costos.

Fuente Reducción de costos en las empresas y su vinculación con las filosofías de gestión. Revista Costos y Gestión 88, 2013.

### 2.2.5 Perforación

La perforación de las rocas dentro del campo de las voladuras es la primera operación que se realiza y tiene como finalidad abrir unos huecos, con la distribución y la geometría adecuada dentro de los macizos, donde se aloja a las cargas de explosivo y sus accesorios iniciadores. (Lopez, 2003). Los sistemas de penetración de la roca que han sido desarrollados y se están aplicando en esta investigación es la perforación rotopercutiva.

#### 2.2.5.1 Perforación Rotopercutiva

El principio de perforación de estos equipos se basa en el impacto de una pieza de acero (pistón) que golpean a un útil que a su vez transmite la energía al fondo del barreno por medio de un elemento final (broca). Los equipos rotopercutivos se clasifican en dos grandes grupos, según donde se encuentren colocado el martillo:

- Martillo en cabeza: en estas perforadoras dos de las acciones básicas, rotación y percusión se producen fuera del taladro, transmitiéndose a través de una espiga y del varillaje hasta la broca de perforación. Los martillos pueden ser de accionamiento neumático o hidráulico.
- Martillo de fondo: la percusión se realiza directamente sobre la broca de perforación mientras que la rotación se efectúa en el exterior del barreno. El accionamiento del pistón se lleva a cabo neumáticamente, mientras que la rotación puede ser neumática o hidráulica.

#### a. Fundamentos de la Perforación Rotopercutiva

La perforación rotopercutiva se basa en la combinación de:

- Percusión: los impactos producidos por el golpeo del pistón originan unas ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje (en el martillo a la cabeza) o directamente (en el martillo en fondo).
- Rotación: con este movimiento se hace girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones.
- Empuje: para mantener en contacto el útil de perforación con la roca se ejerce un empuje sobre la sarta de perforación.
- Barrido: el fluido de barrido permite extraer el detritus del fondo del taladro.

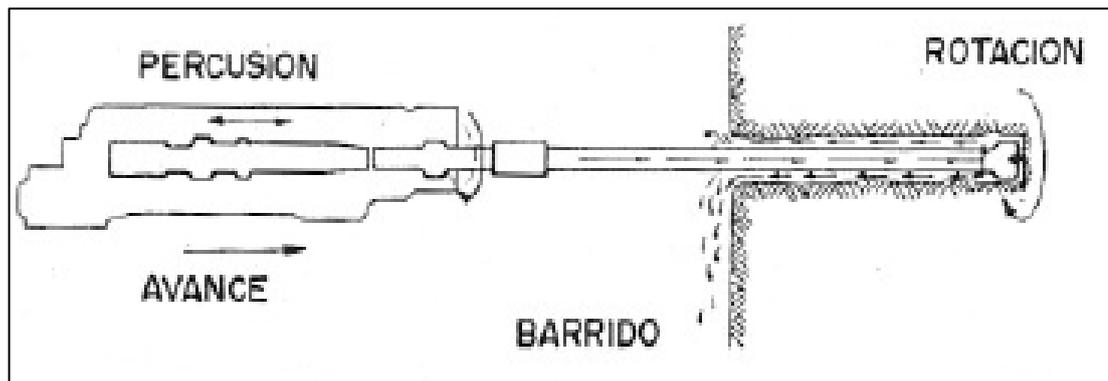


Figura N.º11: Acciones básicas en la perforación rotopercutiva.

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas (2003).

### 2.2.5.2 Las Rocas y sus Propiedades Físicas

#### a. Roca

Se define roca como un agregado sólido formado por uno o varios minerales, que se encuentra ocupando grandes extensiones de la corteza terrestre. En nuestra disciplina se habla en muchas ocasiones de roca o roca intacta para referirse a un elemento (trozo, bloque, probeta) de roca que no presenta discontinuidades observables.

### 2.2.5.3 Propiedades de las Rocas que Afectan a la Perforación.

Las principales propiedades físicas de las rocas que influyen en los mecanismos de penetración y consecuentemente en la elección del método de perforación son:

#### a. Dureza

Se entiende por dureza la resistencia de una capa superficial a la perforación en ella de otro cuerpo más duro. En una roca es función de la dureza y composición de los granos minerales constituyentes, de la porosidad de roca, del grado de humedad, etc. La dureza de las rocas es el principal tipo de resistencia a superar durante la perforación, pues cuando se logra la penetración útil el resto de las acciones se desarrollan fácilmente. Las rocas se clasifican en cuanto a su dureza por medio de la “Escala de Mohs”, en la que se valora la posibilidad que el mineral pueda rayar a todos los que se encuentran un número inferior al suyo. Tal como se refleja en la tabla 1.1 existe una cierta correlación entre la dureza y la resistencia a la compresión de las rocas.

Tabla 01:  
*Escala de Mohs*

CLASIFICACIÓN	DUREZA MOHS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)
Muy dura	+ 7	+ 200
Dura	6 - 7	120 – 200
Medio dura	4,5 - 6	60 – 120
Medio blanda	3 - 4,5	30 – 60
Blanda	2 - 3	10 – 30
Muy blanda	1 - 2	- 10

FUENTE: MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS

### b. Resistencia

Se llama resistencia mecánica de una roca a la propiedad de oponerse a destrucción bajo una carga exterior, estática o dinámica. Las rocas oponen una resistencia máxima a la compresión, comúnmente. La resistencia a la tracción no pasa de un 10 a un 15% de la resistencia de la compresión. Eso se debe a la fragilidad de las rocas, a la gran cantidad de defectos locales e irregularidades que presentan y a la pequeña cohesión entre partículas constituyentes.

La resistencia de las rocas depende fundamentalmente de su composición mineralógica. Entre los minerales integrantes de las rocas el cuarzo es el más sólido, su resistencia supera los 500 MPa, mientras que la de silicatos ferromagnésicos y los aluminosilicatos varían de 200 a 500 MPa, y la de la calcita de 10 a 20 MPa. Por eso, conforme es mayor el contenido de cuarzo, por lo general, la resistencia aumenta. La resistencia de los minerales depende del tamaño de los cristales y disminuye con el aumento de estos. Esta influencia es significativa cuando el tamaño de los cristales es inferior a 0.5 mm. La resistencia de los minerales depende del tamaño en la resistencia es menor, debido a que también intervienen las fuerzas de cohesión intercristalinas.

La porosidad en rocas con una misma litología conforme aumenta hace disminuir la resistencia, puesto que simultáneamente disminuye el número de contactos de las partículas minerales y las fuerzas de acción recíprocas entre ellas. En la resistencia de las rocas influye la profundidad a la que se formaron y el grado de metamorfismo. Así, la resistencia de las arcillas yacentes cerca de la superficie terrestre puede ser de 2 a 10 MPa,

mientras que las rocas arcillosas, fueron sometidas a un cierto metamorfismo pueden alcanzar los 50 – 100 MPa. Por otro lado, la resistencia de las rocas anisotrópicas depende del sentido de acción de la fuerza. La resistencia a compresión de las rocas en el sentido perpendicular a la estratificación o esquistosidad es mayor que en un sentido paralelo a estas. El cociente varía entre 0,3 y 0,8 y sólo para rocas isotrópicas es igual a 1.

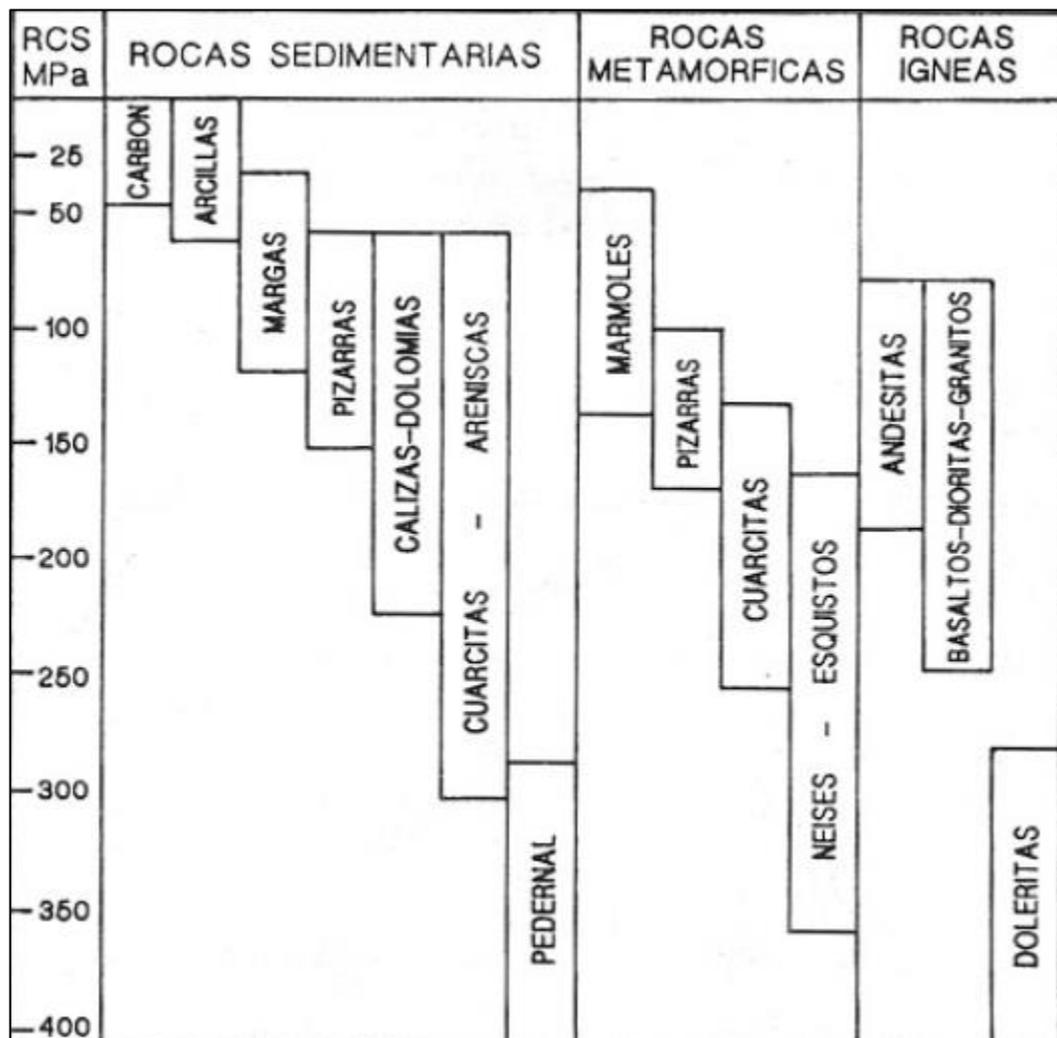


Figura N.º12: Resistencia a la compresión de los diferentes tipos de rocas.

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

### c. Elasticidad

La mayoría de los minerales constituyentes de las rocas tienen un comportamiento elástico-frágil, que obedece a la ley de Hooke, y se destruyen cuando las tensiones superan el límite de la elasticidad.

Según el carácter de deformación, en función de las tensiones provocadas para cargas estáticas, se consideran tres grupos de rocas:



- Las elasto-frágiles o que obedecen a la ley de Hooke.
- Las plástico-frágiles, a cuya destrucción precede la deformación plástica.
- Las altamente plásticas o muy porosas, cuya deformación elástica es insignificante.

Las propiedades elásticas de las rocas se caracterizan por el módulo de elasticidad “E” y el coeficiente de Poisson “Y”. El módulo de elasticidad es el factor de proporcionalidad entre la tensión normal en la roca y la deformación relativa correspondiente, su valor en la mayoría de las rocas varía entre  $0,03 * 10^4$  y  $1,7 * 10^5$  MPa, dependiendo fundamentalmente de la composición mineralógica, porosidad, tipo de deformación y magnitud de la carga aplicada.

Los valores de los módulos de elasticidad en la mayoría de las rocas sedimentarias son inferiores a los de los minerales correspondientes que los constituyen. También influye en dicho parámetro la textura de la roca, ya que el módulo de la elasticidad en la dirección de la estratificación o esquistosidad es generalmente mayor que en la dirección perpendicular a esta. El coeficiente de Poisson es el factor de proporcionalidad entre las deformaciones longitudinales relativas y las deformaciones transversales. Para la mayoría de las rocas y minerales está comprendido entre 0,2 y 0,4 y sólo el cuarzo lo tiene anormalmente, alrededor de 0,07.

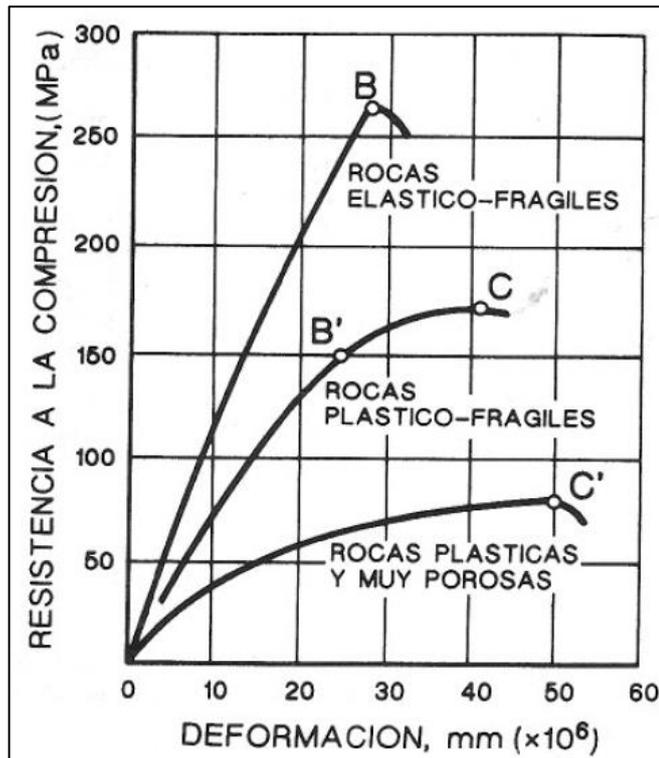


Figura N.º13: *Curvas de tensión-deformación de las diferentes rocas.*

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

#### d. Plasticidad

Como se ha indicado anteriormente, en algunas rocas, a la destrucción le precede la deformación plástica. Esta comienza en cuanto las tensiones en la roca superan el límite de elasticidad. En el caso de un cuerpo idealmente plástico tal deformación se desarrolla con una tensión invariable. Las rocas reales se deforman consolidándose al mismo tiempo: para el aumento de la deformación plástica es necesario incrementar el esfuerzo.

La plasticidad depende de la composición mineral de las rocas y disminuye con el aumento del contenido de cuarzo, feldespato y otros minerales duros. Las arcillas húmedas y algunas rocas homogéneas poseen altas propiedades plásticas. La plasticidad de las rocas pétreas (granitos, esquistos cristalinos y areniscas) se manifiestan sobre todo a altas temperaturas.

#### e. Abrasibilidad

Es la capacidad de las rocas para desgastar la superficie de contacto de otro cuerpo más duro, en el proceso de rozamiento durante el movimiento.

Los factores que elevan la capacidad abrasiva de las rocas son las siguientes:

- La dureza de los granos constituyentes de la roca. Las rocas que contienen granos de cuarzo son sumamente abrasivas.
- La forma de los granos. Los más angulosos son los más abrasivos que los redondeados.
- El tamaño de los granos.
- La porosidad de la roca. Da lugar a superficies de contacto rugosas con concentraciones de tensiones locales.
- La heterogeneidad. Las rocas poliminerales aun que estos tengan igual dureza, son más abrasivas, pues van dejando superficies ásperas con presencia de granos duros, por ejemplo, los granos de cuarzo en un granito.

Esta propiedad influye mucho en la vida de los útiles de perforación.

TIPO DE ROCA	CONTENIDO EN CUARZO (%)	TIPO DE ROCA	CONTENIDO EN CUARZO (%)
Anfibolita	0 - 5	Mica neis	0 - 30
Anortosita	0	Mica esquisto	15 - 35
Diabasa	0 - 5	Norita	0
Diorita	10 - 20	Pegmatita	15 - 30
Gabro	0	Fillita	10 - 25
Neis	15 - 50	Cuarcita	60 - 100
Granito	20 - 35	Arenisca	25 - 90
Grauvaca	10 - 25	Pizarra	10 - 35
Caliza	0 - 5	Pizarra grano fino	0 - 20
Mármol	0	Taconita	0 - 10

Figura N.º14: *Contenidos medios de diferentes tipos de rocas*

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

## f. Textura

La textura de una roca se refiere a la estructura de los granos de minerales constituyentes de esta. Se manifiesta a través del tamaño de los granos, la forma, la porosidad, etc. Todos estos aspectos tienen una influencia significativa en el rendimiento de la perforación. Como los granos tienen forma lenticular, como en un esquisto, la perforación es más difícil que cuando son redondos, como en una arenisca.

También influye de forma significativa el tipo de material que constituye la matriz de una roca y que une los granos de mineral.

En cuanto a la porosidad aquellas rocas que presentan una baja densidad y son consecuentemente más porosas tienen una menor resistencia a la trituración y son más fáciles de perforar.

TIPO DE ROCA		PESO ESPECIFICO (t/m <sup>3</sup> )	TAMAÑO DE GRANO (mm)	FACTOR DE ESPONJAMIENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)
<b>Ignea</b>	Intrusiva	Diorita	2,65-2,85	1,5-3	1,5
		Gabro	2,85-3,2	2	1,6
		Granito	2,7	0,1-2	1,6
	Extrusiva	Andesita	2,7	0,1	1,6
		Basalto	2,8	0,1	1,5
		Riolita	2,7	0,1	1,5
Traquita		2,7	0,1	1,5	
<b>Sedimentaria</b>	Conglomerado	2,6	2	1,5	
	Arenisca	2,5	0,1-1	1,5	
	Pizarra de grano fino	2,7	1	1,35	
	Caliza	2,6	1-2	1,55	
	Dolomita	2,7	1-2	1,6	
<b>Metamórfica</b>	Neis	2,7	2	1,5	
	Mármol	2,7	0,1-2	1,6	
	Cuarcita	2,7	0,1-2	1,55	
	Esquisto	2,7	0,1-1	1,6	
	Serpentina	2,6	—	1,4	
	Pizarra	2,7	0,1	1,5	

Figura N.º15: *Propiedades de los diferentes tipos de rocas según su origen*

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

### g. Estructura

Las propiedades estructurales de los macizos rocosos, tales como esquistosidad, planos de estratificación, juntas, diaclasas y fallas, así como el rumbo y el buzamiento de estas afectan a la linealidad de los barrenos, a los rendimientos de perforación y a la estabilidad de las paredes de los taladros.

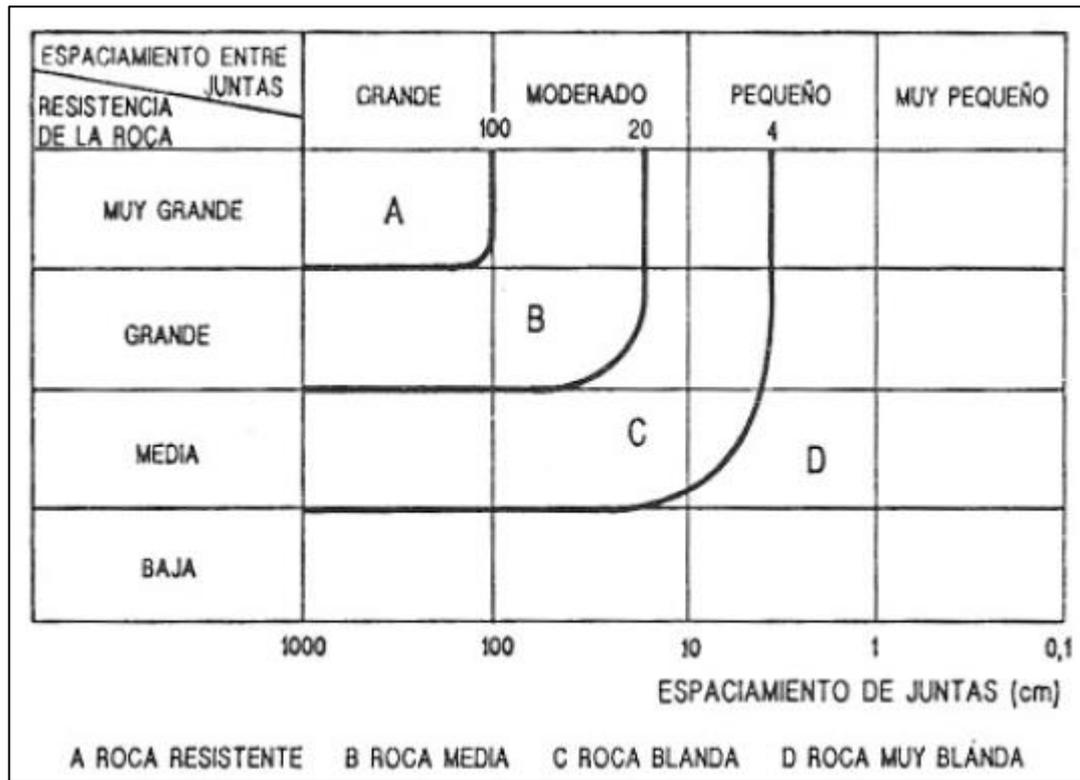


Figura N.º16: *Espaciamento entre juntas y la resistencia del material rocoso.*

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

## 2.2.6 Descripción del ciclo de perforación

### 2.2.6.1 Taladros de Pre Acondicionamiento del terreno

Debido a los constantes eventos de liberación de energía por medio de estallidos de rocas acaecido en la U.M. San Andrés se implementó como medida de corrección los controles de microsismicidad para poder mitigar los daños ocasionados por los estallidos de rocas. (Veyrat, y otros, 2016) señalan que en relación al uso de voladuras de pre acondicionamiento por delante del frente, estas voladuras pueden minimizar los efectos de posibles futuros estallidos de roca en el frente (face burst), reduciendo las magnitudes de tensión en y por delante del frente. Esta técnica consiste básicamente en la ejecución de perforaciones en el frente con una longitud y localización específica, usando explosivos de detonación de alta velocidad. Como resultado, la calidad del macizo rocoso por delante del frente disminuye artificialmente, “des-estresando” el macizo rocoso en las áreas donde se va a excavar el túnel, y permitiendo liberar la tensión que podría generar un estallido de roca. El diseño de las voladuras de pre acondicionamiento se basa en los siguientes criterios:

- No generar una intensa fracturación de la roca, pero sí “des-estresar” el macizo rocoso, con el fin de no dificultar la siguiente voladura y el sostenimiento del frente.
- Encuadrar el efecto descompresor dentro del perímetro de la sección del túnel, generando fracturas que puedan acomodar el estrés.
- La voladura se realiza con tres taladros de perforación.
- El carguío se realizará con la tercera parte de longitud del taladro perforado con un tipo de explosivo de alta velocidad de detonación.

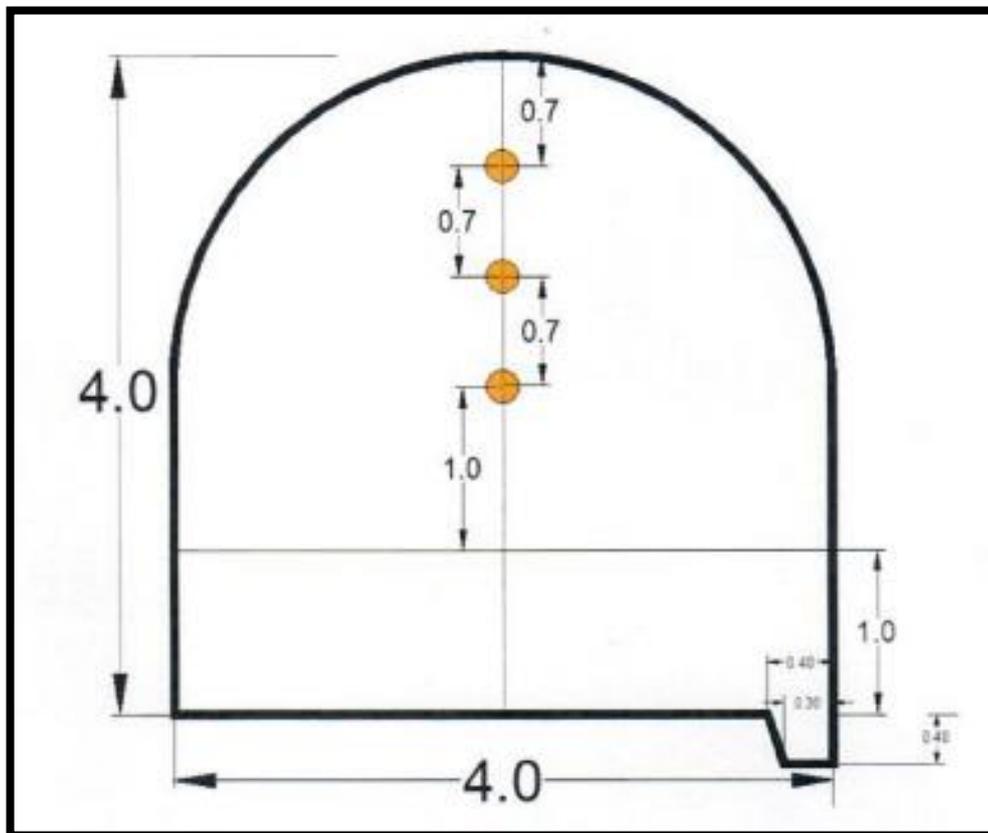


Figura N.º17: *Diagrama de perforación de los tres taladros de pre acondicionamiento.*

Fuente: Área de Geomecánica de MARSÁ

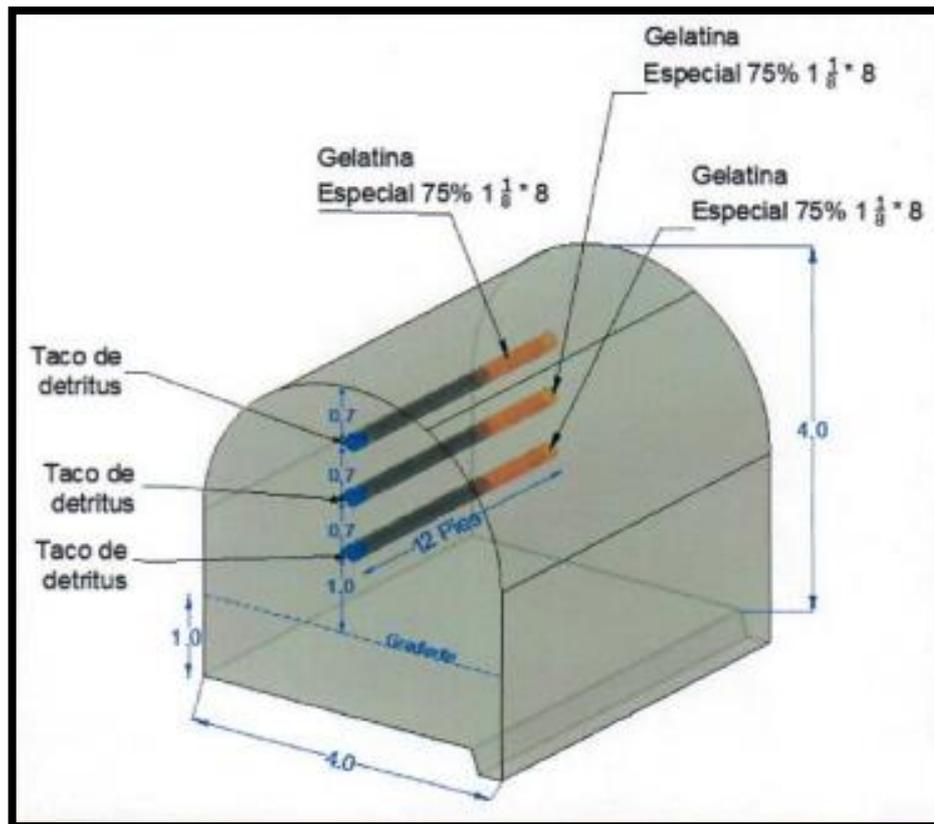


Figura N.º18: *Diagrama de carguío de los tres taladros de pre acondicionamiento.*

Fuente: Área de Geomecánica de MARSÁ

## 2.2.6.2 Determinación de la Calidad del Macizo Rocoso

### a. Estudio Geomecánico

Todas las labores contarán con un Estudio Geomecánico actualizado mensualmente e incluirá:

- Resultados de los Mapeos Geomecánicos de la labor y/o de labores cercanas.
- Plano Geomecánico (incluirá las características geológicas y la Zonificación Geomecánica del entorno de la zona de trabajo).
- Calidad del macizo rocoso.

### b. Descripción de Calidad del Macizo Rocoso

Los rangos de RMR y el tipo de roca (diferenciado por colores) se clasificarán en 5 tipos con sus respectivas subdivisiones A y B. Ver figura N.º19.

TIPO DE ROCA	RMR BIENIAWSKI	CLASIFICACION DE LA ROCA	
II	II-A	71 - 80	BUENA "A"
	II-B	61 - 70	BUENA "B"
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"
IV	IV-A	31 - 40	MALA "A"
	IV-B	21 - 30	MALA "B"
V	V-A	0 - 20	MUY MALA

Figura N.º19: Tabla Geomecánica

Fuente: Área de Geomecánica de MARSА

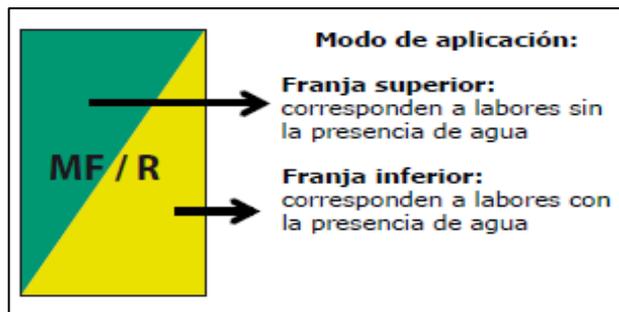


Figura N.º20: Factor influyente

Fuente: Área de Geomecánica de MARSА

### c. Metodología para la clasificación del Macizo Rocoso y Tipo de Sostenimiento

Se debe utilizar la Tabla Geomecánica según GSI (Índice de Resistencia Geológica).

### d. Factor Influyente

En la tabla Geomecánica, la clasificación de la calidad del macizo rocoso se presenta en dos franjas, las cuales se diferencian por la presencia de agua como factor influyente. Ver Figura N.º20.



- **Factor Metodología de Aplicación**

Determinar In-Situ los siguientes parámetros:

**Estructura**, con el flexómetro contar la cantidad de fracturas por metro cuadrado.

**Resistencia:** a un trozo de roca intacta (ubicada en el hastial o frente) realizar golpes con la punta de la picota de geólogo o barretilla y verificar la huella que deja el elemento.

En caso de no generar huellas:

- Golpear con el lado martillo de la picota y determinar en cuantos golpes se rompe.
- Golpear con la barretilla e identificar la generación de fracturas o astillamiento.

Establecidos los parámetros In-Situ, verificar la presencia del factor influyente y determinar la calidad del macizo rocoso y el tipo de sostenimiento a aplicar, dependiendo del uso y sección de la labor. Ver tabla N.º02 y figura N.º21.

Tabla 02:  
*Recomendación de sostenimiento por tipo de roca y terreno*

Tipo de roca	LABORES EXPLOTACIÓN
II-A	Sin sostenimiento
II-B	<b>Tajo convencional:</b> Puntales en línea de 18 cm a 23 cm de diámetro con Jack Pot de Ø 183 mm puntualmente. <b>Tajo mecanizado:</b> Perno de fricción de 1.5 m puntualmente
III-A	<b>Tajo convencional:</b> Puntales en línea de 18 cm. a 23 cm. de diámetro con Jack Pot de Ø 183 mm espaciados a 1.5 x 1.5 m. <b>Tajo mecanizado:</b> Perno de fricción de 1.5 m. espaciados de 1.0 a 1.2 m.
III-B	<b>Tajo convencional:</b> Puntales en línea de 18 a 23 cm. de diámetro con Jack Pot de Ø 183 mm. Espaciados de 1.2 a 1.4 m. tanto en el eje vertical como horizontal. <b>Tajo mecanizado:</b> Colocar perno de fricción de 1.5 m, espaciados a 1.0 a 1.2 m; más malla electro-soldada en corona.
IV-A	<b>Tajo convencional:</b> Cuadros de madera de 18 a 23 cm de diámetro espaciados de 1.4 a 1.6 m encribado a la corona y topes desde el hastial a la unión del poste, sombrero y tirante. Previa instalación de guardacabeza. <b>Tajo mecanizado:</b> Colocar pernos de fricción de 1.5 m, espaciados de 1.0 a 1.2 m. más malla electro-soldada, opcionalmente shotcrete de 5.00 cm de espesor.
IV-B	<b>Tajo convencional:</b> Colocar cuadros de madera de 18 a 23 cm. de diámetro, espaciados de 1.0 a 1.2 m encribado a la corona y topes desde el hastial a la unión del poste, sombrero y tirante. Previa instalación de guardacabeza. <b>Tajo mecanizado:</b> Cuadros de madera de 18 a 23 cm. de diámetro, espaciados de 1.4 a 1.6 m. con enrejado (según evaluación geomecánica), encribado a la corona y topes desde el hastial a la unión del poste, sombrero y tirante.
V	<b>Tajo convencional:</b> Colocar cuadros de madera de 18 a 23 cm. de diámetro, espaciado de 0.8 a 1.0 m. encribado a la corona y topes desde el hastial a la unión del poste, sombrero y tirante. Previa instalación de guardacabeza. <b>Tajo mecanizado:</b> Cuadros de madera de 18 a 23 cm. de diámetro, espaciado de 1.0 a 1.2 m. con enrejado (según evaluación geomecánica), encribado a la corona y topes desde el hastial a la unión del poste, sombrero y tirante. Previamente colocar marchavantes.

FUENTE: Área de Geomecánica de MARSA

<b>TABLA GEOMECANICA SEGUN GSI</b>			
<p>Los códigos de letra que describen la estructura del macizo rocoso son referencialmente la combinación entre la estructura y la condición superficial y/o resistencia de éstas,</p> <p>Para estimar la clasificación del GSI, primero se tiene que determinarse el número de fracturas por metro cuadrado en el punto de mapeo, luego se determina la condición superficial de las estructuras contadas (Resistencia)</p> <p>Con esta información se hace la interpolación en esta tabla, por ejemplo, si se cuenta 21 fracturas/metro cuadrado y la condición de estas estructuras deja una huella superficial y no existe filtración de agua; entonces, esta intersección clasificara al macizo rocoso como Intensamente Fracturada / Regular (IF/R) y el valor del RMR = 40 - 50 (color amarillo).</p>		CONDICIÓN SUPERFICIAL ( RESISTENCIA )	
E ESTRUCTURA		SE ROMPE CON 3 A MAS GOLPES DE PICO O TAO SE ASILLA CON LA BARRETELLA BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) (MB)	SE ROMPE CON 1 - 2 GOLPES DE PICO O SE FRACTURA CON LA BARRETELLA REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (B)
<p><b>LEVEMENTE FRACTURADA (LF)</b> (1 - 6 Fract./ metro cuadrado). Tres a menos familias de discontinuidades muy espaciadas entre si.</p>	RMR: 90		
<p><b>MOD. FRACTURADA (F)</b> (7 - 12 Fract./ metro cuadrado). No disturbada, bloques que se autosostienen entre si.</p>	80		
<p><b>MUY FRACTURADA (MF)</b> (13 - 20 Fract./metro cuadrado) Parcialmente disturbada, bloques que se autosostienen entre si.</p>	70		
<p><b>INT. FRACTURADA (IF)</b> (mas de 20 Fract./metro cuadrado) Plegamiento y/o fallamiento con muchas discontinuidades interceptadas formando bloques angulosos e irregulares.</p>	60		
<p><b>TRITURADA O BRECHADA (T)</b> Masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos fácilmente disgregables, angulosos y redondeados.</p>	50		
	40		
	30		
	20		
		HUELLA SUPERFICIAL CON PICO O TAO / BARRETELLA REGULAR (MODERADAMENTE RESISTENTE, MODERADAMENTE ALTERADA) (R)	HUELLA MAS DE 5mm CON PICO O TAO / BARRETELLA MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) (M)
		SE DESMORONA CON LA PICO O TAO / BARRETELLA MUY MALA (EXTREMADAMENTE ALTERADA) (MM)	

Figura N.º21: Tabla Geomecánica según GSI.

Fuente: Área de Geomecánica de MARS A



### 2.2.6.3 Perforación y Voladura de Frentes

#### a. Malla de Perforación y Carguío para Secciones de 4.0m x 4.0m y 4.0m x 4.50m

##### Diseño e Ingeniería

- Según la distribución de la malla de perforación los taladros deben ser llamados de acuerdo a los nombres mencionados en la figura 23.
- El diseño de malla de perforación en secciones de 4.0 m x 4.50, dependerá de la calidad del macizo rocoso.
- El diseño de malla de perforación en secciones de 4.0 m x 4.0 m, dependerá de la calidad del macizo rocoso, ver figuras 24, 24, 25, 26, 27, 28 y 29 al igual que la sobrerotura permitida:
  - Labores con RMR de 100-80: 5%
  - Labores con RMR de 80 a 60: 10%
  - Labores con RMR de 60 a 40: 15%
  - Labores con RMR de 40 a 35: 25%
  - Labores con RMR de 35 a 25: 30%
  - Labores con RMR <25: indeterminado.

##### OPERACIÓN

- Utilizar barras de 14' de longitud con brocas de 45 mm para la perforación.
- Pintar el perímetro y la malla de perforación, ver figura 22.
- Utilizar rimadora de 102 mm para la realización de los taladros de alivio, ver figuras 24, 24, 25, 26, 27, 28 y 29.
- La cantidad de cartuchos está en función a la calidad del macizo rocoso y ubicación de los taladros.
- Utilizar explosivos: Gelatina (Gelatina 75), Semi-Gelatina (Semexa 65) ambos de 1 1/8''x 8''y Pulverulenta (Exadit y/o Exablock) de 7/8''x 7''.
- Para la voladura controlada, en taladros de corona espaciar los cartuchos con tubos de PVC a 50 cm de longitud y utilizar cordón detonante, ver figura 24, 24, 25, 26, 27, 28 y 29.
- Cargado los taladros con explosivos tapar la boca del taladro con tacos de detritus de 30 cm de longitud.

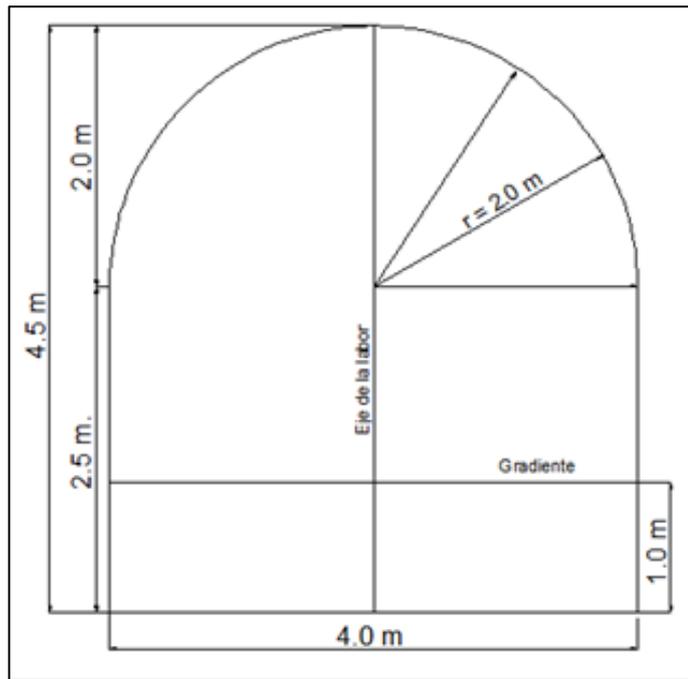


Figura N.º22: Marcado de la malla de perforación de sección 4.0 m x 4.5 m.

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

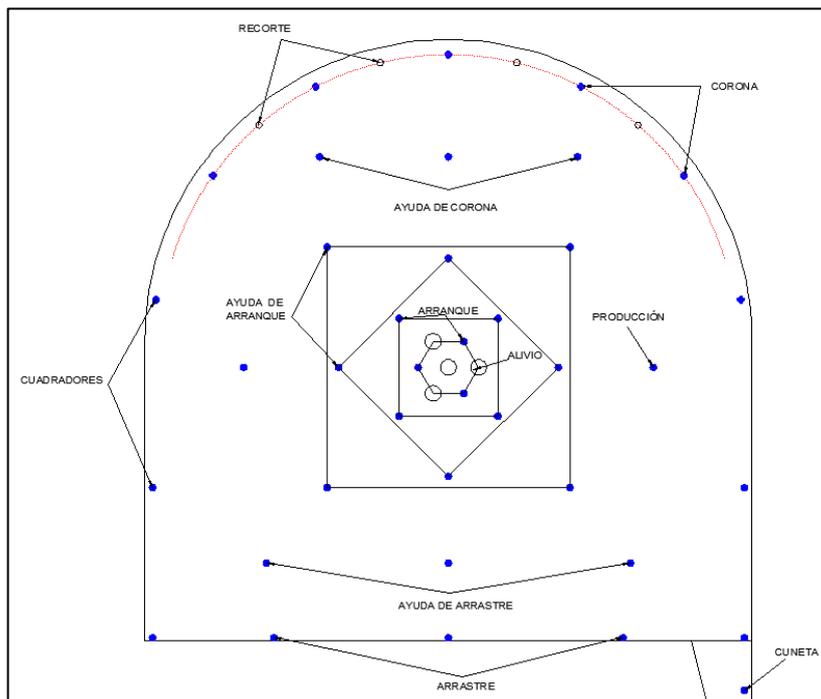


Figura N.º23: Marcado de la malla de perforación.

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

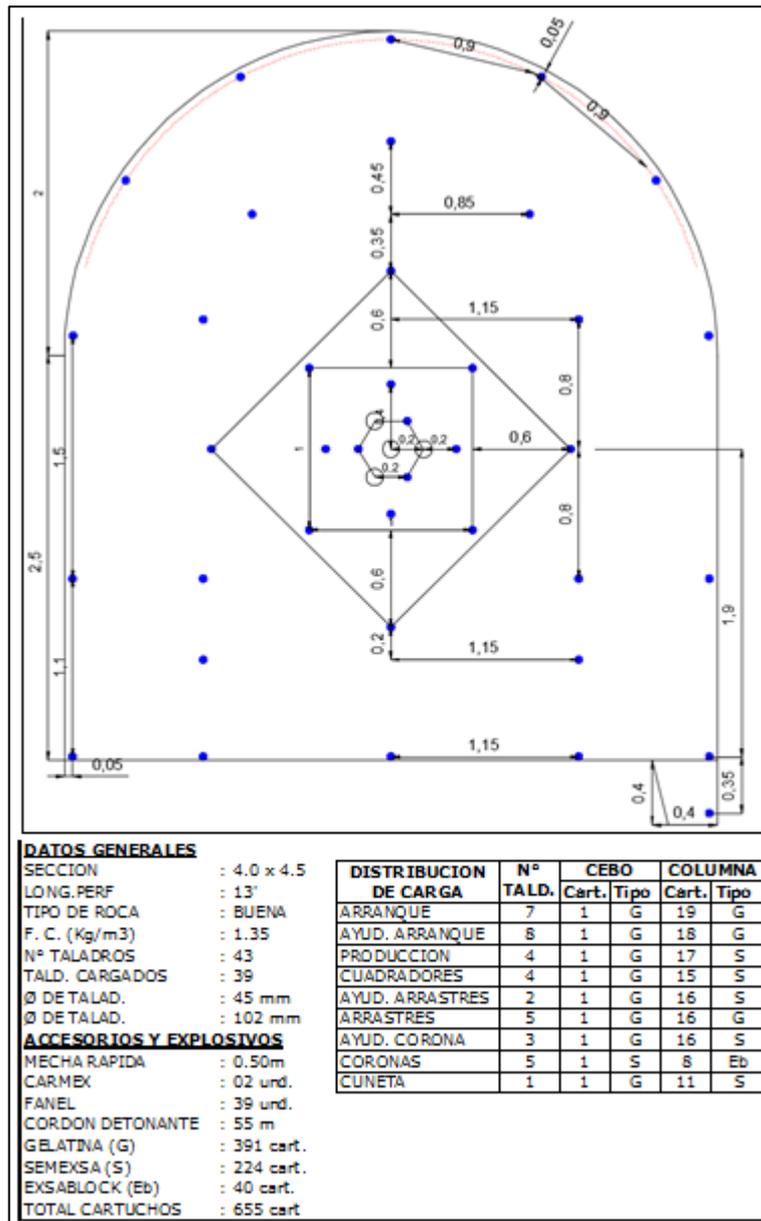


Figura N.º24: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.5 m. (RMR 100-60)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

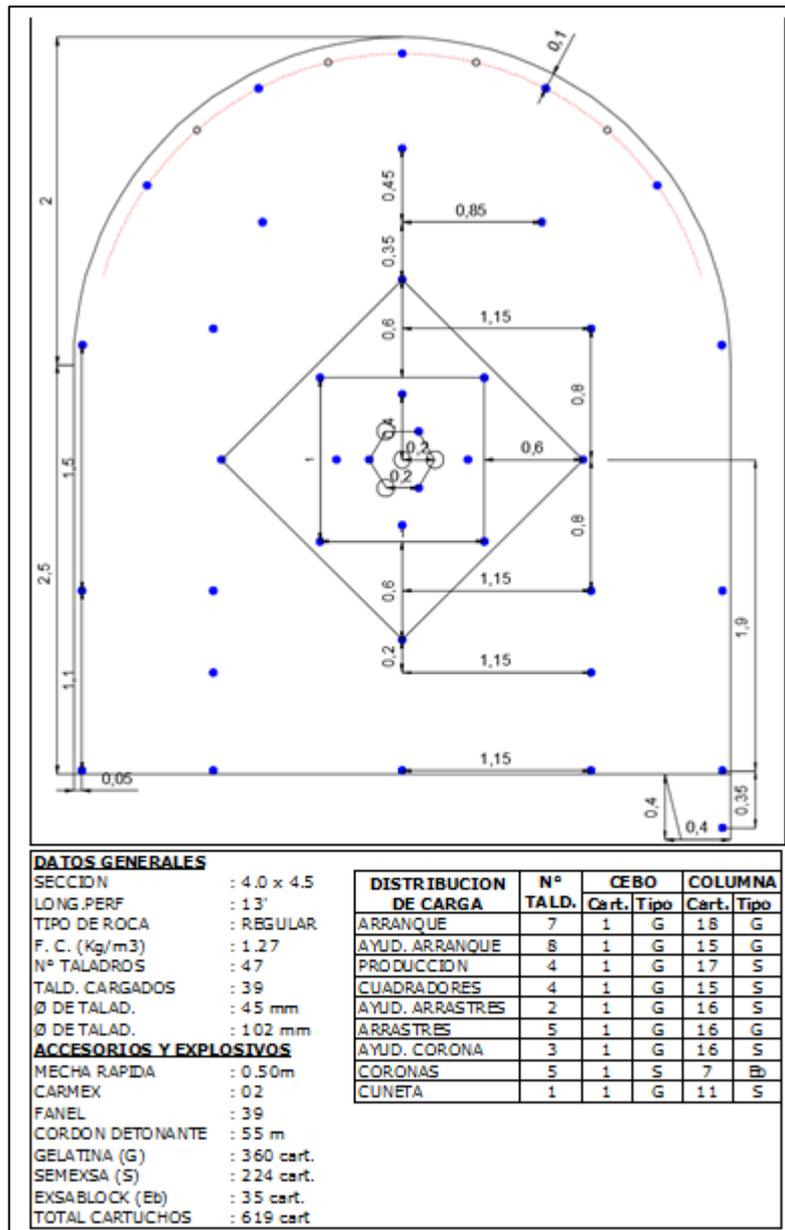


Figura N.º25: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.5 m (RMR 59-35)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

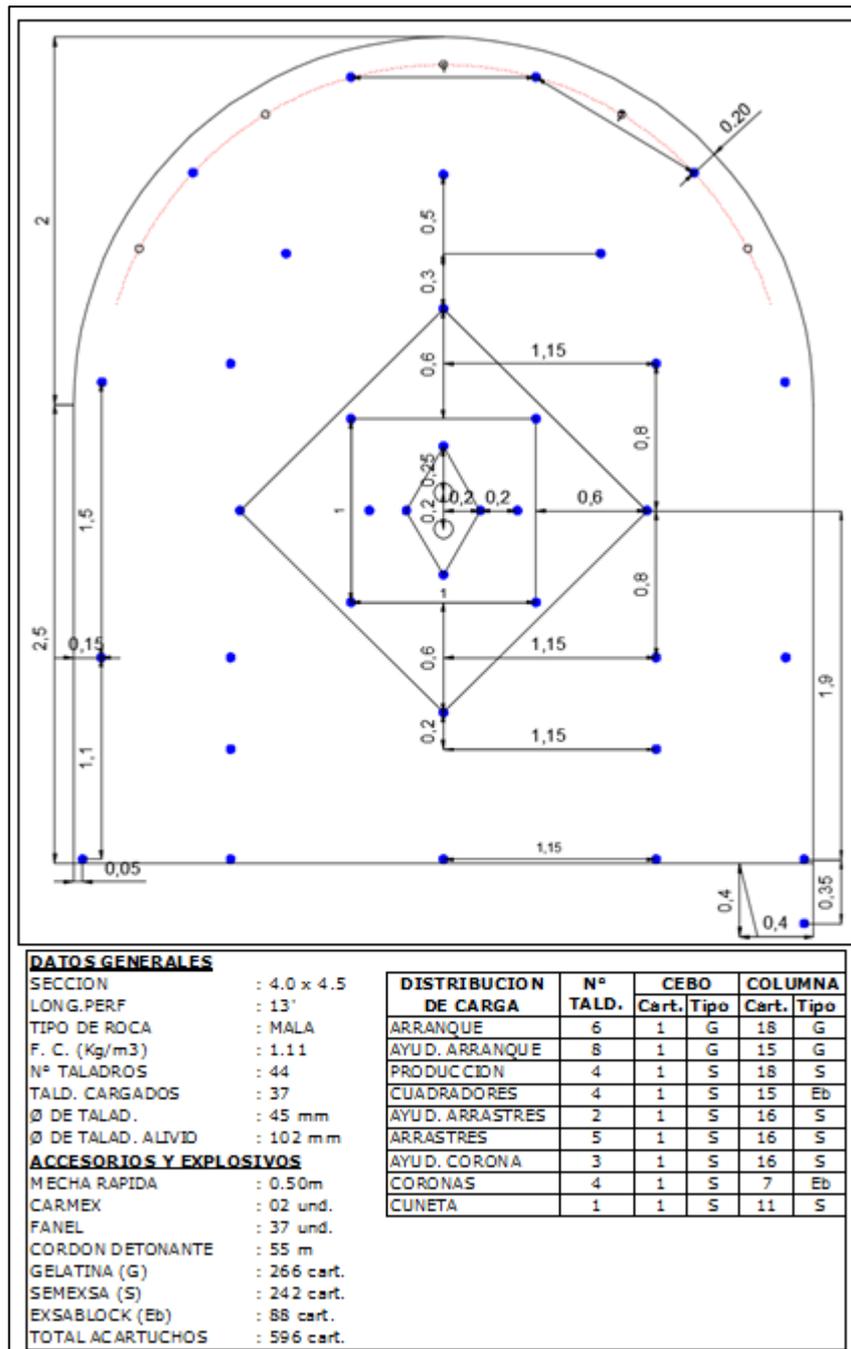


Figura N.º26: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.5 m (RMR 35-10)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSÁ

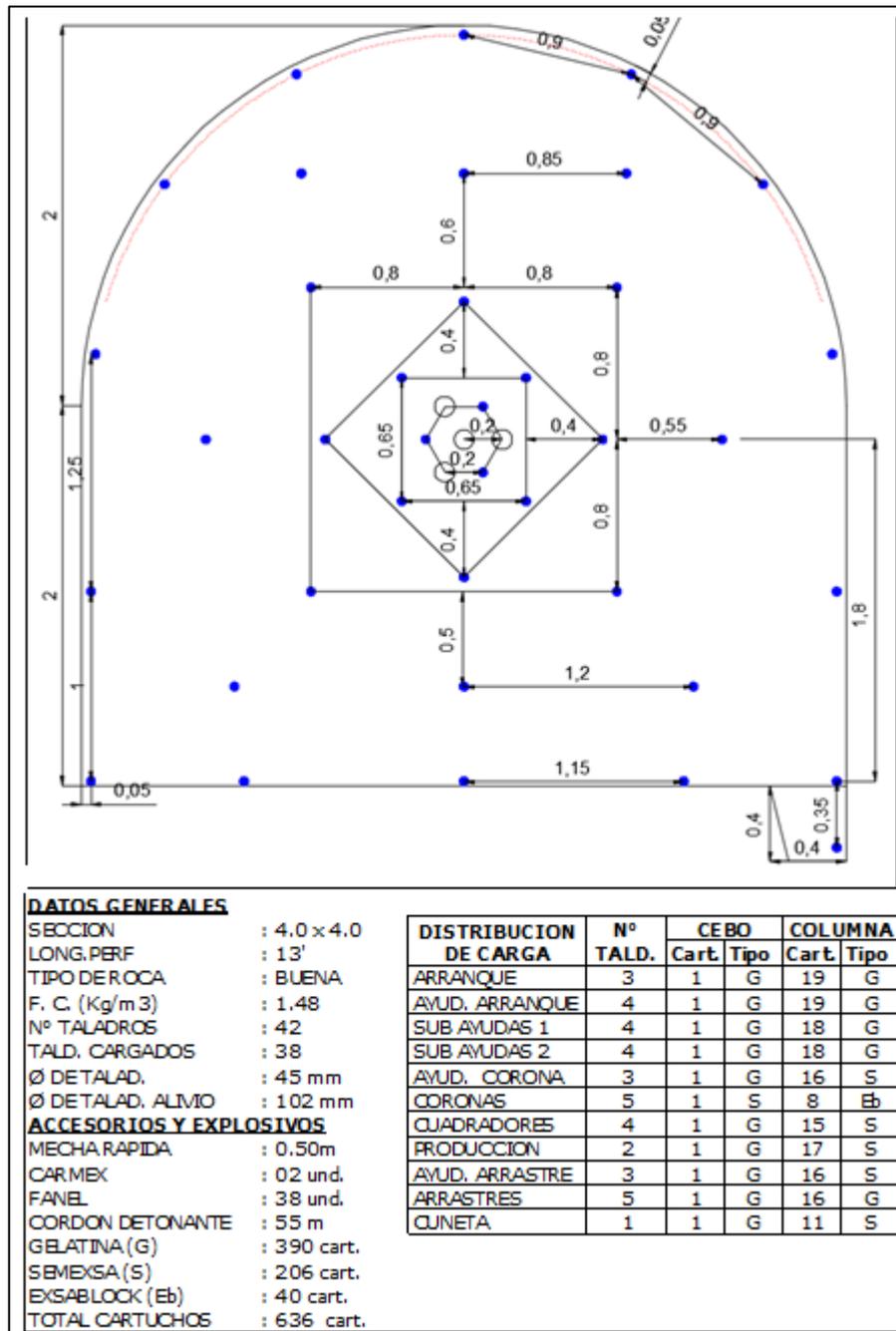


Figura N.º27: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.0 m (RMR 100-60)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSÁ



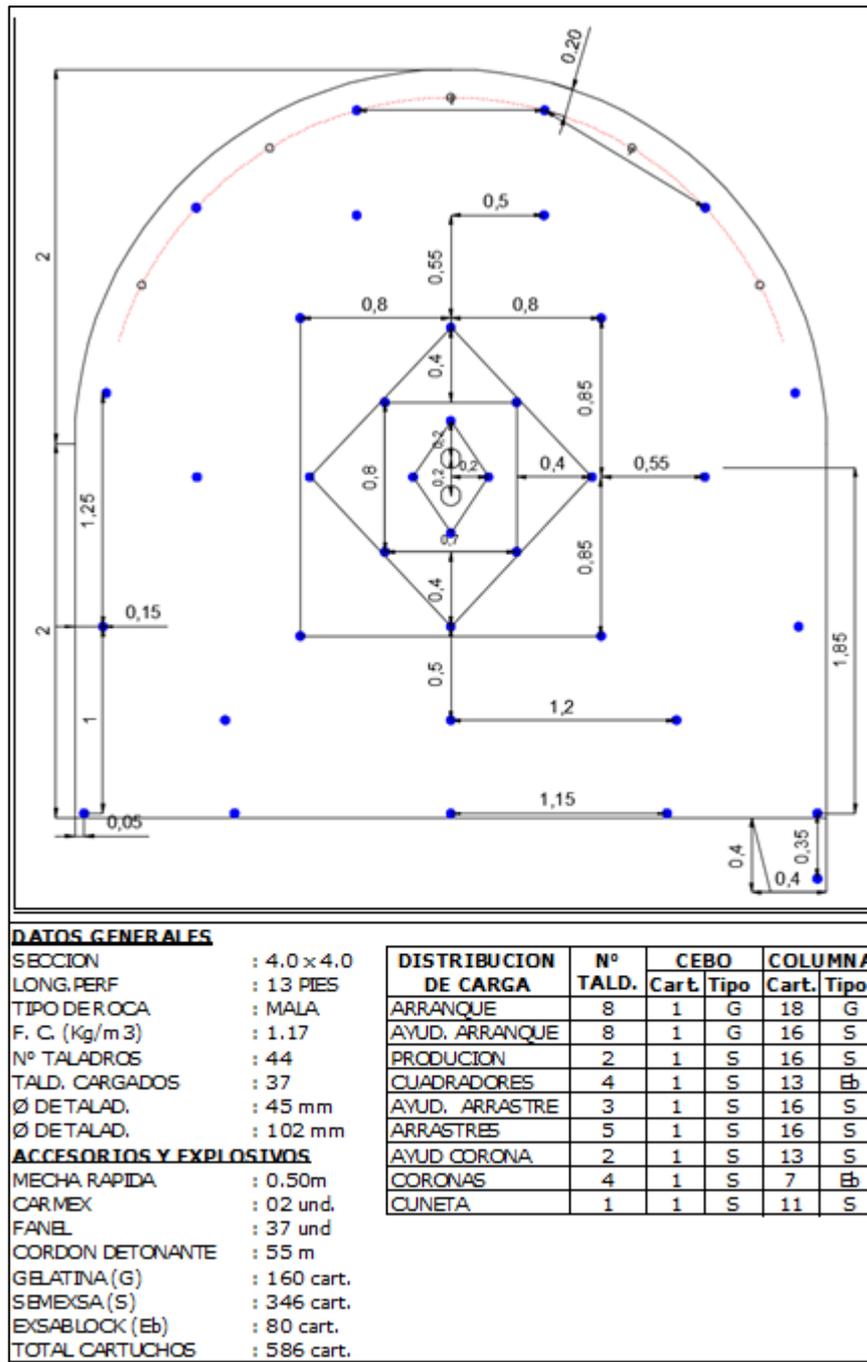


Figura N.º29: Malla de perforación de sección 4.0 m x 4.0 m (RMR 34-10)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSÁ

## b. Malla de Perforación y Carguío para Secciones de 3.0m x 3.0m

Diseño e Ingeniería

- Según la distribución de la malla de perforación los taladros deben ser llamados de acuerdo a los nombres mencionados en la figura 23.



- El diseño de malla de perforación en secciones de 3.0 m x 3.0 m, dependerá de la calidad del macizo rocoso.
- El diseño de malla de perforación en secciones de 3.0 m x 3.0 m, dependerá de la calidad del macizo rocoso, ver figura 31, 32 y 33 al igual que la sobrerotura permitida:
  - Labores con RMR de 100-80: 5%
  - Labores con RMR de 80 a 60: 10%
  - Labores con RMR de 60 a 40: 15%
  - Labores con RMR de 40 a 35: 25%
  - Labores con RMR de 35 a 25: 30%
  - Labores con RMR <25: indeterminado.

#### OPERACIÓN

- Utilizar barras de 12' de longitud con broca de 45 mm para la perforación, ver fig. 31, 32 y 33.
- Para los taladros de alivio, utilizar rimadora de 102 mm, Ver figura 31, 32 y 33.
- Pintar el perímetro y la malla de perforación según corresponda, ver figura 31, 32 y 33.
- La cantidad de cartuchos está en función a la calidad del macizo rocoso, longitud y ubicación de los taladros.
- Utilizar explosivos: Gelatina (Gelatina 75), Semi-Gelatina (Semexa 65) ambos de 1 1/8''x 8'' y Pulverulenta (Exadit y/o Exablock) de 7/8''x 7''.
- Para la voladura controlada, en taladros de corona espaciar los cartuchos con tubos de PVC a 50 cm de longitud y utilizar cordón detonante, ver figura 31, 32 y 33.
- Cargado los taladros con explosivos tapar la boca del taladro con tacos de detritus de 30 cm de longitud, ver figura 31, 32 y 33.

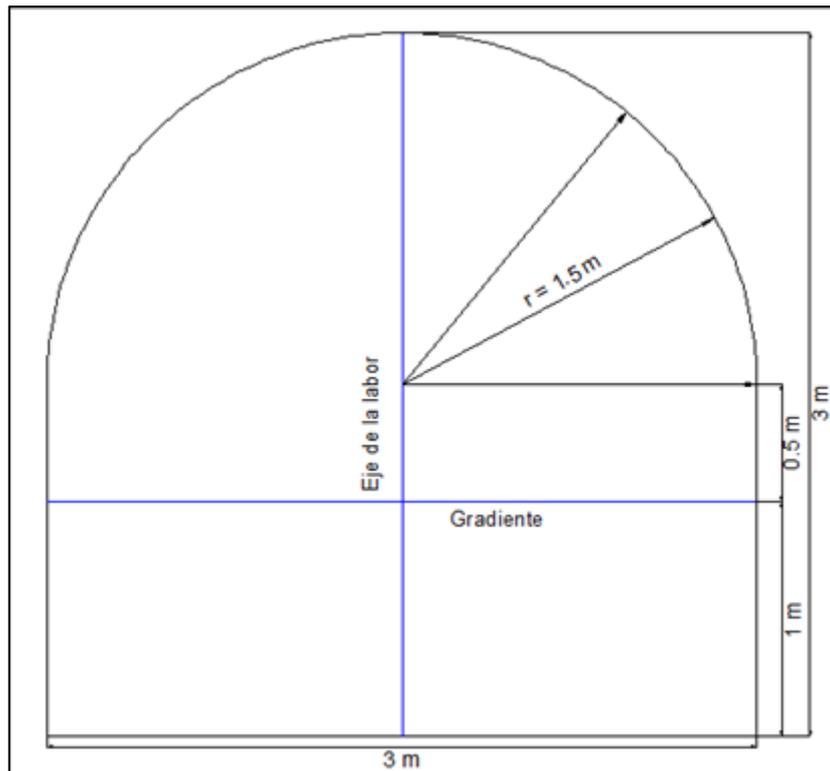


Figura N.º30: Marcado de la malla de perforación de sección 3.0 m x 3.0 m.

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

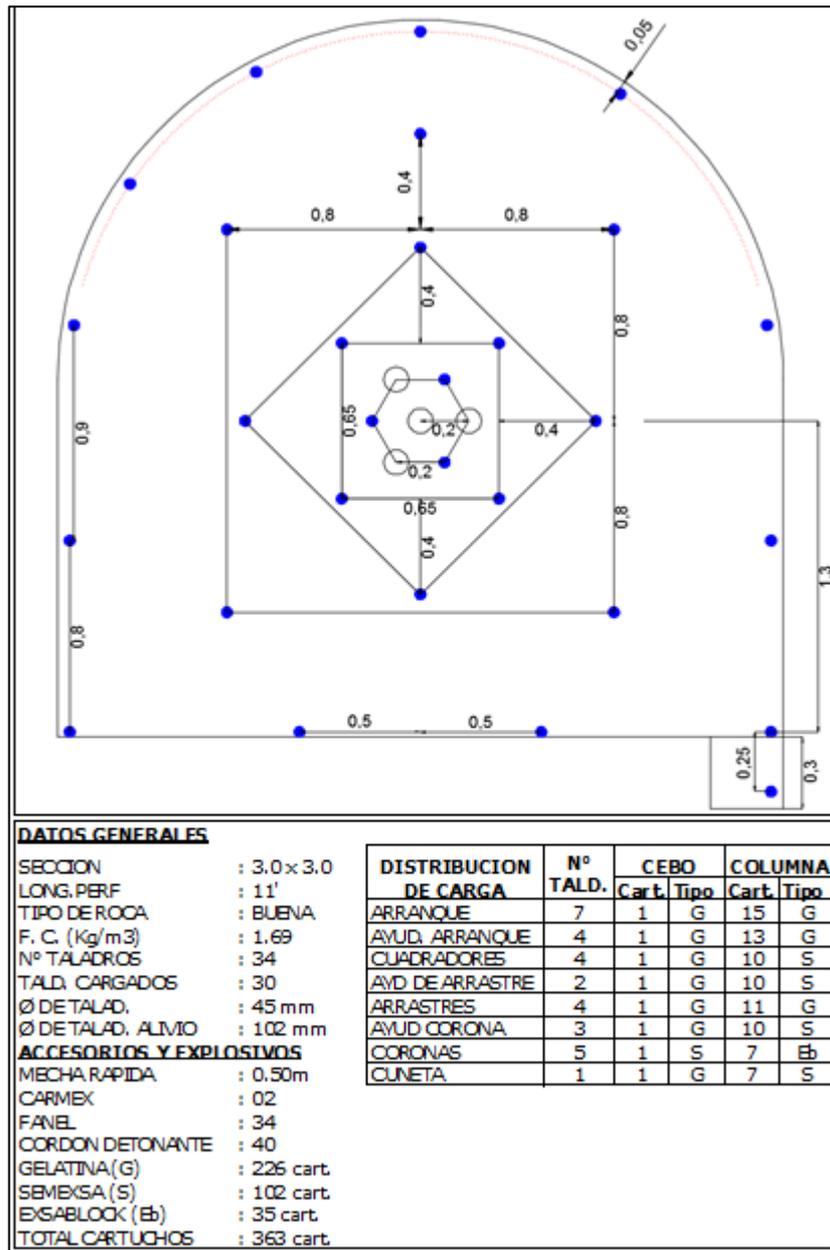


Figura N.º31: Malla de perforación de sección 3.0 m x 3.0 m (RMR 100-60)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

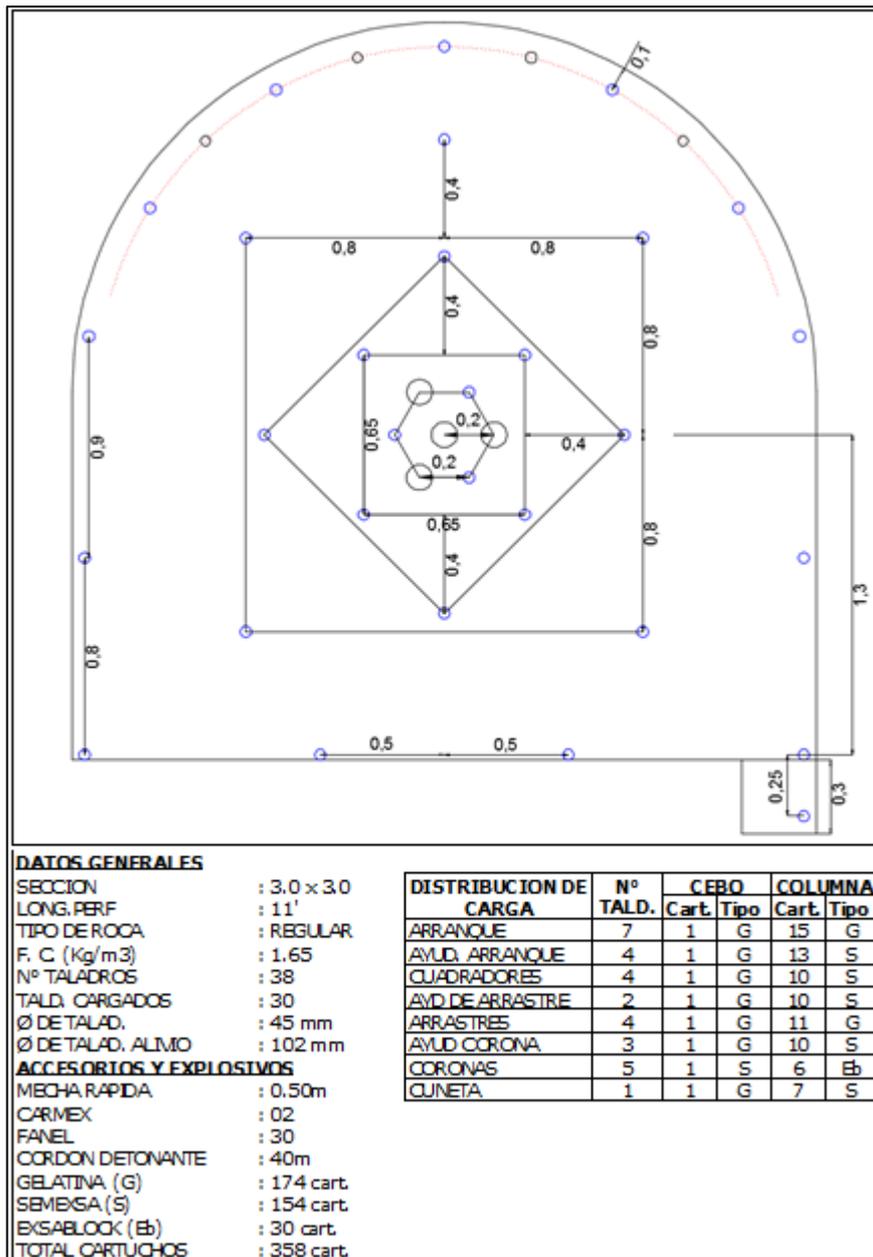


Figura N.º32: Malla de perforación de sección 3.0 m x 3.0 m (RMR 59-35)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

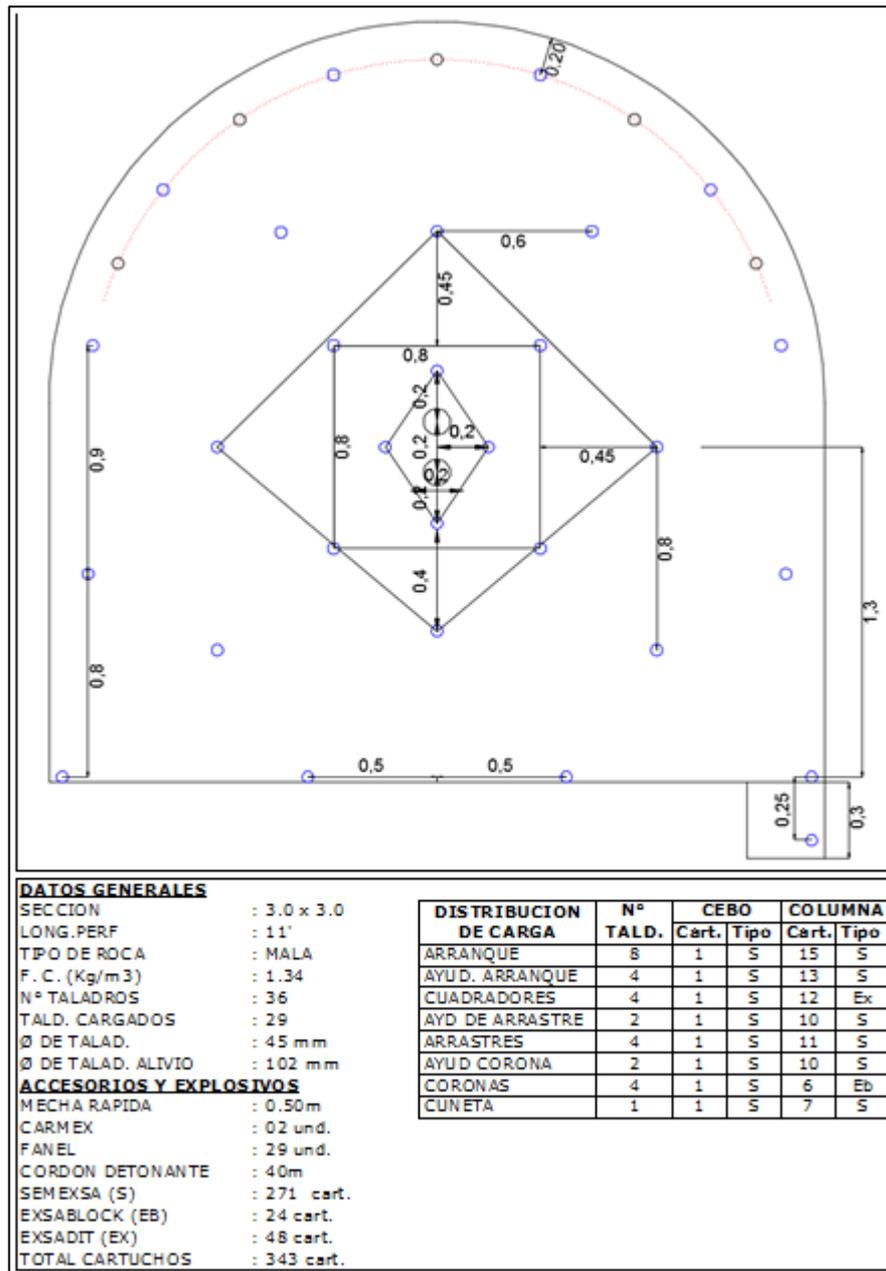


Figura N.º33: Malla de perforación de sección 3.0 m x 3.0 m. (RMR 34-10)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSÁ

### c. Malla de Perforación y Carguío para Secciones de 2.4 m x 2.7 m o 8' x 9'

Diseño e Ingeniería

- Según la distribución de la malla de perforación los taladros deben ser llamados de acuerdo a los nombres mencionados en la figura 23.
- El diseño de malla de perforación en secciones de 2.4 m x 2.7 m o 8' x 9', dependerá de la calidad del macizo rocoso.



- El diseño de malla de perforación en secciones de 2.4 m x 2.7 m o 8' x 9', dependerá de la calidad del macizo rocoso, ver figura 34, 35 y 36 al igual que la sobrerotura permitida:
  - Labores con RMR de 100-80: 5%
  - Labores con RMR de 80 a 60: 10%
  - Labores con RMR de 60 a 40: 15%
  - Labores con RMR de 40 a 35: 25%
  - Labores con RMR de 35 a 25: 30%
  - Labores con RMR <25: indeterminado.

### OPERACIÓN

- Utilizar barras de 12' de longitud con broca de 45 mm para la perforación, ver fig. 35, 36 y 37.
- Para los taladros de alivio, utilizar rimadora de 102 mm, Ver figura 35, 36 y 37.
- Pintar el perímetro y la malla de perforación según corresponda, ver figura 35, 36 y 37.
- La cantidad de cartuchos está en función a la calidad del macizo rocoso, longitud y ubicación de los taladros.
- Utilizar explosivos: Gelatina (Gelatina 75), Semi-Gelatina (Semexa 65) ambos de 1 1/8'' x 8'' y Pulverulenta (Exadit y/o Exablock) de 7/8'' x 7''.
- Para la voladura controlada, en taladros de corona espaciar los cartuchos con tubos de PVC a 50 cm de longitud y utilizar cordón detonante, ver figura 35, 36 y 37.
- Cargado los taladros con explosivos tapar la boca del taladro con tacos de detritus de 30 cm de longitud.

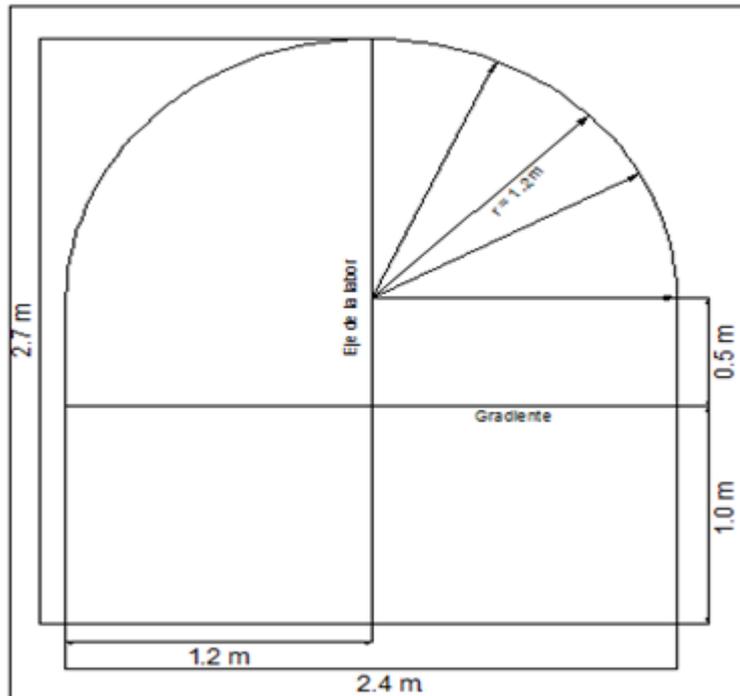


Figura N.º34: *Marcado de la malla de perforación de sección 2.4 m x 2.7 m o 8'x9'.*

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

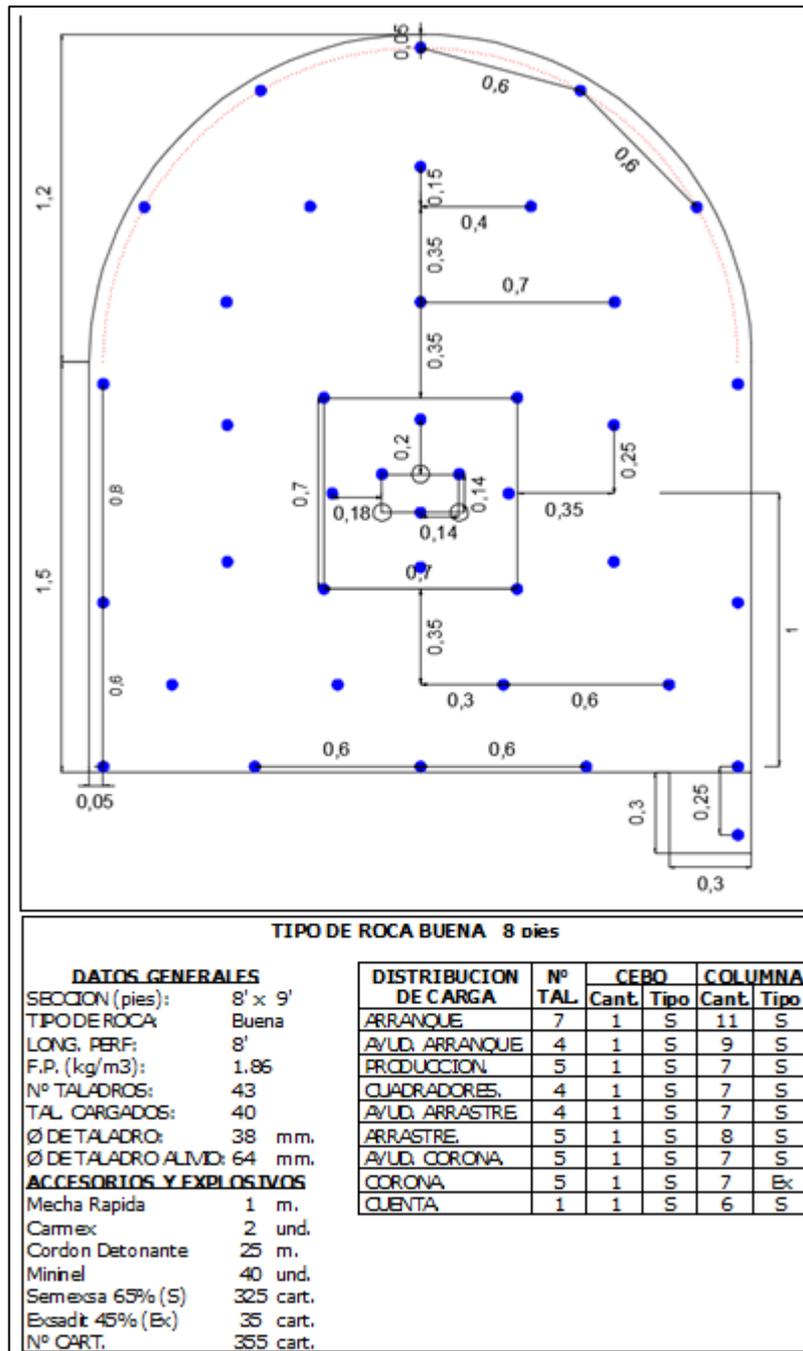


Figura N.º35: Malla de perforación de sección 2.4 m x 2.7 m. (RMR 100-60)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

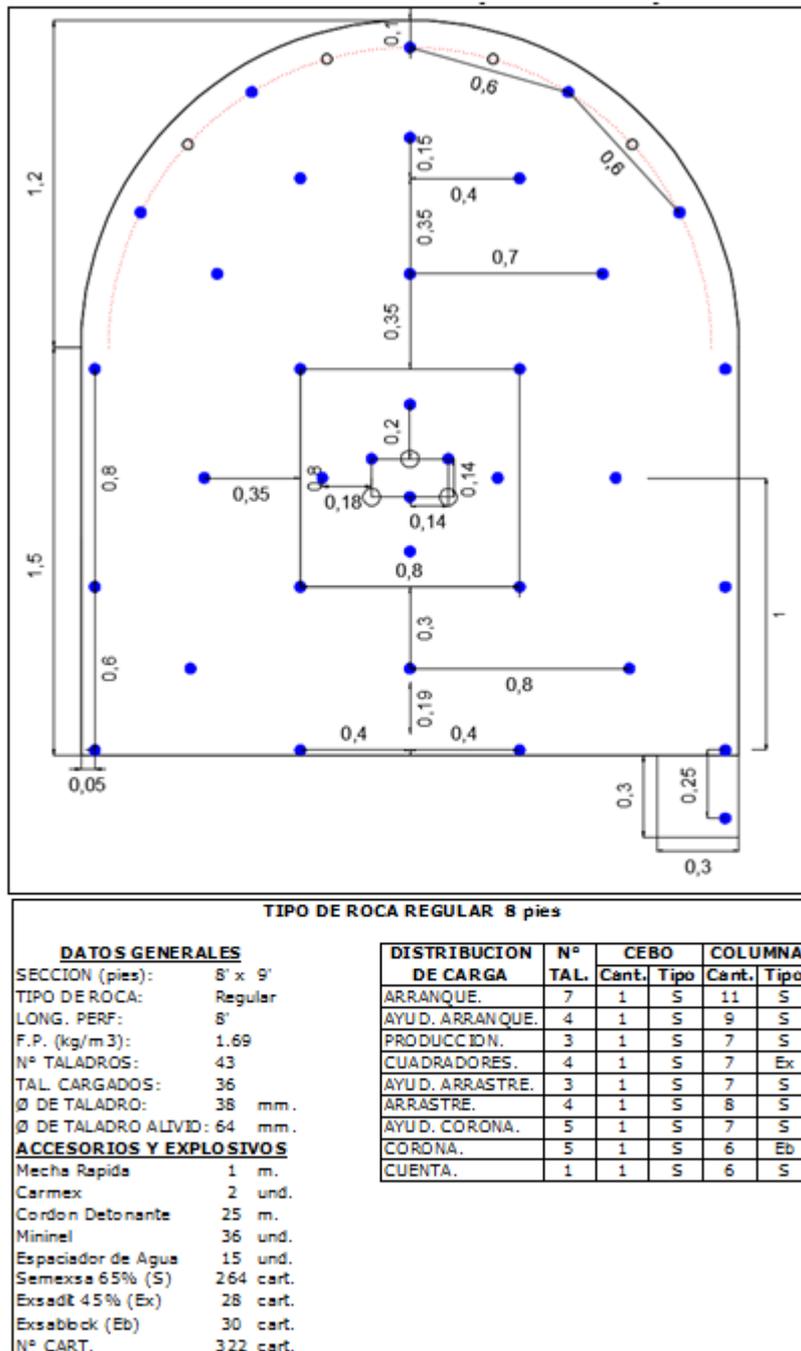


Figura N.º36: Malla de perforación de sección 2.4 m x 2.7 m (RMR 59-35)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

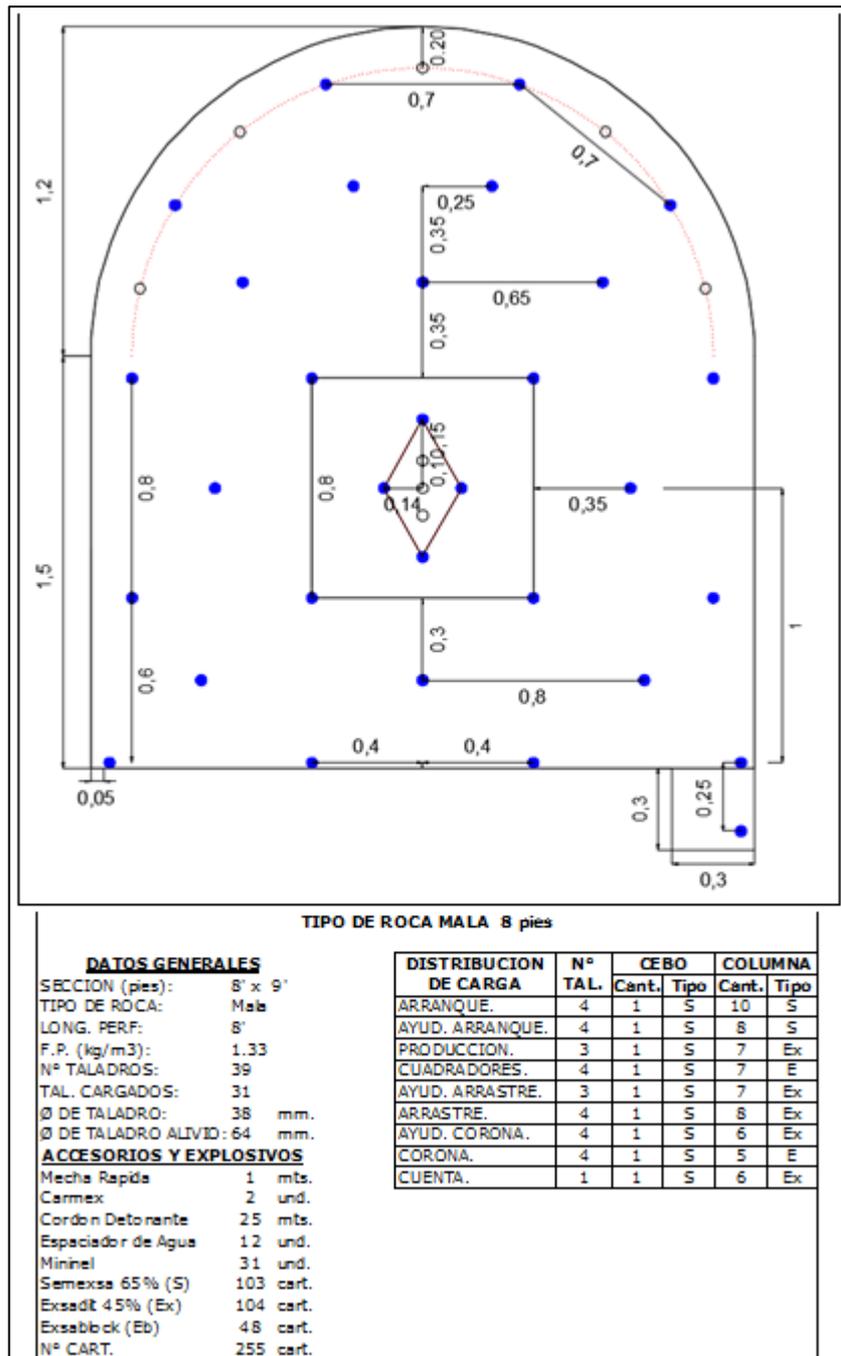


Figura N.º37: Malla de perforación de sección 2.4 m x 2.7 m (RMR 34-10)

Fuente: Área de Perforación y voladura de MARSA

## 2.2.7 Equipos de perforación

### 2.2.7.1 Jumbo Boomer S1D: Equipo de Perforación Frontal

El Boomer S1 D es un moderno equipo hidráulico de perforación frontal de un brazo adecuado para galerías y túneles pequeños con secciones de hasta 31 m<sup>2</sup>. Está equipado con un sistema de control directo (DCS) robusto y fiable. El Boomer S1 D tiene un brazo BUT 29 flexible y un martillo COP que optimizan la productividad.

#### a. Características y Ventajas del Jumbo Boomer S1D

- Sistema DCS con función antiatranque, para una mayor durabilidad de las barrenas de perforación.
- Un moderno chasis diseñado para facilitar el mantenimiento y mejorar el confort del operario.
- Motor diésel de bajas emisiones que combina un bajo impacto ambiental con un alto rendimiento.
- Robusto brazo BUT 29, para un posicionamiento directo, rápido y sencillo.
- Martillos COP 1638, COP 1838 o COP 2238 para diferentes condiciones del terreno. Todos están equipados con un doble sistema de amortiguación para lograr la máxima vida útil de los fungibles.



Figura N.º 38: *Equipo jumbo Boomer S1D*

Fuente: Catálogo de Atlas Copco (Atlas Copco, 2015). Rocket Boomer S1D en español.

### 2.2.7.2 Jumbo Boomer T1 D

Es un equipo de perforación frontal con plataforma de perforación frontal de minería y túneles controlada hidráulicamente con un BUT 4B boom. Disponible con una variedad de taladros de roca para adaptarse requerimientos del cliente.

#### a. Características Estándar del Jumbo Boomer T1 D



### **Perforadora**

- Perforadora de rocas COP 1638, COP 1838 o COP 2238 con sistema de doble amortiguación para una vida útil óptima de los consumibles.
- Carcasa presurizada y superficies de contacto para reducir la contaminación interna de la perforadora.

### **Pluma hidráulica**

- PERO 4B pluma resistente para un posicionamiento rápido y flexible entre agujeros

### **Alimentación hidráulica**

- Alimentación de aluminio de alta resistencia serie BMH 2000 con alto flexión y resistencia a la torsión para una máxima durabilidad
- Mangas a presión de acero inoxidable y contactos de polímero.

### **Sistema de control**

- Sistema de perforación controlado hidráulicamente que incorpora la función anti-jamming. Alimentación controlada por presión de rotación (RPCF).

### **Portador**

- Portador robusto y articulado con tracción en las cuatro ruedas.
- Alimentado por unos 4 cilindros, EPA III / COM III (Tier 3 / Stage IIIA) motor diésel aprobado
- Cuatro conectores para una configuración estable

### **General**

- Techo de protección telescópico aprobado por FOPS
- Carrete de cable
- Compresor accionado hidráulicamente.
- Bomba de refuerzo de agua accionada hidráulicamente
- Luces de trabajo

Área de cobertura hasta 23 m<sup>2</sup>.

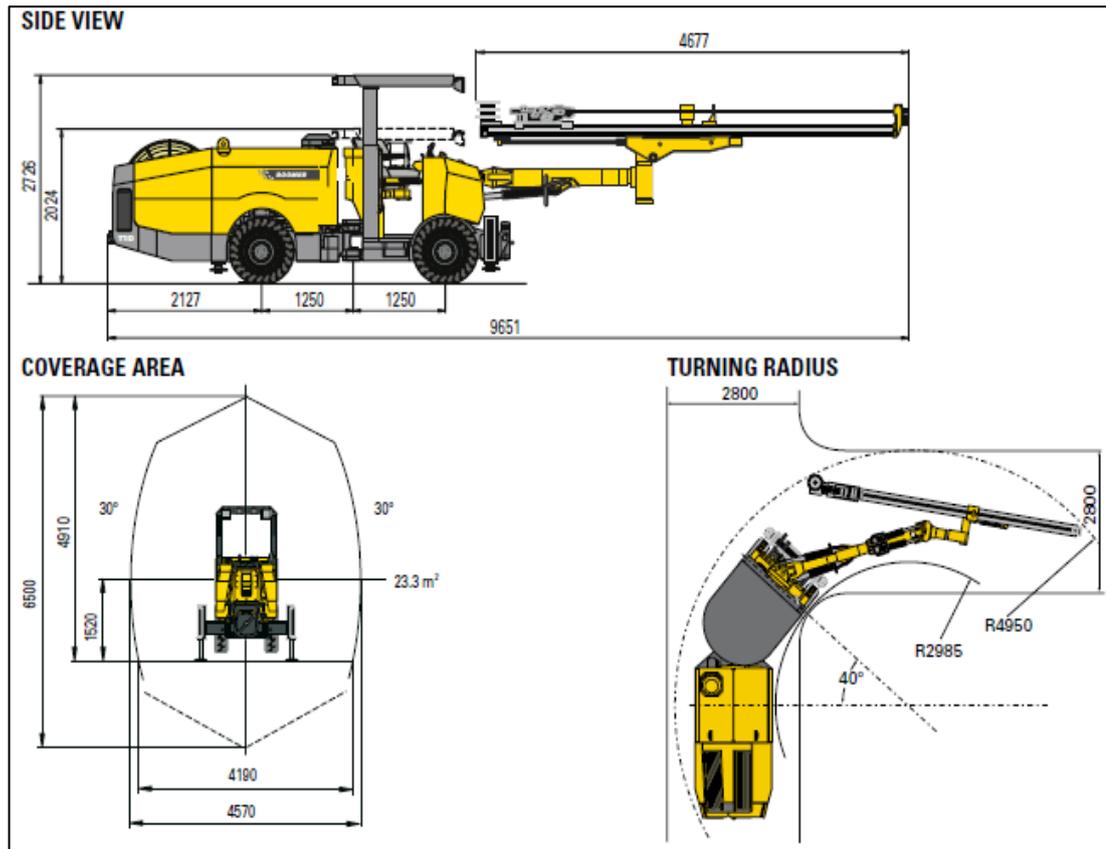


Figura N.º 39: Mediciones del Equipo Jumbo Boomer T1 D

Fuente: Catálogo de Atlas Copco. Technical Specifications - Atlas Copco Underground Jumbo Face Drilling Rig - T1D.

### 2.2.7.3 Costo horario de los equipos de perforación

A continuación, se muestra en la figura N.º 40 el costo horario de los equipos de perforación empleados en las actividades diarias en la U.M. San Andrés.

JUMBOS		ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	TOTAL 2018
J001 JUMBO ATLAS COPCO S1D (146.29 \$/hora)	Hr. Prog. Gdia	9.21	9.21	9.21	9.21	
	Horas Prog. Mes	561.81	506.55	561.81	543.39	2,173.56
	Horometro Final	2,553.90	2,646.60	2,767.20	2,835.10	
	Hr. Percusión	81.40	92.70	120.60	67.90	362.60
	Hr. Diesel	40.20	57.50	75.10	69.30	
	Hr. Eléctrico	126.90	134.40	127.10	108.10	
	H. Totales	167.10	191.90	202.20	177.40	738.60
	Hr. Paradas	70.00	72.00	72.00	59.00	273.00
	DM Prog.	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%
	DM Real	87.54%	85.79%	87.18%	89.14%	87.44%
Horas Mínimas: 100 horas (Eléctrico)	FU Prog.	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%
	FU Real	16.55%	21.33%	24.62%	14.02%	19.08%
J004 JUMBO ATLAS COPCO T1D (179.43 \$/hora)	Hr. Prog. Gdia		9.21	9.21	9.21	
	Horas Prog. Mes		506.55	561.81	543.39	1,611.75
	Horometro Final	3,617.70	3,668.40	3,719.81	3,804.20	
	Hr. Percusión		50.70	51.41	84.39	186.50
	Hr. Diesel		29.00	30.00	46.90	
	Hr. Eléctrico		90.00	100.00	110.00	
	H. Totales		119.00	130.00	156.90	405.90
	Hr. Paradas		70.00	80.00	80.00	230.00
	DM Prog.		85.00%	85.00%	85.00%	85.00%
	DM Real		86.18%	85.76%	85.28%	85.73%
Horas Mínimas: 100 horas (Eléctrico)	FU Prog.		20.00%	20.00%	20.00%	20.00%
	FU Real		11.61%	10.67%	18.21%	13.50%
JUMBOS	Hr. Programadas	561.81	1,013.10	1,123.62	1,086.78	3,785.31
	Hr. Percusión	81.4	143.4	172.0	152.3	549.1
	H. Totales	167.1	310.9	332.2	334.3	1,144.5
	Hr. Paradas	70.00	142.00	152.00	139.00	503.00
	DM Prog.	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%	85.00%
GESTIÓN DEL AREA DE MANTENIMIENTO	DM Real	87.54%	85.98%	86.47%	87.21%	86.71%
	FU Prog.	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%
GESTIÓN DEL AREA DE MINA	FU Real	16.55%	16.46%	17.70%	16.07%	16.73%

Figura N.º 40: Costo horario de los jumbos de perforación

Fuente: Área de mantenimiento – Minera Tauro S.A.C.

### 2.2.8 Definición de términos

**Costo Real:** Está constituido por el conjunto de gastos efectivamente incurridos por la empresa o unidad organizativa en determinado período de tiempo, asociados a la producción. Comprende los gastos ocasionados para garantizar la producción expresados en forma monetaria y que incluye fundamentalmente el valor de los objetos de trabajo insumidos, el trabajo vivo expresado como salario y los gastos relacionados con la depreciación de los activos fijos tangibles.



**Costos Predeterminados:** Los costos predeterminados son los que se calculan con anterioridad al inicio del proceso productivo tomando como base condiciones futuras específicas. Reflejan primordialmente lo que los costos "deben ser". Los costos predeterminados, en dependencia del grado de precisión que se logre en su cálculo se subdividen en Costos Estimados y Costos Estándar.

**Costos Unitarios o Precios Unitarios:** Son el resultado de dividir los costos totales de un determinado periodo entre el número de unidades producidas.

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.3.1 Geografía

#### 2.3.1.1 Ubicación

La U.M. San Andrés se halla situada en el anexo de Llacuabamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz y departamento de La Libertad; emplazada en las vertientes del flanco Oriental de la Cuenca hidrográfica del Marañón, en el sector Norte de la Cordillera Central.

Sus coordenadas geográficas son:

- Latitud Sur: 08°02'
- Longitud Oeste: 77°20'
- Altitud Promedio de la Mina: 3950 m.s.n.m.

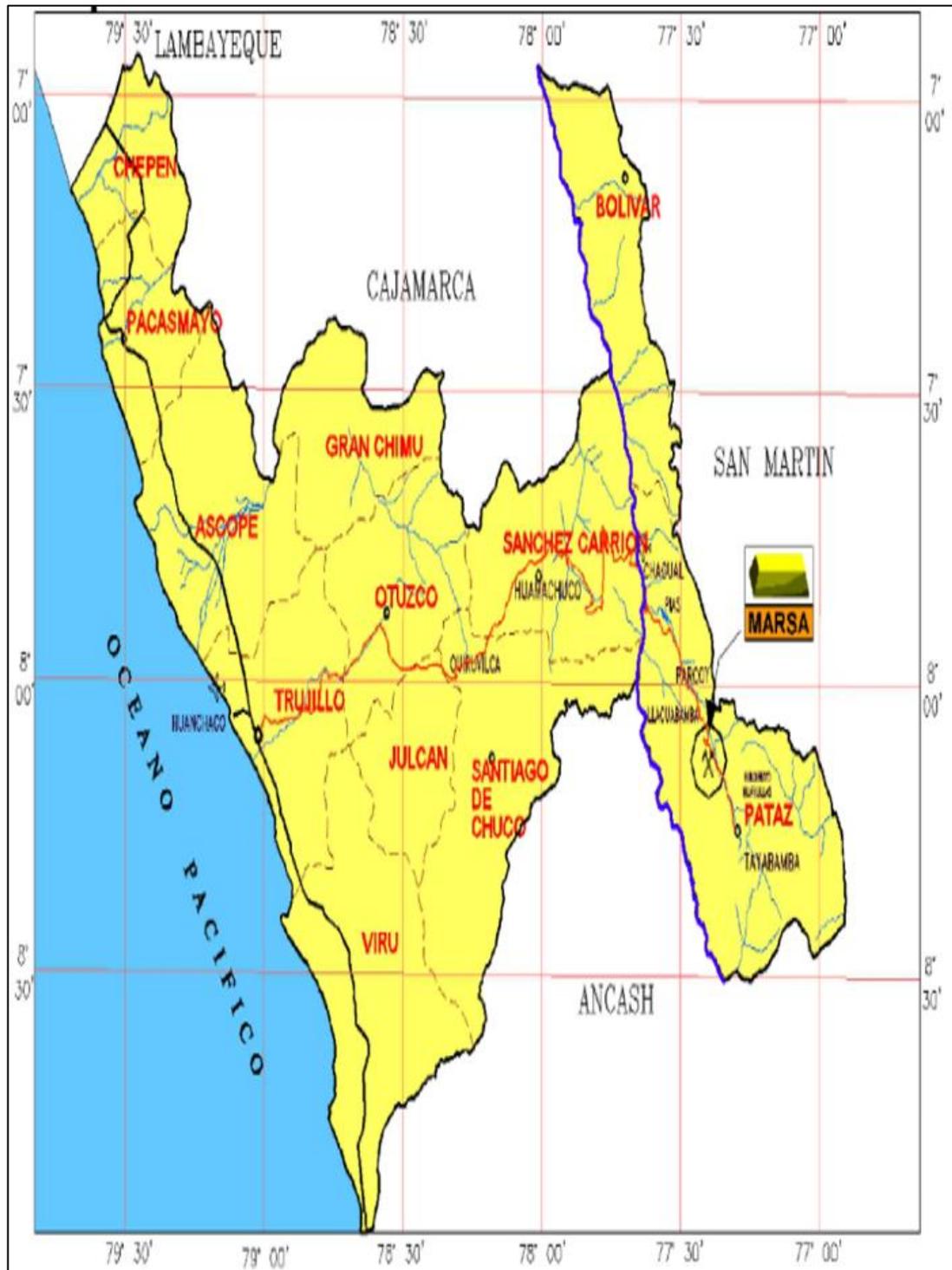


Figura N.º41: Ubicación de la U.M. San Andrés

Fuente: Área de Geología de MARSA

### 2.3.1.2 Acceso

Se puede realizar por carretera de la siguiente forma:

Lima-Trujillo	562 Km.	Asfaltado
Trujillo- Chirán	34 Km.	Asfaltado

Chirán-Chagual	307 Km.	Trocha carrozable
Chagual- Mina Gigante	70 km.	Trocha carrozable

Por vía aérea:

Lima- Chagual	Aprox. 1:30'	Vuelo Chárter
Trujillo-Chagual	Aprox. 0:45'	Vuelo Comercial
Trujillo-Chagual	Aprox. 0:45'	Vuelo Chárter/Comercial



Figura N.º42: Croquis de accesibilidad de Lima hacia la U.M. San Andrés

Fuente: Google Maps

### 2.3.1.3 Relieve

La topografía es accidentada, marcada por las quebradas Molinetes, Mano de Dios, Pomachay, San Vicente, Los Loros, Hinchus, etc.; la erosión glaciár y pluvial ha formado

valles y circos glaciares; el drenaje es dendrítico. Por la zona se tienen elevaciones hasta de 4,260 metros. (Cerro-Yurirca), con desniveles en cotas de hasta 400 m.

### 2.3.1.4 Clima

El clima es predominante frígido, típico de la región Puna o jalca; presenta dos variantes climatológicas marcadas: noviembre a abril con lluvias constantes y otra relativamente seca en el resto del año.

## 2.3.2 Geomecánica general

### 2.3.2.1 GEOMECÁNICA DE LAS PRINCIPALES LABORES MINERAS

- RP PATRICK 5 (XC 10173-NE (EST))

Se encuentra en roca granito, presencia de roca Intensamente Fracturada, con influencia de falla Los Loros Ramal Dos en forma paralela y falla Patrick-1 en forma perpendicular, según el mapeo Geomecánico de labores se obtuvo un RMR 35-40, catalogado con GSI como un macizo rocoso Intensamente Fracturado / Regular (IF/R).

R.C.U	R.Q.D	Espaciamiento	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subt.	Ajuste x Orient.	R.M.R. BASICO	R.M.R AJUSTADO	Fallas			
												R.	Fam.1	Fam.2	Fam.3
7	8	8	2	4	3	4	3	10	-12	47	37	Rumbo Excav.		NE	
PROGRESIVA		GSI		RMR	TIPO DE ROCA		OBSERVACIONES								
DE		A					Influenciado por sistema de fallas, LOS LOROS RAMAL-2 y P PATRICK-1								
A7 + 0.00		A8 + 10.00		IF/R	37						IV - A				

Figura N.º43: Interpretación Geomecánica de la RP Patrick 5

Fuente: Área de geomecánica MARSa, 2019.

- RP 9143-N (RP PATRICK 5)

Se encuentra en roca granito con tonalita, presencia de discontinuidades y fallamientos menores sub horizontales al avance, con influencia de falla LOS LOROS RAMAL UNO y falla NS-3, Según el mapeo Geomecánico de labores se obtuvo un RMR 35-40, catalogado con GSI como un macizo rocoso Intensamente Fracturado / Regular (IF/P).

R.C.U	R.Q.D	Espaciamiento	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subt.	Ajuste x Orient.	R.M.R.	Fallas				
											Fam.1	Fam.2	Fam.3	Falla	
											R.	X	X	X	X
											B.	X	X	X	X
4	8	8	4	4	3	2	3	10	-10	36	Rumbo Excav.			OESTE	
PROGRESIVA		GSI	RMR	CLASE	OBSERVACIONES										
DE	A														
A1+3.00	INTER+2.00	IF/P	36	MALA	Influencia por la falla los loros ramal 1 y falla NS-3.										

Figura N.º44: Interpretación geomecánica de la RP 9143-N

Fuente: Área de geomecánica MARSA, 2019.

- GAL 9121-SE (VTN 10398-1N (BP))

Se encuentra en roca granodiorita con influencias de la falla NW-3 en forma perpendicular al avance de la labor, acompañado por discontinuidades perpendiculares y sub horizontales, según el mapeo Geomecánico de labores se obtuvo un RMR 35-40, catalogado en un GSI como un macizo rocoso Intensamente Fracturado / Regular (IF/R).

R.C.U	R.Q.D	Espaciamiento	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subt.	Ajuste x Orient.	R.M.R. BASICO	R.M.R AJUSTADO	Fallas				
												Fam.1	Fam.2	Fam.3	Falla	
												R.				
												B.				
7	8	8	3	4	3	2	3	10	-10	48	38	Rumbo Excav.			SUR	
PROGRESIVA		GSI	RMR	TIPO DE ROCA	OBSERVACIONES											
DE	A															
M1 - 0.00	M1 - 12.00	IF/R	38	IV - A	Influenciado por sistema de falla, NW-3.											

Figura N.º45: Interpretación geomecánica de la GAL 9121-S

Fuente: Área de geomecánica MARSA, 2019.

- GAL 9110-S (EST CC 42 (RP))

Se encuentra en roca granodiorita con influencias de fallas Bruja 4 en forma perpendicular al avance de la labor acompañado por discontinuidades perpendiculares y

sub horizontales, según el mapeo Geomecánico de labores se obtuvo un RMR 35-40, catalogado en un GSI; como un macizo rocoso Intensamente Fracturado / Regular (IF/R).

R.C.U	R.Q.D	Espaciamiento	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subt.	Ajuste x Orient.	R.M.R. BASICO	R.M.R AJUSTADO	Fallas				
												R.	Fam.1	Fam.2	Fam.3	Falla
												B.				
7	8	7	2	4	3	2	3	10	-10	46	36	Rumbo Excav.		SE		
PROGRESIVA		GSI	RMR	TIPO DE ROCA	OBSERVACIONES											
DE	A				Influenciado por sistema de fallas, BRUJAS-4											
J7 + 4.00	J8 + 10.00	IF/R	36	IV - 4												

Figura N.º46: Interpretación geomecánica de la GAL 9110-S

Fuente: Área de geomecánica MARSA, 2019.

- BP 10252-NW (BP 10180-NE (EST 2))

Se encuentra en roca granito, presencia de roca intensamente fracturada, con influencia de la falla NW-3 de forma transversal que ha alterado al macizo rocoso, se tiene según el mapeo geomecánico de labor se obtuvo un RMR = 30, catalogado como GSI; Intensamente Fracturado / Pobre (IF/P).

R.C.U	R.Q.D	Espaciamiento	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subt.	Ajuste x Orient.	R.M.R. BASICO	R.M.R AJUSTADO	Fallas				
												R.	Fam.1	Fam.2	Fam.3	Falla
												B.				
4	8	8	1	4	3	1	1	10	-10	40	30	Rumbo Excav.		NW		
PROGRESIVA		GSI	RMR	TIPO DE ROCA	OBSERVACIONES											
DE	A				Influenciado por sistema de falla, NW-3.											
S2 + 2.00	S2 + 5.00	IF/P	30	IV - B												

Figura N.º47: Interpretación geomecánica de la BP 10252-NW

Fuente: Área de geomecánica MARSA, 2019.

- BP 10398-N (EST 1 (BP 10351N))

Se encuentra en roca granito, presencia de roca Intensamente Fracturada, con influencia de falla NW-3 de forma perpendicular al avance de la labor que altera al macizo

rocoso, se tiene según el mapeo geomecánico de labores aledañas un RMR 35-40, catalogado con GSI, Intensamente Fracturado / Regular (IF/R).

R.C.U	R.Q.D	Espaciamiento	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subt.	Ajuste x Orient.	R.M.R. BASICO	R.M.R AJUSTADO	Fam.			
												R.	Fam.1	Fam.2	Fam.3
4	8	8	2	4	3	4	3	10	-10	46	36	Rumbo Excav.			NW
PROGRESIVA		GSI	RMR	TIPO DE ROCA	OBSERVACIONES										
DE	A				Influenciado por la falla NW-3										
Y4+ 3.00	Y5+ 8.00	IF/R	39	IV - A											

Figura N.º48: Interpretación geomecánica de la BP 101398-N

Fuente: Área de geomecánica MARSA, 2019.

- XC 9108-N (XC 10457-S (RP P)

Se encuentra en roca granito con tonalita, con influencia de falla NS.3 y los Loros Ramal Uno en forma perpendicular al avance según el mapeo geomecánico de labor se obtuvo un RMR de 31-35 con GSI: IF/R y sub horizontales, según el mapeo Geomecánico de labores se obtuvo un RMR 35-40, catalogado en un GSI; como un macizo rocoso Intensamente Fracturado / Regular (IF/R).

R.C.U	R.Q.D	Espaciamiento	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subt.	Ajuste x Orient.	R.M.R.	Fam.				Falla
											R.	Fam.1	Fam.2	Fam.3	
7	8	8	2	2	1	3	2	10	-7	36	Rumbo Excav.			NORTE	
PROGRESIVA		GSI	RMR	TIPO DE ROCA	OBSERVACIONES										
DE	A				Influencia de las fallas Los Loros Ramal Uno y Falla NS-3										
Y4 + 8.00	Y3 + 9.00	IF/R	36	IV - A											

Figura N.º49: Interpretación geomecánica de la XC 9108-N

Fuente: Área de geomecánica MARSA, 2019.

- EST 9174 (GAL 10316-N)

Se encuentra en roca microdiorita, presencia de roca Intensamente Fracturada, con influencia de falla NW-3 y falla Los Loros de forma longitudinal al avance de la labor que altera al macizo rocoso, se tiene según el mapeo geomecánico de labores aledañas un RMR 35-40, catalogado con GSI, Intensamente Fracturado / Regular (IF/R).

R.C.U	R.Q.D	Espaciamiento	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subt.	Ajuste x Orient.	R.M.R. BASICO	R.M.R AJUSTADO	Fam.			
												R.	Fam.1	Fam.2	Fam.3
4	8	8	2	4	3	4	3	10	-10	46	36	Rumbo Excav.		Norte	
PROGRESIVA		GSI	RMR	TIPO DE ROCA	OBSERVACIONES										
DE	A				Influenciado por la falla NW-3 y fallas los loros										
INTER+ 0.00	INTER+ 5.00	IF/R	39	IV - A											

Figura N.º50: Interpretación geomecánica de la EST 9174-N

Fuente: Área de geomecánica MARSA, 2019.

- GAL 9121-NW (VTN 10398-1N (BP)

Se encuentra en roca granodiorita con influencias de la falla NW-2B en forma perpendicular al avance de la labor, acompañado por discontinuidades perpendiculares y sub horizontales, según el mapeo Geomecánico de labores se obtuvo un RMR 35-40, catalogado en un GSI como un macizo rocoso Intensamente Fracturado / Regular (IF/R).

R.C.U	R.Q.D	Espaciamiento	Persistencia	Apertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua Subt.	Ajuste x Orient.	R.M.R. BASICO	R.M.R AJUSTADO	Fam.			
												R.	Fam.1	Fam.2	Fam.3
7	8	8	3	4	3	2	3	10	-10	48	38	Rumbo Excav.		NW	
PROGRESIVA		GSI	RMR	TIPO DE ROCA	OBSERVACIONES										
DE	A				Influenciado por sistema de falla, NW-2B										
Y1 - 0.00	Y1 - 12.00	IF/R	38	IV - A											

Figura N.º51: Interpretación geomecánica de la GAL 9121-NW

Fuente: Área de geomecánica MARSA, 2019.



### 2.3.3 Geología general

La zona aurífera de Parcoy, Gigante y Buldibuyo (considerado como distrito minero), está ligada a una faja de rocas intrusitas conocida como “Batolito de Pataz”, que cortan a los esquistos, filitas, pizarras y rocas metavolcánicas del Complejo del Marañón.

El Batolito de Pataz se extiende aproximadamente 50 Km. Entre virus al Norte y Buldibuyo al Sur, con un ancho promedio de 2.5 Km., limitado por el E-NE con el Complejo del Marañón y volcánicas Lavasén, y por el WSW con las rocas sedimentarias paleozoicas del grupo Mitu. Al NW del batolito, afloran pequeños intrusitos de pórfido diorita-andesita, que intruyen a las rocas paleozoicas, de posible edad cretáceo superior.

En el distrito minero, las zonas de callamientos y fracturamientos pre existentes dentro del intrusito, han servido de canales de circulación de las soluciones mineralizadas hidrotermales, estas vetas han sido falladas y plegadas en más de dos eventos tectónicos; razón por la cual, se presentan muy irregulares en su comportamiento estructural y continuidad.

Los rellenos mineralógicos de las estructuras mineralizadas están constituidos por cuarzo lechoso, pirita, arsenopirita, marmatita-esfalerita, calcopirita, galena, pirrotita y oro en estado nativo y libre.

### 2.3.4 Geología local

La zona se halla mayormente cubierta por depósitos Cuaternarios; las rocas y estructuras mineralizadas se encuentran poco expuestas.

En la Mina El Gigante, debajo de la cubierta Cuaternaria se extiende el Intrusivo de Pataz, de naturaleza félsica a metafélsica; en este se hospedan las vetas auríferas.

Al NE, cerca del campamento San Andrés, floran rocas metamórficas del Complejo del Marañón, y al SW del Tambo, ocurrencias de arenisca limonitas – volcánicas (capas rojas), pertenecientes al grupo Mitu.



#### **2.3.4.1 Rocas Intrusivas**

El intrusito está constituido por 2 facies plutónicas: 1ra facie, microdiorita – diorita; 2da facie, granodiorita-granito. La primera facie son las rocas más favorables para la depositación de las soluciones mineralizantes; en ellas se emplazan el mayor número y las principales estructuras mineralizadas, las que actualmente se hallan en exploración y explotación; la segunda facie, son poco favorables para la formación de estructuras mineralizadas, encontrándose vetas delgadas, ramaleadas (stockwork) y discontinuas.

El intrusito de Pataz se extiende como una franja longitudinal de rumbo N 60°W y ancho promedio de 2.5 Km. El contacto NE con el Complejo del Marañón se caracteriza por una franja de enclaves de ancho variable, constituidos por fragmentos alargado de filitas-pizarras, metavolcánicos y microdiorita; mientras que el contacto SW está marcado por la falla Huinchus. Los contactos internos entre las diferentes facies de rocas intrusitas son gradacionales; algunas facies del intrusito poseen diques aplíticos que se presentan como xenolitos alargados. Al Batolito de Pataz se le asigna una Edad Paleozoica (Carbonífero). Existen pequeños intrusitos a manera de stocks y diques de pórfido tonalita – diorita que intruyen al Complejo del Marañón y al Batolito de Pataz.

#### **2.3.4.2 Rocas Metamórficas**

Representada por el Complejo del Marañón. Constituida por pizarras oscuras y filitas grisáceos, intercaladas con pequeñas capas de esquistos cloritizadas y metavolcánicas; se hallan expuestas en lado NE del Batolito de Pataz”, en las quebradas Ventanas, Mushmush, Molinetes, Los Loros y San Vicente; encontrándose plegadas, falladas y/o perturbadas por varios eventos de natamorfismo dinámico e ígneo; asociados a este callamiento aparecen ciertas estructuras auríferas de características similares y/o diferentes a las estructuras emplazadas en el intrusito. A las rocas del complejo del Marañón se le asigna una edad Precambriana.

#### **2.3.4.3 Rocas Sedimentarias**

Conformada por la secuencia sedimentaria del Paleozoico y mezoico que aflora al SW del “Batolito de Pataz”, desde Alaska por el Sur hasta Cachica por el Norte (correspondiente a nuestra zona de interés). Esta secuencia está constituida por la unidad volcano sedimentaria (areniscas, limonitas, microconglomerados a conglomerados, tobas



riolíticas y brechas – aglomerados de riolitas dacitas), pertenecientes al grupo Mitu (Pérmico) y calizas del grupo Pucará (Triásico – Jurásico).

#### **2.3.4.4 Depósitos Cuaternarios**

Los depósitos Cenozoicos, constituidos por suelos residuales, coluviales, fluvio-glaciares y aluviales, se extienden cubriendo gran parte del área con espesores que varían de 1 a 50 metros, formando un relieve abrupto con vegetación de Puna.

#### **2.3.5 Geología estructural**

Distritalmente los rasgos más saltantes que se observan son: callamientos, fracturamientos y plegamientos en rocas intrusitas, metamórficas y sedimentarias.

##### **2.3.5.1 Plegamiento**

De extensión regional, con ejes orientados de SE a NW; se presentan en las formaciones sedimentarias y metamórficas. La dirección probable de los esfuerzos de comprensión que originaron estos plegamientos ha sido de NE a SW y viceversa. Las estructuras mineralizadas reconocidas como Natasha, gigante Uno, Esperanza, Cachaco, Yanaracra Sur, etc., se presentan plegadas localmente, dificultando su exploración y explotación

##### **2.3.5.2 Fracturamiento**

Las rocas intrusitas del Batolito de Pataz y el Complejo del Marañón se hallan fuertemente fracturadas, debido a los múltiples eventos tectónicas; estos fracturamientos siguieron un patrón estructural derivadas de la dirección de los esfuerzos tectónicos; se presentan formando sistemas de fracturamientos locales, ya sea paralela al sistema de fallas longitudinales, diagonales o paralela a los esfuerzos de comprensión que a la vez originan microfallas. Las vetas comúnmente se presentan fracturadas y/o craqueteadas.

##### **2.3.5.3 Fallamiento**

La zona se halla muy perturbada por efectos de callamientos y plegamientos. Se han diferenciado tres sistemas principales de callamiento:



- **Sistema de Callamiento NW-SE (Longitudinales)**

Son fallas post minerales, de rumbo subparalelo-paralelo a las vetas, que originan ensanchamientos (cabalgamiento<sup>9</sup>, acuñamientos y discontinuidad local de las estructuras mineralizadas; muchos de éstos son de carácter normal- sinextral e inversa – destal, con rechazos desde centímetros a varios metros.

En las labores desarrolladas sobre las vetas Gigante Uno, Esperanza, Yanaracra Sur, cachaco, Mano de Dios, Yanaracra Uno, etc., se observan este tipo de fallas.

- **Sistema de Fallamiento NW-SW a N-S (Diagonales)**

De rumbo promedio Norte a Noroeste y buzamiento alto al Oeste, son fallas que se presentan muchas veces agrupadas en bloque (callamientos gravitacionales), otras veces como estructuras aisladas relativamente. Las vetas en general se hallan afectadas por este tipo de fallamiento ya sea normal, inverso, sinextral o destal, es el caso de las fallas Oeste Uno, Cabana cuatro, Cinco. La Española, Sistema Chilcas, etc.; desplazamiento normal – sinextral. Cuando las fallas son de bajo ángulo se presentan como sobre escurrimientos locales.

- **Sistema de Fallamiento Principal E-W o Fallas Mayores (Transversales)**

De rumbo promedio E-W y buzamiento alto al Norte o Sur, dentro de este sistema tenemos:

Falla Uno. E-1 falla veta Pumas Uno, Yanaracra Norte Uno, A-B, Cinco, Cabana, San Vicente, etc.; que desplazan hasta 100 m. en la vertical y 300 m. en la componente horizontal (sinextral) siendo el bloque Norte el que cae o hunde.

La Falla Uno es una estructura conocida por su extensión y persistencia; por las observaciones de campo se deduce que es de movimiento inicial inverso- sinextral.

Muchas de estas fallas son pre-minerales al sistema de vetas NW-SE, con reactivaciones post-minerales.

#### **2.3.5.4 Sistema de Vetas**

Existen 2 sistemas de vetas emplazadas en el Intrusito de Pataz, agrupadas dentro del sistema NW –SE (Esperanza, Yanaracra Sur, Gigante, Valeria, Cabana 3, Garfio, etc.) y sistema N-S (Yanaracra 1, Yanaracra 2, Cachaco- Las Torres, Cabana 2), este sistema viene a conformar estructuras tensionales del primero.

Las vetas del Sistema NW-SE tienen un rumbo  $N20^{\circ} - 50^{\circ}W$ , con buzamientos de  $10^{\circ}$  a  $40^{\circ}$  NE; la veta Garfio entre  $55^{\circ}$  y  $70^{\circ}NE$ . Las variaciones del rumbo y buzamientos son consecuencia de los esfuerzos tensionales y comprensionales que causaron plegamientos y callamientos. Hay corrientes que interpretan que las vetas emplazadas en el Batolito de Pataz son de Orión orogénico.

#### **2.3.6 Geología económica**

La mineralización se emplazó principalmente en rocas microdioritas, en menor porcentaje en granodioritas-granitos (Veta Cachaco), cuyos rasgos litológicos y tectónicos se derivan de los procesos de la metalogena de la Cordillera Central. Las soluciones mineralizantes circularon a través de fracturas preexistentes dentro del Batolito de Pataz, depositándose en las aberturas a manera de vetas. La reacción con las rocas encajonantes provocaron alteraciones hidrotermales causadas por los cambios físicos y químicos que imperaron en el ambiente deposicional.

##### **2.3.6.1 Geometría del Yacimiento**

El depósito de Gigante es filoniano- cizalla; formado por relleno de fracturas, por acción de las soluciones mineralizantes hidrotermales, epignético, de carácter primario, origen hipógeno, con temperaturas de formación de facies mesotermal a epitermal. Las estructuras mineralizadas presentan lazos cimoides múltiples- compuestos y curvas cimoidales. Estructuralmente la mineralización económica se presenta en forma de ore shorts alongados, de magnitudes diferentes.

La génesis del yacimiento se puede relacionar al carácter magmatogénico de las soluciones hidrotermales mineralizantes, que han originado las asociaciones



mineralógicas de tipo mesotermal – epitermal. Hay corrientes que interpretan que las vetas emplazadas en el batolito de Pataz son de origen orogénico.

#### 2.3.6.2 Controles de Mineralización

En base a la cartografía geológica superficial y subterránea, y sus respectivas interpretaciones se determinaron los siguientes controles.

- **Control Estructural.** - Las estructuras en general, como las fallas y fracturas, son un control importante, que a lo largo de ellas circularon y/o se depositaron las soluciones de mineral, en muchos casos actúan como entrapamientos de las soluciones mineralizantes, formando los clavos mineralizados.
- **Control Litológico.** - Las rocas microdioritas-dioritas son favorables para la formación estructuras mineralizadas; las rocas granodioritas-granitos son poco favorables para la formación de estructuras mineralizadas.
- **Control Mineralógico.** - El cuarzo lechoso es el mineral principal como guía para las exploraciones; ligadas al cuarzo se presentan pirita y arsenopirita. Muchas veces, la presencia de galena y escalerita-marmatita es un indicativo de que se incrementen las leyes de oro, siempre que se presenten asociados a la pirita.

#### 2.3.6.3 Alteraciones de Cajas

Las alteraciones hidrotermales más importantes asociadas a la ocurrencia del oro son: silicificación, sercitización y cloritización, ésta última asociada al oro libre. El grado y ancho de alteración algunas veces guarda cierta relación con la potencia de las estructuras mineralizadas y decrece a medida que se aleja del relleno mineralizado.

#### 2.3.6.4 Mineralogía

El yacimiento minero “El Gigante”, está constituido por una variedad de minerales agrupados en “mena” y “ganga”, que se presentan dentro las estructuras mineralizadas en forma de lentes, parches, venas e hilos.



- **Minerales de mena.** - El principal mineral de mena es la **pirita aurífera**, que se presenta acompañada de arsenopirita, galena, marmatita- esfalerita, en proporciones menores; también consideramos el cuarzo sacaroide como mineral de mena por hospedar oro libre.
- **Minerales de ganga.** - Acompañado al mineral de mena se presentan otros minerales en proporciones variables, ya sean metálicos o no metálicos, constituyendo éstos los minerales de ganga e impurezas, porque no son económicamente beneficiables. Estos minerales son: cuarzo lechoso (primer estadio), calcita, caolín, chalcopirita, etc.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio de investigación es de enfoque cuantitativo y aplicado.

#### 3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación es de tipo descriptivo, aplicativo. Es descriptivo porque se busca medir y/o evaluar diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar, vale decir que seleccionaremos una serie de indicadores y mediremos cada una de ellas independientemente para así describir lo que se investiga; Es Aplicativo porque se trata de una investigación centrada en encontrar mecanismos o estrategias de control de consumo de aceros de perforación que permitan lograr un objetivo concreto apoyado en la investigación documental, base de datos y muestreos de primera y segunda línea.

#### 3.3 METODOLOGÍA

**Objetivo a:** Determinar la adecuada estrategia y/o estrategias de control para la fase de distribución de los aceros de perforación comparando los consumos nominales vs los consumos ejecutados de las brocas de botón de 45 mm – R32 y rimadoras de 102 mm para minimizar costos de perforación en la Empresa Minera Tauro S.A.C. en la U.M. San Andrés.

Para determinar la adecuada estrategia de control en la fase de distribución, primero, se ha analizado las solicitudes y entregas de aceros de logística Tauro a logística MARSÁ, luego, de logística Tauro a los responsables de los aceros en interior mina. Y posteriormente se ha determinado los formatos de control y el cálculo del consumo en base a un consumo nominal proyectado.

**Objetivo b:** Determinar la adecuada estrategia y/o estrategias de control para la fase de utilización de los aceros de perforación comparando los costos de perforación en la programación del consumo proyectado de brocas de 45 mm – R32 y rimadoras de 102 mm vs el consumo ejecutado de brocas de 45 mm – R32 rimadoras de 102 mm, tiempos de perforación, técnicas de perforación, rendimiento brocas/pies perforados, velocidad de



rotación, presión hidráulica con el fin de optimizar la vida útil de los aceros y poder minimizar los costos de perforación.

Para determinar la adecuada estrategia de control en la fase de utilización se analizaron las técnicas de perforación, estándares de perforación mina, tiempos de perforación, rendimiento de las brocas/pies perforados, presiones de la energía hidráulica, tipo de terreno donde se va ejecutar la perforación y la cantidad de brocas de a emplear por frente de perforación.

**Objetivo c:** Determinar la adecuada estrategia y/o estrategias de control para la fase de mantenimiento de aceros de perforación, en la cual se compara la vida útil nominal proyectada vs la vida útil ejecutada para decidir a qué tiempo es necesario dar el soporte a los aceros de perforación, rendimiento de los aceros/pies perforado con el fin de optimizar la vida útil de los aceros y poder minimizar los costos de perforación.

Para determinar la estrategia adecuada de control en la fase de mantenimiento se finalizaron los tiempos idóneos de afilado de aceros, técnicas de afilado de brocas, comparaciones de las vidas útiles nominales vs las vidas útiles reales.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1 Población**

##### **3.3.1.1 Población para la fase de distribución de aceros de perforación**

Se considera a la población la totalidad de brocas de botones de 45 mm –R32 y las rimadoras de 102 mm solicitadas y recepcionadas en logística de la empresa minera Tauro S.A.C. Titular MARSÁ desde agosto de 2018 a octubre de 2019.

##### **3.3.1.2 Población para la fase de utilización de aceros de perforación**

Se considera a la población la totalidad de los aceros de perforación empleados, brocas de 45 mm - R32 y rimadoras de 102 mm, en la operación minera de perforación de labores de avance de la empresa minera Tauro S.A.C. desde agosto de 2018 a octubre de 2019.

##### **3.3.1.3 Población para la fase de mantenimiento de aceros de perforación**

Se considera a la población la totalidad de aceros de perforación, brocas de 45 mm - R32 y rimadoras de 102 mm, las cuales fueron puestas en mantenimiento como parte de



su control de optimización de vida de útil en la empresa minera Tauro S.A.C. desde agosto de 2018 a octubre de 2019.

### **3.3.2 Muestras**

Se tomará las muestras representativas de los aceros de perforación empleados, brocas de 45 mm - R32 y rimadoras de 102 mm, en la operación minera en las diferentes áreas, condiciones de terreno, guardias y personal a cargo.

#### **3.3.2.1 Muestras en las fases de distribución**

Se consideró como muestras a ocho brocas de botones de 45mm -R32 y dos rimadoras de 102 mm, distribuidas entre dos juegos, un juego para cada jumbo, que fueron solicitadas al área de logística para ser empleadas en los avances de minado.

#### **3.3.2.1 Muestras en las fases de utilización**

Se consideró como muestras a ocho brocas de botones de 45mm -R32 y dos rimadoras de 102 mm, distribuidas entre dos juegos, un juego para cada jumbo, que fueron solicitadas al área de logística para ser empleadas en los avances programados del mes como son las siguientes labores:

- BP 10252-NW (BP 10180-NE)
- BP 10398-N (EST 1 (BP 10351-N)
- EST 9174-N (GAL 10316-N (RP P)
- GAL 9121-S (VTN 10398-1N (BP)
- GAL 9121-NW (VTN 10398-1N (BP)
- RP PATRICK 5 (XC 10173-NE)
- RP 9143-N (RP PATRICK 5)
- VTN 10398-1N (BP 10398-N (EST) y
- XC 9108-S (XC 10457-S (RP P).

#### **3.3.2.1 Muestras en las fases de mantenimiento**

Al igual que la fase de utilización se consideró como muestras a las ocho brocas de botones de 45mm -R32 y las dos rimadoras de 102 mm, distribuidas entre dos juegos, un juego para cada jumbo, que fueron empleadas en los avances programados del mes a ejecutar los trabajos.



### **3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se obtendrá de los reportes que se generen en las diferentes guardias de interior mina, de parte de la supervisión, de todos los colaboradores que generen reporte de incidente respecto al deterioro temprano de aceros de perforación, pérdida en el frente de operación en la perforación, o pérdida de los mismos. Como instrumentos se utilizarán reportes diarios de las áreas de operación mina, mantenimiento, seguridad y logística.

#### **3.4.1 Recolección de datos en la fase de distribución**

Se obtendrá los datos de la distribución de los aceros de perforación del área de logística, que tiene que entregar un formato (véase anexo B) para que este sea firmado por los responsables inmediatos para validar la entrega y salida de materiales. Dicho formato se digitará en una base de datos en donde figuraran la cantidad de los aceros de perforación, perforista, supervisores responsables, cantidad de pies perforados reales, labores en donde se trabajó y observaciones que garantizaron o deterioraron la vida útil de los mismos.

#### **3.4.2 Recolección de datos en la fase de utilización**

Se obtendrá los datos de acuerdo a los reportes de operación de los supervisores directos, jefe de guardia y/o capataz de turno, (véase el anexo C), además esta información se verificará con el reporte del operador del jumbo (véase anexo A). Luego de comparar y verificar la veracidad de los mismos se procederá a digitarse en los registros de operación del SIIM y registro de equipos del SIIM. Así mismo se dará seguimiento en campo de las perforaciones de los jumbos para que estén de acuerdo al estándar establecido.

#### **3.4.3 Recolección de datos en la fase de mantenimiento**

Se obtendrá los datos de los reportes de cambio de aceros de perforación (véase el anexo B) en donde figura cuantos taladros se perforo por frente de avance, número de veces de afilado de los aceros de perforación, se determinará las posibles complicaciones o mejoras en los procesos de mantenimiento.



### 3.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Es importante considerar las fases que se tiene que dar para tomar las muestras de los aceros de perforación:

- En fase de distribución de los aceros (brocas de 45 mm - R32 y rimadoras de 102 mm): Se registrará la cantidad solicitada y entregada de logística MARSa a logística Tauro, así como la cantidad entrega a los responsables solicitantes, el nombre del bodeguero responsable, así como el nombre del perforista que la va emplear en la perforación.
- En la fase de utilización de los aceros (brocas de 45 mm –R32 y rimadoras de 102mm):
  - En la previa de la actividad de la perforación de frentes se verificará los Check List, IPERC, órdenes de trabajos e incidentes respecto a la actividad in situ.
  - Durante la actividad de la perforación de frentes se midió los tiempos de perforación, técnicas de perforación, evacuación de detritus de los diferentes taladros perforados, revoluciones por minuto empleados por taladro, tipo de terreno donde se ejecutó la perforación de frentes para poder determinar que malla de perforación se va emplear.
- En la fase de mantenimiento de los aceros (brocas de 45 mm - R32 y rimadoras de 102 mm): Después de la actividad de la perforación se controlará el afilado de brocas de 45 mm - R32 y rimadoras de 102 mm en los tiempos adecuados que son de 1/3 de la vida útil de la misma en condiciones normales, pero de tenerse un desgaste prematuro lo cual sucedía en terrenos duros o terrenos que mostraban presencia de cuarzos se reduciría los tiempos en que se realizarían los afilados de brocas.

### 3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Con los datos obtenidos en campo producto de las pruebas, se procedió al análisis de las mismas tomando en cuenta la importancia y el contexto de cada una de ellas en las diferentes fases de distribución, utilización y mantenimiento.



Etapas del análisis de la información:

- Fase de distribución de aceros de perforación:
  - Procesar la información siguiendo la metodología planteada para este caso.
  - Evaluar las posibles soluciones y su implementación.
  - Comparar y analizar los resultados obtenidos con los datos históricos y parámetros aplicados.
  
- Fase de utilización de aceros de perforación:
  - Procesar la información siguiendo la metodología planteada para este caso.
  - Determinar los daños ocasionados por una mala práctica de las perforaciones mineras.
  - Evaluar las posibles soluciones y su implementación.
  - Comparar y analizar los resultados obtenidos con los datos históricos y parámetros aplicados, pies perforados nominales vs los pies perforados reales ejecutados.
  - Verificar la factibilidad de su implementación
  - Realizar el seguimiento de las operaciones para optimizarlas.
  
- Fase de mantenimiento de aceros de perforación:
  - Procesar la información siguiendo la metodología planteada para este caso.
  - Determinar los problemas de una mala cultura de afilado de brocas y rimadoras.
  - Evaluar las posibles soluciones y su implementación.
  - Comparar y analizar los resultados obtenidos con los datos históricos y parámetros aplicados. Número de veces de afilados.
  - Evaluar la factibilidad de implementarlos.
  - Realizar el seguimiento a lo implementado para optimizar los procesos.

### **3.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

De acuerdo a la investigación que se está realizando se identifica como variables independientes a las brocas de botones de 45 mm – R32, las rimadoras de 102 mm, características geomecánicas del terreno a perforar; vida útil de las brocas de botones de 415 mm – R32 y rimadoras de 102 mm. Y como variables dependientes a los costos de perforación de los aceros de perforación; vida útil de las brocas de botones de 45 mm – R32 y las rimadoras de 102 mm.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **4.1 DATOS DEL CONSUMO DE LOS ACEROS DE PERFORACIÓN**

Los datos presentados en esta investigación se recolectaron de un seguimiento que fue realizado por un periodo de ocho meses de agosto de 2018 a marzo de 2019 en las zonas de Valeria IV y Valeria V en la etapa de observaciones y determinación del problema. Para la etapa de pruebas ejecutadas se dio un seguimiento a las fases de distribución, utilización y mantenimiento de los aceros de perforación en la Zonas de Valeria IV y Valeria V (zonas de profundización) por un periodo de siete meses de abril de 2019 a octubre de 2019 en la U.M. San Andrés por parte de la Empresa Minera Tauro S.A.C.

##### **4.1.1 Cantidad de aceros retirados de almacén general**

Se realizó un seguimiento del consumo de los aceros de perforación desde la solicitud del área de logística MITASA a logística MARSa, stock del mes anterior, entrada de aceros de perforación, nuevo stock de aceros de perforación, consumo del mes basado en avances de producción y el nuevo stock del mes.



Tabla 03:  
*Stock de brocas de botones de 45 mm –R32 antes del estudio*

Mes	Material	Stock anterior	Entrada de aceros	Total de aceros	Consumo	Saldo actual
Agosto 2018	Broca de 45 mm – R32	6	28	34	30	4
Septiembre 2018	Broca de 45 mm – R32	4	32	36	32	4
Octubre 2018	Broca de 45 mm – R32	4	28	32	18	14
Noviembre 2018	Broca de 45 mm – R32	14	20	34	19	15
Diciembre 2018	Broca de 45 mm – R32	15	20	35	17	18
Enero 2019	Broca de 45 mm – R32	18	10	28	19	9
Febrero 2019	Broca de 45 mm – R32	9	33	42	36	6
Marzo 2019	Broca de 45 mm – R32	6	39	45	38	7
Promedio		10			25	10

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el promedio del stock remanente de los meses anteriores es de 10 unidades en promedio de brocas de botones de 45 mm –R32. Teniendo en consumo 25 unidades al mes.



Tabla 04:  
*Stock de rimadoras de 102 mm antes del estudio*

Mes	Material	Stock anterior	Entrada de aceros	Total de aceros	Consumo	Saldo actual
Agosto 2018	Rimadora de 102 mm	01	01	02	02	00
Septiembre 2018	Rimadora de 102 mm	00	04	04	03	01
Octubre 2018	Rimadora de 102 mm	01	02	03	03	00
Noviembre 2018	Rimadora de 102 mm	00	02	02	02	00
Diciembre 2018	Rimadora de 102 mm	00	01	01	01	00
Enero 2019	Rimadora de 102 mm	00	03	03	02	01
Febrero 2019	Rimadora de 102 mm	01	02	02	03	00
Marzo 2019	Rimadora de 102 mm	00	02	02	02	00
Promedio		01			03	01

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el promedio del stock remanente de los meses anteriores es de 01 unidad de rimadoras de 102 mm. Teniendo en consumo 03 unidades al mes.

Además, se observaron varios problemas y falta de control en la entrega de los aceros de perforación, desde su adquisición en logística hasta su entrega a los bodegueros y operadores de jumbo. Se describe la secuencia de entrega de los aceros:

- La adquisición de aceros de perforación por parte de logística de la Empresa Minera Tauro S.A.C. se realizaba sin considerar el programa del mes de avance. El personal de logística de la Empresa Minera Tauro S.A.C. no está capacitado



para determinar la cantidad de aceros de perforación que se van a emplear en el mes de trabajo con respecto al programa mensual de trabajo.

- El área de logística de la Empresa Minera Tauro S.A.C. entregaba los aceros de perforación con una orden simple de los supervisores de mina o jefes de guardia. Dichos cambios se realizaban a los bodegueros de dichas cámaras, CC 41 y CC 42, no había un registro de control de la vida útil de los aceros empleados.
- Solo se entrega dos brocas de 45 mm – R32 a todos los operadores y una rimadora de 102 mm. Los cuales se entregan o cambian por pieza por pieza, si el operador desea una broca nueva tiene que traer o facilitar su broca desgastada.
- La empresa titular minera MARSA solo provee de un tipo de broca de 45 mm siendo esta la R32 y un solo tipo de rimadora para jumbo siendo esta la de 102 mm.

#### **4.1.2 Costos generados por cantidad de aceros retirados**

Según Just In Time las cantidades de unidades que se deben de tener por remanentes de Stock o Stand By de productos deben de ser el 5% del total consumido, lo que representa de manera nominal en esta observación que se deben de tener 01 unidad de brocas de botones de 45 mm –R32 y 01 unidad de rimadoras de 102 mm. Pero como trabajamos con dos jumbos en operación se tiene que tener un stock para cada jumbo. Por otro lado, los sobre excesos del stock de los meses en que realizo los análisis muestran que se tiene un remanente que excede dicho valor nominal lo cual genera costos extra en la perforación. Como se detalla en la siguiente tabla.



Tabla 05:  
*Costo del Stock remanente de brocas de botones de 45 mm –R32*

Mes	Material	Stock anterior	Stock nominal	Diferencia	Precio (Pza..)	Sobre costo
Agosto 2018	Broca de 45 mm – R32	04	02	2	366.32	732.64
Septiembre 2018	Broca de 45 mm – R32	04	02	2	366.32	732.64
Octubre 2018	Broca de 45 mm – R32	14	02	12	366.32	4395.84
Noviembre 2018	Broca de 45 mm – R32	15	02	13	366.32	4762.16
Diciembre 2018	Broca de 45 mm – R32	18	02	16	366.32	5861.12
Enero 2019	Broca de 45 mm – R32	09	02	7	366.32	2564.24
Febrero 2019	Broca de 45 mm – R32	06	02	4	366.32	1465.28
Marzo 2019	Broca de 45 mm – R32	07	02	5	366.32	1831.6
Promedio		10			TOTAL	22345.52

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el costo generado del stock remanente de los meses anteriores es de 9524.320 soles en exceso por un consumo de brocas de botones de 45 mm –R32.



Tabla 06:  
*Stock de rimadoras de 102 mm desde agosto 2018 a marzo 2019*

Mes	Material	Stock anterior	Stock nominal	Diferencia	Precio (Pza..)	Sobre costo
Agosto 2018	Rimadora de 102 mm	00	02	-02	1597.640	0
Septiembre 2018	Rimadora de 102 mm	01	02	-02	1597.640	0
Octubre 2018	Rimadora de 102 mm	00	02	-02	1597.640	0
Noviembre 2018	Rimadora de 102 mm	00	02	-02	1597.640	0
Diciembre 2018	Rimadora de 102 mm	00	02	-02	1597.640	0
Enero 2019	Rimadora de 102 mm	01	02	-01	1597.640	0
Febrero 2019	Rimadora de 102 mm	00	02	-02	1597.640	0
Marzo 2019	Rimadora de 102 mm	00	02	-02	1597.640	0
Promedio		01			<b>TOTAL</b>	0

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el costo del stock remanente de los meses anteriores es cero, supuestamente esto reflejaría un beneficio, pero no tener productos en Stand By, supone una pérdida en operaciones por no tener un acero de repuesto.



### **4.1.3 Tiempos de perforación**

Por los constantes eventos de liberaciones de energía y estallido de rocas en las zonas de Valeria IV y Valeria V; los tipos del terreno son de suave a media, siendo el RMR menor a 50; nunca pudiéndose trabajar con rocas de buena calidad. Las condiciones del estado de las brocas, técnicas de perforación, estado del equipo, estado de los suministros (agua y energía eléctrica) y el tipo de terreno ocasionan que se tenga dos tipos de tomas de rendimiento de perforación basados en los tipos de terreno a perforar y sección de la misma.

Tabla 07:  
*Control de tiempos de perforación de taladros en roca media*

Sección	Ago- 2018	Sep- 2018	Oct-2018	Nov- 2018	Dic- 2018	Ene- 2019	Feb- 2019	Mar- 2019	Tiempo promedio de tal perf (minutos)
2.40 m X 2.70 m	2.25	2.24	2.25	2.25	2.26	2.24	2.26	2.26	2.25
3.00 m X 3.00 m	2.24	2.25	2.25	2.24	2.26	2.25	2.24	2.23	2.25
3.50 m X 3.50 m	3.16	3.15	3.16	3.15	3.18	3.15	3.14	3.14	3.15
4.00 m X 4.00 m	3.21	3.20	3.18	3.20	3.24	3.20	3.21	3.22	3.21
4.50 m X 4.00 m	3.26	3.24	3.25	3.24	3.28	3.25	3.23	3.24	3.25

Fuente: Elaboración propia.

Las tomas de tiempo se ejecutaron en las diferentes secciones en las cuales se trabajan en las zonas de Valeria IV y Valeria V en rocas con dureza media; las cuales fueron verificadas en campo, registro de los operadores y reportes de los supervisores de campo (jefes de guardia y/o capataces); estas tomas de tiempo de perforación por taladro fueron hechas incluidos los tiempos de acomodo del jumbo para perforar un taladro, tiempo de penetración, tiempo de barrido, y el tiempo de retiro del barreno del taladro perforado.

Tabla 08:

*Control de tiempos de perforación de taladros en roca suave*

Sección	Ago- 2018	Sep- 2018	Oct-2018	Nov- 2018	Dic- 2018	Ene- 2019	Feb- 2019	Mar- 2019	Tiempo promedio de perf (minutos)
2.40 m X 2.70 m	2.20	2.21	2.23	2.22	2.22	2.21	2.20	2.20	2.21
3.00 m X 3.00 m	2.21	2.21	2.22	2.21	2.23	2.19	2.19	2.20	2.21
3.50 m X 3.50 m	3.12	3.12	3.13	3.12	3.14	3.12	3.13	3.10	3.12
4.00 m X 4.00 m	3.19	3.21	3.19	3.21	3.23	3.18	3.19	3.18	3.20
4.50 m X 4.00 m	3.21	3.22	3.20	3.20	3.25	3.21	3.22	3.21	3.22

Fuente: Elaboración propia.

Las tomas de tiempo se ejecutaron en las diferentes secciones en las cuales se trabajan en las zonas de Valeria IV y Valeria V en rocas con dureza suave; las cuales fueron verificadas en campo, registro de los operadores y reportes de los supervisores de campo (jefes de guardia y/o capataces); estas tomas de tiempo de perforación por taladro fueron hechas incluidos los tiempos de acomodo del jumbo para perforar un taladro, tiempo de penetración, tiempo de barrido, y el tiempo de retiro del barreno del taladro perforado.

#### 4.1.4 Promedio de avance por perforación

Al ser los tiempos de perforación por taladro tan demoroso, los operados por cumplir la meta estimada de perforación de dos frentes por el jumbo S1D y tres frentes por el jumbo T1D no penetraban a la totalidad posible el taladro, ocasionando que la eficiencia de penetración fuese menor del calculado en el P.U. de labores de avance que es de 92 %. A continuación, se muestra los registros medidos de avances de perforación ejecutados.

Tabla 09:

*Control de avances de perforación de taladros en roca media*

Sección	Barra de perforación	Ago-2018	Sep-2018	Oct-2018	Nov-2018	Dic-2018	Ene-2019	Feb-2019	Mar-2019	Avance promedio de perforación (m)
2.40 m X 2.70 m	12 pies	3.25	3.27	3.25	3.21	3.24	3.21	3.24	3.24	3.24
3.00 m X 3.00 m	12 pies	3.24	3.27	3.26	3.24	3.23	3.22	3.23	3.24	3.24
3.50 m X 3.50 m	14 pies	3.82	3.83	3.85	3.84	3.80	3.84	3.85	3.82	3.83
4.00 m X 4.00 m	14 pies	3.81	3.84	3.84	3.85	3.86	3.84	3.86	3.82	3.84
4.50 m X 4.00 m	14 pies	3.83	3.84	3.84	3.86	3.86	3.83	3.85	3.82	3.84

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el promedio de avances en roca media está por debajo de del rendimiento estimado en el P.U. de avances de 92%. Siendo los avances nominales de 12 pies 3.364 metros y de 14 pies 3.925 metros.

Tabla 10:  
*Control de avances de perforación de taladros en roca suave*

Sección	Barra de perforación	Ago- 2018	Sep- 2018	Oct- 2018	Nov- 2018	Dic- 2018	Ene- 2019	Feb- 2019	Mar- 2019	Avance promedio de perforación (m)
2.40 m X 2.70 m	12 pies	3.26	3.27	3.25	3.24	3.24	3.21	3.24	3.24	3.24
3.00 m X 3.00 m	12 pies	3.24	3.27	3.26	3.24	3.23	3.22	3.23	3.24	3.24
3.50 m X 3.50 m	14 pies	3.82	3.83	3.85	3.84	3.80	3.84	3.85	3.82	3.83
4.00 m X 4.00 m	14 pies	3.81	3.84	3.84	3.85	3.86	3.84	3.86	3.82	3.84
4.50 m X 4.00 m	14 pies	3.83	3.84	3.84	3.86	3.86	3.83	3.85	3.82	3.84

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el promedio de avances en roca media está por debajo de del rendimiento estimado en el P.U. de avances de 92% . Siendo los avances nominales de 12 pies 3.364 metros y de 14 pies 3.925 metros.



#### 4.1.5 Costos de perforación

Debido a la gran cantidad de precios unitarios de labores de avance, no se mencionarán, razón por la cual se realizará los cálculos de los costes de perforación de brocas de 45 mm - R 32 y rimadoras de 102 mm en la unidad básica de costo por pie perforado (costo o precio unitario). Luego estos datos de llevaran a la cantidad total de aceros consumidos.

Tabla 11:

*Costos nominales de aceros de perforación por PP en soles del jumbo SID*

ACEROS	UND	PRECIO (SOLES)	VIDA UTIL (PP)	COSTO (soles/PP)
Barra MTF38 x 14 pies	Pza.	1,996.660	5,000	0.399
Broca de botones de 45 mm -R32	Pza.	366.320	1,200	0.305
Shank Cop T38x435M	Pza.	875.057	9,000	0.097
Acople T38/R32 N	Pza.	308.470	4,920	0.063
Rimadora de 102 mm	Pza.	1,597.640	3,280	0.487
Adaptador Piloto R32/51.5 mm	Pza.	702.100	3,280	0.214
Juego de copas de afilado	Pza.	511.500	10,000	0.051
Aguzadora de copas	Pza.	709.500	250,000	0.003
Herramientas	Pza.	120.000	10,000	0.012
<b>TOTAL</b>				<b>1.631</b>

Fuente: Elaboración propia.

No se incluye los precios de los equipos de perforación, ya que estos se pagan por utilización hora-equipos. Así mismo no se incluyen los costos de la supervisión, bodegueros ni personal de afilado porque estos están incluidos en gastos generales.

Tabla 12:  
*Costos nominales de aceros de perforación por PP en soles del jumbo T1D*

ACEROS	UND	PRECIO (SOLES)	VIDA UTIL (PP)	COSTO (soles/PP)
Barra MTF38 x 12 pies	Pza.	1,722.020	5,000	0.344
Broca de botones de 45 mm –R32	Pza.	366.320	1,200	0.305
Shank Cop T38x435M	Pza.	875.057	9,000	0.097
Acople T38/R32 N	Pza.	308.470	4,920	0.063
Rimadora de 102 mm	Pza.	1,597.640	3,280	0.487
Adaptador Piloto R32/51.5 mm	Pza.	702.100	3,280	0.214
Juego de copas de afilado	Pza.	511.500	10,000	0.051
Aguzadora de copas	Pza.	709.500	250,000	0.003
Herramientas	Pza.	120.000	10,000	0.012
<b>TOTAL</b>				<b>1.576</b>

Fuente: Elaboración propia.

No se incluye los precios de los equipos de perforación, ya que estos se pagan por utilización hora-equipos. Así mismo no se incluyen los costos de la supervisión, bodegueros ni personal de afilado porque estos están incluidos en gastos generales.

Como se aprecia los precios de perforación por pie perforado varían por equipo de jumbo siendo en el S1D 1.631 soles/PP y en el jumbo T 1D 1.576 soles/PP



Tabla 13:  
*Costos reales de aceros de perforación por PP en soles del jumbo SID*

ACEROS	UND	PRECIO (SOLES)	VIDA UTIL (PP)	COSTO (soles/PP)
Barra MTF38 x 14 pies	Pza.	1,996.660	5,000	0.399
Broca de botones de 45 mm –R32	Pza.	366.320	1,015.191	0.360
Shank Cop T38x435M	Pza.	875.057	9,000	0.097
Acople T38/R32 N	Pza.	308.470	4,920	0.063
Rimadora de 102 mm	Pza.	1,597.640	3,280	0.487
Adaptador Piloto R32/51.5 mm	Pza.	702.100	3,280	0.214
Juego de copas de afilado	Pza.	511.500	10,000	0.051
Aguzadora de copas	Pza.	709.500	250,000	0.003
Herramientas	Pza.	120.000	10,000	0.012
<b>TOTAL</b>				<b>1.686</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14:  
*Costos reales de aceros de perforación por PP en soles del jumbo T1D*

ACEROS	UND	PRECIO (SOLES)	VIDA UTIL (PP)	COSTO (soles/PP)
Barra MTF38 x 12 pies	Pza.	1,722.020	5,000	0.344
Broca de botones de 45 mm –R32	Pza.	366.320	1,015.191	0.305
Shank Cop T38x435M	Pza.	875.057	9,000	0.097
Acople T38/R32 N	Pza.	308.470	4,920	0.063
Rimadora de 102 mm	Pza.	1,597.640	3,280	0.487
Adaptador Piloto R32/51.5 mm	Pza.	702.100	3,280	0.214
Juego de copas de afilado	Pza.	511.500	10,000	0.051
Aguzadora de copas	Pza.	709.500	250,000	0.003
Herramientas	Pza.	120.000	10,000	0.012
<b>TOTAL</b>				<b>1.632</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6 Rendimientos de los aceros

Después del seguimiento a las brocas de 45 mm - R32 y rimadoras de 102 mm en campo por medio de reportes de equipo jumbo (ver ANEXO A), control de logística (ver ANEXO B), y monitoreo del área de costos y productividad (ver ANEXO C) se obtuvo como resultados rendimiento de los aceros de perforación respecto a sus rendimientos ideales que son de 1200 pies perforados en brocas de 45 mm – R32 y de 3280 pies perforados en rimadoras de 102 mm. Siendo el rendimiento de ambos aceros de perforación menores a los rendimientos ideales de su vida útil. Ver figura 48 y figura 49.

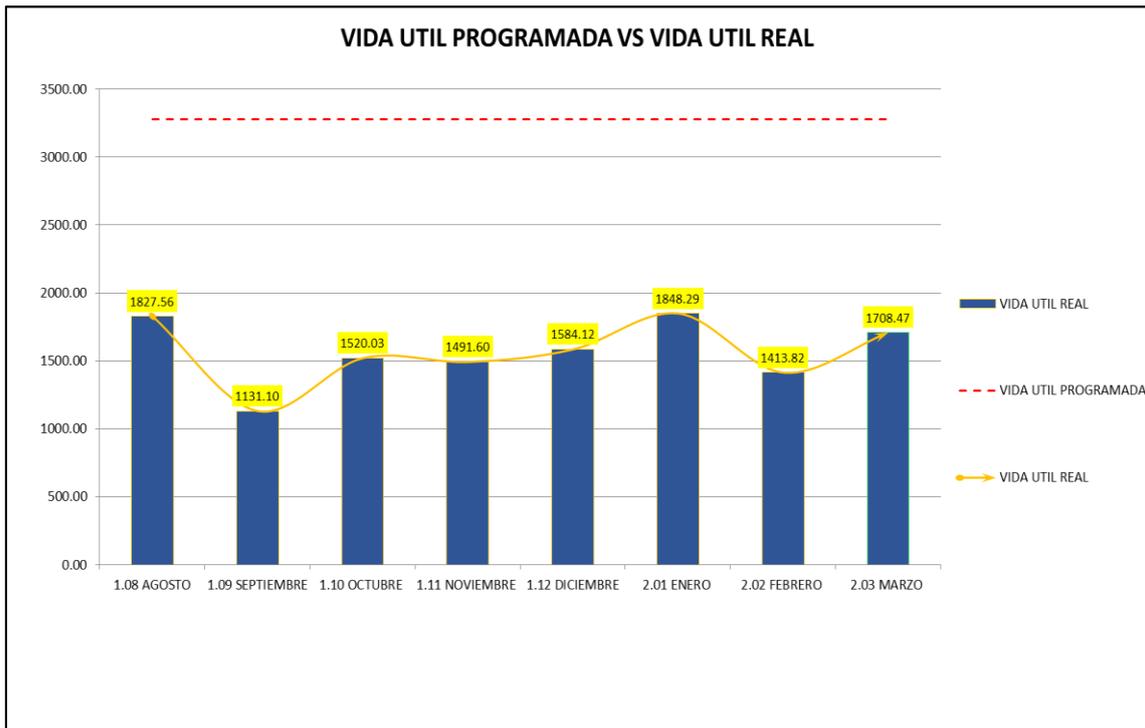


Figura N.º52: Rendimiento de rimadoras de 102 mm antes de las pruebas

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que la vida promedio de las rimadoras de 102 mm era de 1,565.623 pies perforados.

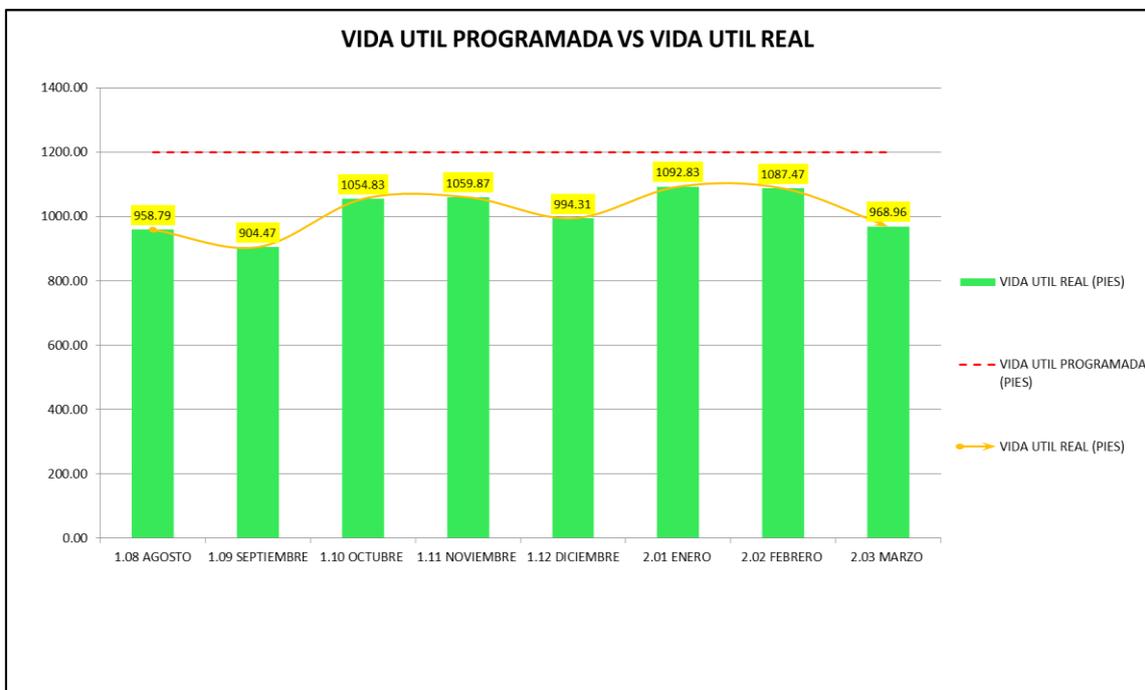


Figura N.º53: Rendimiento de brocas de 45 mm – R32 antes de las pruebas

Fuente: Elaboración propia



Se aprecia que la vida promedio de las brocas de botones de 45 mm era de 1,015.191 pies perforados.



Figura N.º 54: Pies perforados en la fase de estudio

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en figura que la cantidad de pies perforados de abril de 2019 a octubre de 2019 son de 270,081.60 en total.

#### 4.1.7 Identificación de problemas de utilización de aceros de perforación

Se observaron varios problemas y falta de control en la utilización de los aceros de perforación lo que ocasionan que se desgasten los aceros de perforación anticipadamente y no lleguen a cumplir con su vida útil programada.

- No se marcaba la malla de perforación de manera adecuada. Solo se procedía a marcar el área de perforación y se marcaba la zona cuadrangular del arranque. Ocurriendo que en el momento de la perforación el operador del jumbo perfora a criterio propio y realice varios movimientos bruscos hasta determinar dónde va realizar la perforación del nuevo taladro para que cumpla su función requerida en la malla de perforación.



Figura N.º55: *Pintado inadecuado de malla de perforación de la GAL 9110-S*

Fuente: Elaboración propia.

- Falta de capacitación a los operadores de los jumbos y supervisores de primera mano:
  - Los aceros de perforación tanto brocas de 45 mm – R32, así como las rimadoras de 102 mm presentaban los botones rotos y astillamiento del cuerpo del acero de la broca debido una rotación excesiva y avances excesivos en rocas duras o abrasivas, perforaciones en rocas agrietadas o

brocas con los botones muy desgastados. Debido a la perforación y voladura de los tres taladros de Pre Acondicionamiento en todas las labores de la zona de profundización Valeria IV y Valeria V la siguiente perforación de frentes resulta muy difícil en empatar la broca a la superficie de la roca para realizar un taladro nuevo en la zona del arranque, además el barrido de los detritus ocasiona que la broca y rimadora se atasquen en el taladro, provocando que se esfuerza el jumbo para poder recuperarlo. Y una vez en el interior del taladro la broca de 45 mm – R32, así como la rimadora de 102 mm se desgastan con mayor facilidad por el grado de alteración del macizo rocoso.



Figura N.º56: *Broca de 45 mm – R32 con los botones picados.*

Fuente: Elaboración propia.

- Los aceros de perforación tanto brocas de 45 mm – R32, así como las rimadoras de 102 mm presentaban pérdida completa de los botones (véase figura 43 debido un empuje insuficiente y la falta de contacto entre la broca y la roca.



Figura N.º57: *Broca de 45 mm – R32 con perdida completa de los botones*

Fuente: Elaboración propia.

- Los aceros de perforación tanto brocas de 45 mm – R32, así como las rimadoras de 102 mm presentaban desgaste excesivo en los botones periféricos debido a una rotación excesiva, avance elevado y roca demasiado abrasiva. Estos problemas mayormente se daban en las galerías donde existía presencia de cuarzo y las revoluciones por minuto sobrepasaban el límite máximo permitido de 40 RPM a 60 RPM



Figura N.º58: *Broca de 45 mm – R32 con daños en los botones periféricos*

Fuente: Elaboración propia.



#### **4.1.8 Mantenimiento de los aceros de perforación**

Se observaron varios problemas y falta de control en el mantenimiento de los aceros de perforación por falta de un adecuado cuidado de los mismos, no se observó ni una sola vez un afilado de aceros de perforación:

- El personal encargado no sabe la correcta manera de realizar un afilado de brocas. No posee una cultura de afilado de brocas.
- Como no se tiene una cultura de afilado de brocas, estas últimas se estaban empleando de manera inapropiada ya que se usaba la broca de 45 mm – R32 y rimadora de 102 mm hasta el final sin darle su mantenimiento respectivo.

Se aprecia que no se realizaba ningún tipo de mantenimiento de los aceros de perforación, pero el P.U. de avances de labores lineales contempla el costo del mantenimiento de los aceros de perforación. Como se muestra en la tabla 13.

#### **4.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO A: FASE DE DISTRIBUCIÓN DE ACEROS**

La mejor estrategia de reducción de costos apropiada para dar control, mitigar y atender los problemas identificados es la de Just In Time por ser una estrategia aplicada mayormente a controles de inventarios, adquisición y entrega de productos:

##### **4.2.1 Calculo de aceros por avances programados**

Nótese que antes de este presente estudio, el cálculo para retirar los aceros de perforación se realizaba de manera empírica por el personal de logística de MITASA, no se consideraba el programa mensual de minado y de avances.



Tabla 15:  
*Retiro de brocas de 45 mm –R32 según avance programado mes a mes*

MES	AVANCE ESTIMADO	ESTIMADO DE PP	VIDA UTIL (PP)	N.º DE BROCAS
ABRIL	250	40000	1200	34
MAYO	250	40000	1200	34
JUNIO	250	40000	1200	34
JULIO	250	40000	1200	34
AGOSTO	250	40000	1200	34
SEPTIEMBRE	250	40000	1200	34
OCTUBRE	250	40000	1200	34

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el cálculo de avances del programa mensual de avances y facilito una copia al área de logística de la Empresa Minera Tauro S.A.C. para poder trabajar con cero stocks (existencias mínimas). Se entrenó y capacitó al personal de logística de la Empresa Minera Tauro S.A.C. para determinar la cantidad de aceros de perforación que se van a emplear en el mes de trabajo con respecto al programa mensual de trabajo en conjunto con el área de costos y productividad con ellos se inició a trabajar con cero averías (programa de entrenamiento y capacitación).

Tabla 16:  
*Retiro de rimadoras de 102 mm según avance programado mes a mes*

MES	AVANCE ESTIMADO	ESTIMADO DE PP	VIDA UTIL (PP)	N.º DE BROCAS
ABRIL	250	5000	3280	02
MAYO	250	5000	3280	02
JUNIO	250	5000	3280	02
JULIO	250	5000	3280	02
AGOSTO	250	5000	3280	02
SEPTIEMBRE	250	5000	3280	02
OCTUBRE	250	5000	3280	02

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2 Nuevo stock de aceros

Al calcular el consumo de aceros de perforación por mes de acuerdo al programa mensual de minado y avances, se tiene que MARSA nos estima las brocas de botones de 45 mm –R32 en base a 250 metros lineales de avance con 40,000.00 pies perforados en total, para ello supone retirar de logística MARSA 34 unidades de brocas. Con dicho dato se trabajó para no exceder a 34 unidades de retiro al mes, habiendo excepciones como en el mes de agosto en donde se avanzó más de lo programado solicitándose así un incremento en la requisición de aceros de perforación.

Se observa en la tabla 17 que en comparación al stock anterior antes que se ejecutase el estudio de optimización se redujo de 10 unidades de remanencia a 04 unidades de Stand By.

Tabla 17:  
*Nuevo stock de brocas de botones de 45 mm –R32*

Mes	Material	Stock anterior	Entrada de aceros	Total de aceros	Consumo	Saldo actual
Abril 2019	Broca de 45 mm – R32	7	30	37	33	4
Mayo 2019	Broca de 45 mm – R32	4	27	31	27	4
Junio 2019	Broca de 45 mm – R32	4	22	26	22	4
Julio 2019	Broca de 45 mm – R32	4	30	34	32	2
Agosto 2019	Broca de 45 mm – R32	2	40	42	39	3
Septiembre 2019	Broca de 45 mm – R32	3	28	31	26	5
Octubre 2019	Broca de 45 mm – R32	5	34	39	35	4
Promedio		05			31	04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18:  
*Nuevo stock de rimadoras de 102 mm*

Mes	Material	Stock anterior	Entrada de aceros	Total de aceros	Consumo	Saldo actual
Abril 2019	Rimadora de 102 mm	0	4	4	2	2
Mayo 2019	Rimadora de 102 mm	2	2	4	2	2
Junio 2019	Rimadora de 102 mm	2	3	5	3	2
Julio 2019	Rimadora de 102 mm	2	2	4	2	2
Agosto 2019	Rimadora de 102 mm	2	2	4	2	2
Septiembre 2019	Rimadora de 102 mm	2	2	4	2	2
Octubre 2019	Rimadora de 102 mm	2	2	4	2	2
Promedio		01			03	01

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de las brocas de botones de 45 mm –R32; las rimadoras no disminuyeron su stock al contrario se vieron incrementadas en una unidad de rimadoras por cada jumbo, ya que la metodología de Just In Time recomienda trabajar con un stock mínimo de 05% del máximo del total de los productos consumidos.

#### 4.2.4 Costos reducidos por el nuevo stock de aceros

Al reducir la cantidad de productos remanentes de stock en un 60% se logró reducir los costos de adquisición de brocas de botones de 45 mm –R32 como se detalla en la tabla 19. Por el contrario, no se redujo los costos de las rimadoras en esta fase de distribución, debido a que el área de operaciones mina no puede permitirse no tener un producto en Stand By ante cualquier eventualidad.



Tabla 19:  
*Costo del Stock remanente de brocas de botones de 45 mm –R32*

Mes	Material	Stock anterior	Stock nominal	Diferencia	Precio (Pza.)	Sobre costo
Abril 2019	Broca de 45 mm – R32	02	02	0	366.32	0
Mayo 2019	Broca de 45 mm – R32	02	02	0	366.32	0
Junio 2019	Broca de 45 mm – R32	02	02	0	366.32	0
Julio 2019	Broca de 45 mm – R32	02	02	0	366.32	0
Agosto 2019	Broca de 45 mm – R32	02	02	0	366.32	0
Septiembre 2019	Broca de 45 mm – R32	02	02	0	366.32	0
Octubre 2019	Broca de 45 mm – R32	02	02	0	366.32	0
Promedio		10			TOTAL	0

Fuente: Elaboración propia.

El sobre costos ocasionado por tener un exceso de brocas en Stand By de 22345.52 soles se redujo a cero soles.



Tabla 20:  
*nuevo stock de rimadoras de 102 mm*

Mes	Material	Stock anterior	Stock nominal	Diferencia	Precio (Pza.)	Sobre costo
Abril 2019	Rimadora de 102 mm	02	02	0	1597.640	0
Mayo 2019	Rimadora de 102 mm	02	02	0	1597.640	0
Junio 2019	Rimadora de 102 mm	02	02	0	1597.640	0
Julio 2019	Rimadora de 102 mm	02	02	0	1597.640	0
Agosto 2019	Rimadora de 102 mm	02	02	0	1597.640	0
Septiembre 2019	Rimadora de 102 mm	02	02	0	1597.640	0
Octubre 2019	Rimadora de 102 mm	02	02	0	1597.640	0
Promedio		02			<b>TOTAL</b>	0

Fuente: Elaboración propia.

No se redujeron ni incrementaron los costos de adquisición de rimadoras. Además, se observa en la tabla 10 que se redujo la cantidad de entrada de aceros. Aumentando en stock la cantidad de rimadoras de 102 mm dos unidades en operaciones y dos unidades en Stand By para no perjudicar la producción mina.



#### **4.2.4 Entrega de los aceros bajo orden escrita**

El área de logística de la Empresa Minera Tauro S.A.C. entrega los aceros de perforación con una orden firmada (véase el Anexo B) por parte de jefe de guardia, jefe costos y residente siendo este el único formato a emplearse eliminándose cualquier otro control o reporte aplicando la metodología de cero burocracias innecesarias. Dicho formato será digitalizado y controlado por parte del área de logística. Además, se aplicó la metodología de cero plazos al eliminar los cambios de solo dos piezas por cuatro en las brocas de 45 mm – R32 y dos en las rimadoras de 102 mm (siendo este último más como Stand By).

#### **4.3 RESULTADOS DEL OBJETIVO B: FASE DE UTILIZACIÓN DE ACEROS**

Las estrategias de reducción de costos apropiadas para dar control, mitigar y atender los problemas identificados son las del plan de captación y costos Kaizen por ser necesario primero un control estratégico de capacitación al personal involucrado de manera continua y segundo porque Kaizen es aplicado en la mejora continua en las tareas operativas para lograr una reducción de costos.

### 4.3.1 Optimización de los tiempos de perforación

Tabla 21:  
*Optimización de tiempos de perforación de taladros en roca media*

Sección	Abr- 2019	May- 2019	Jun- 2019	Jul- 2019	Ago- 2019	Sep- 2019	Oct- 2019	Tiempo promedio de tal perf (minutos)
2.40 m X 2.70 m	2.18	2.17	2.18	2.17	2.15	2.16	2.14	2.16
3.00 m X 3.00 m	2.22	2.19	2.22	2.23	2.21	2.19	2.20	2.21
3.50 m X 3.50 m	3.08	3.07	3.09	3.07	3.08	3.07	3.08	3.08
4.00 m X 4.00 m	3.15	3.14	3.15	3.18	3.16	3.14	3.15	3.15
4.50 m X 4.00 m	3.19	3.18	3.17	3.20	3.16	3.16	3.16	3.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22:  
*Optimización de tiempos de perforación de taladros en roca suave*

Sección	Abr- 2019	May- 2019	Jun- 2019	Jul- 2019	Ago- 2019	Sep- 2019	Oct- 2019	Tiempo promedio de tal perf (minutos)
2.40 m X 2.70 m	2.12	2.14	2.13	2.16	2.13	2.12	2.13	2.13
3.00 m X 3.00 m	2.17	2.18	2.16	2.19	2.15	2.14	2.13	2.16
3.50 m X 3.50 m	3.07	3.05	3.07	3.06	3.05	3.05	3.04	3.06
4.00 m X 4.00 m	3.1	3.11	3.1	3.14	3.11	3.12	3.1	3.11
4.50 m X 4.00 m	3.14	3.15	3.13	3.15	3.14	3.12	3.11	3.13

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en las tablas anteriores los tiempos promedio de taladros perforados/ minuto se redujo en:

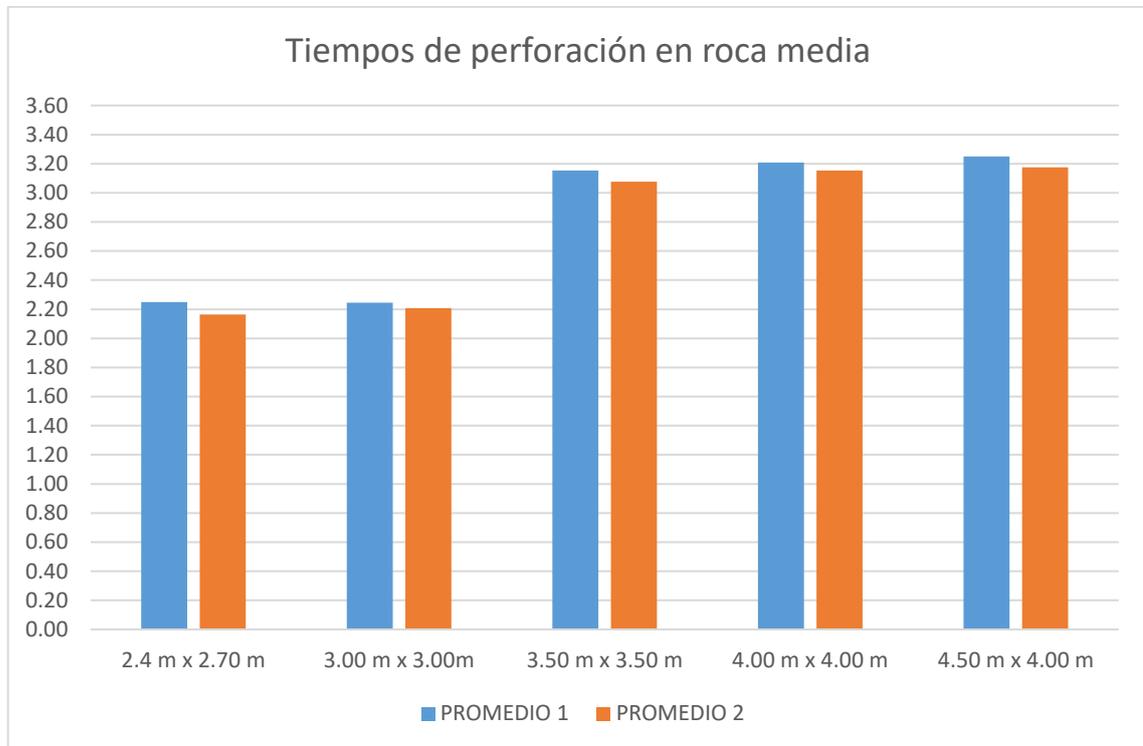


Figura N.º59: *Rendimiento de tiempos de perforación en roca media*

Fuente: Elaboración propia.

Se minimizaron los tiempos de perforación por taladro en roca media en:

Sección de 2.40 m x 2.70 m: 0:00:05 horas

Sección de 3.00 m x 3.00m: 0:00:02 horas

Sección de 3.50 m x 3.50 m: 0:00:05 horas

Sección de 4.00 m x 4.00 m: 0:00:03 horas

Sección de 4.50 m x 4.00 m: 0:00:04 horas

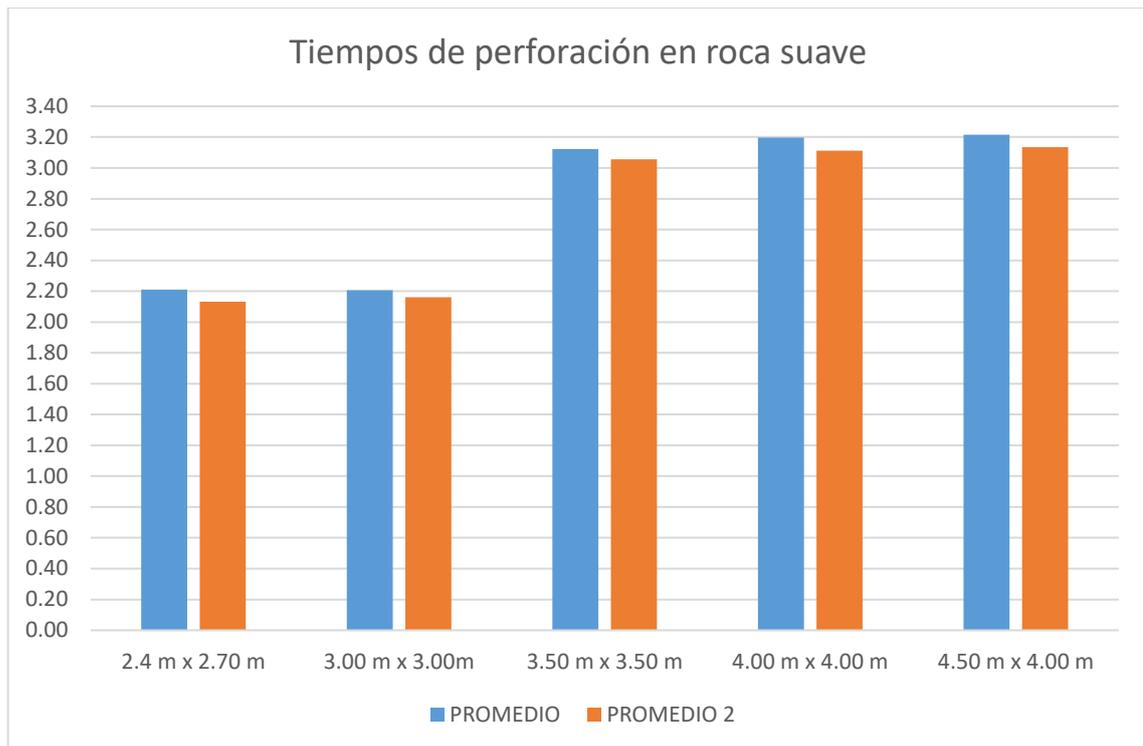


Figura N.º60: *Rendimiento de tiempos de perforación en roca suave*

Fuente: Elaboración propia.

Se minimizaron los tiempos de perforación por taladro en roca suave en:

Sección de 2.40 m x 2.70 m: 0:00:05 horas

Sección de 3.00 m x 3.00 m: 0:00:03 horas

Sección de 3.50 m x 3.50 m: 0:00:04 horas

Sección de 4.00 m x 4.00 m: 0:00:05 horas

Sección de 4.50 m x 4.00 m: 0:00:05 horas

### 4.3.2 Optimización del promedio de avances por perforación

Al mejorar las condiciones, el estado de los aceros de perforación se logró optimizar el avance real de penetración del taladro.

Tabla 23:

*Optimización del metraje de perforación de taladros en roca media*

Sección	Abr- 2019	May- 2019	Jun- 2019	Jul- 2019	Ago- 2019	Sep- 2019	Oct- 2019	Avance promedio de tal perf (metros)
2.40 m X 2.70 m	3.27	3.32	3.33	3.32	3.33	3.32	3.32	3.32
3.00 m X 3.00 m	3.28	3.29	3.34	3.33	3.32	3.34	3.35	3.32
3.50 m X 3.50 m	3.88	3.86	3.89	3.90	3.91	3.90	3.92	3.89
4.00 m X 4.00 m	3.87	3.89	3.88	3.87	3.88	3.91	3.90	3.89
4.50 m X 4.00 m	3.87	3.89	3.88	3.87	3.88	3.90	3.90	3.88

Fuente: Elaboración propia.

El operador al tener tiempo suficiente para realizar sus actividades de perforación, introduce a mayor profundidad los taladros de producción por frente perforado. Se observa que se logró aumentar las longitudes de perforación como se detalla a continuación:

- Sección de 2.40 m x 2.70 m: 0.08 metros
- Sección de 3.00 m x 3.00m: 0.08 metros
- Sección de 3.50 m x 3.50 m: 0.06 metros
- Sección de 4.00 m x 4.00 m: 0.05 metros
- Sección de 4.50 m x 4.00 m: 0.04 metros

Tabla 24:  
*Optimización del metraje de perforación de taladros en roca media*

Sección	Abr- 2019	May- 2019	Jun- 2019	Jul- 2019	Ago- 2019	Sep- 2019	Oct- 2019	Avance promedio de tal perf (metros)
2.40 m X 2.70 m	3.27	3.32	3.33	3.32	3.33	3.32	3.32	3.32
3.00 m X 3.00 m	3.28	3.29	3.34	3.33	3.32	3.34	3.35	3.32
3.50 m X 3.50 m	3.88	3.86	3.89	3.90	3.91	3.90	3.92	3.89
4.00 m X 4.00 m	3.87	3.89	3.90	3.90	3.90	3.91	3.91	3.90
4.50 m X 4.00 m	3.87	3.89	3.88	3.90	3.91	3.90	3.90	3.89

Fuente: Elaboración propia.

El operador al tener tiempo suficiente para realizar sus actividades de perforación, introduce a mayor profundidad los taladros de producción por frente perforado. Se observa que se logró aumentar las longitudes de perforación como se detalla a continuación:

- Sección de 2.40 m x 2.70 m: 0.07 metros
- Sección de 3.00 m x 3.00m: 0.08 metros
- Sección de 3.50 m x 3.50 m: 0.06 metros
- Sección de 4.00 m x 4.00 m: 0.06 metros
- Sección de 4.50 m x 4.00 m: 0.05 metros

### 4.3.3 Estrategia de capacitación en las adecuadas técnicas de perforación

Se capacitó y entreno a los operadores, supervisores mina y jefes de guardia para que se cumpla con los estándares y PETS mina de determinación del RMR del terreno a perforar, control de microsismicidad (perforación de los tres taladros de Pre Acondicionamiento) y perforación en labores de avance de diferentes secciones.



Figura N.º61: *Frente luego del disparo de los tres taladros de pre acondicionamiento*

Fuente: Elaboración propia.

Se capacitó y entreno al personal involucrado en técnicas de perforación en labores de avance de diferentes secciones y distintos tipos de terreno mejorando la eficacia y eficiencia en los procesos de perforación. Además, se instruyó a los operadores a reportar el número real y exacto de la cantidad de taladros perforados en los frentes de avance, desquinche o recarga. Ya que en muchas ocasiones la cantidad de taladros excede la cantidad máxima de los estándares de perforación debido a que los terrenos son de roca suave, presentan muchas fallas o alteraciones geológicas o en el peor de los casos fueron zonas donde se suscitaron evento de estallidos de rocas. Y para poder controlar la sección de la labor y evitar las sobre excavaciones se tiene luz verde por parte de la empresa titular

minera MARSA para realizar perforación y voladura controla con taladros de recorte y precorte.

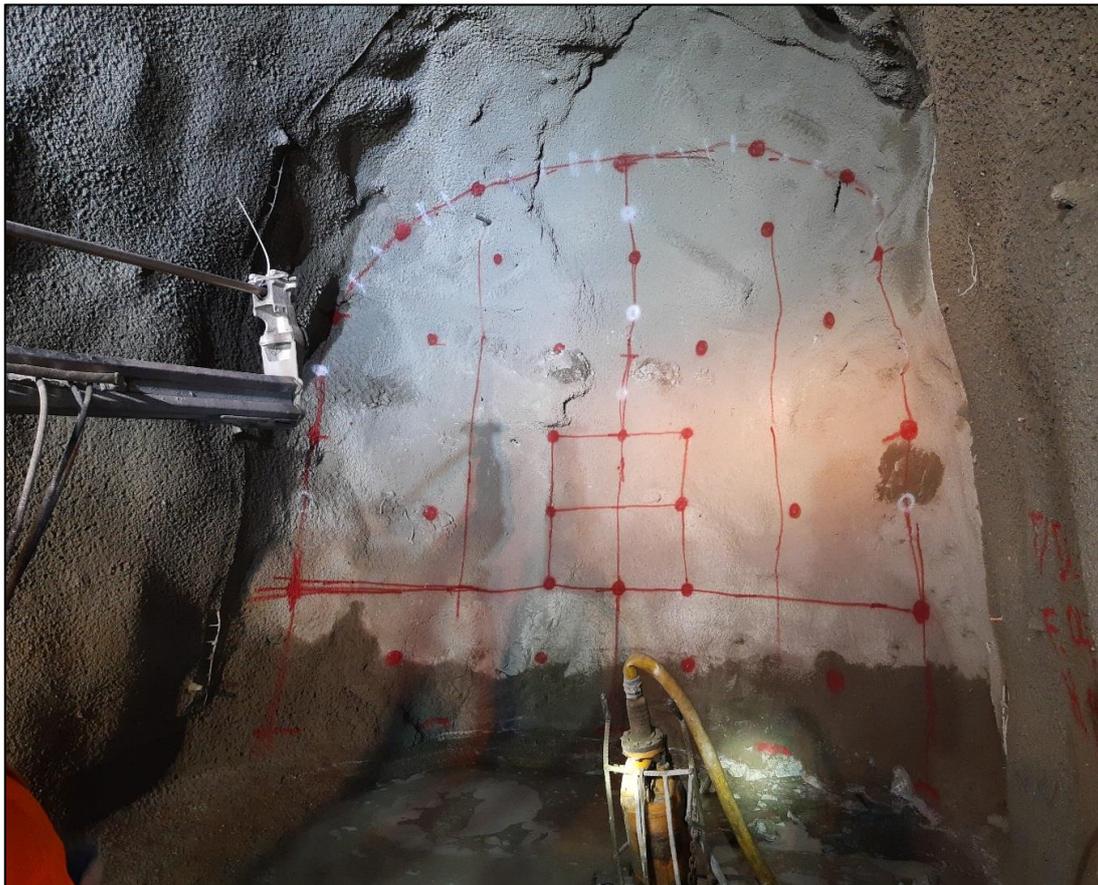


Figura N.º62: *Perforación de la RP PATRICK 5 según procedimientos mina*

Fuente: Elaboración propia.

Los operadores de jumbo ejecutaron sus reportes en formatos establecidos ya aprobados por la empresa titular minera MARSA (véase ANEXO A). El análisis de las áreas de supervisión directa se da además con el reporte del supervisor de mina y/o jefe de guardia (véase ANEXO C), para poder controlar y verificar que el operador del jumbo este reportando datos reales.

#### 4.3.4 Optimización del rendimiento de aceros

Al estimarse la cantidad de pies que deben de perforar las brocas de 45 mm – R32 se realizaron las perforaciones bajo esta consigna:

- En labores de 8' x 9' : una broca
- En labores de 3.0 m x 3.0 m : dos brocas
- En labores de 3.5 m x 3.5 m : dos brocas



- En labores de 4.0 m x 4.0 m : dos brocas
- En labores de 4.5 m x 4.0 m : dos brocas

Las brocas de 45 mm – R32 que perforan en labores de 3.0 m x 3.0 m o de 3.5 m x 3.5 m pueden volver a perforar un frente de similares características o menores secciones.

Al estimarse los tiempos en que se deben de realizar las perforaciones con las rimadoras de 102 mm se concluyó que cuando lleguen a los 1093 pies perforados tienen que ser enviadas a mantenimiento de aceros para su respectiva afilada.

Las brocas de botones de 45 mm –R32 fueron optimizadas en promedio de 1022.88 pies perforados a 1260.34 pies perforados generando que las brocas pasen su vida nominal y por ende se retiren menos cantidades de unidades de almacén.

Por otro lado, las rimadoras de 102 mm fueron optimizadas de 1565.62 pies perforados a 2059.19 pies perforados, no fue posible que la vida útil de las rimadoras de 102 mm alcancen su vida nominal debido a la pre voladura que se realiza en las zonas de la profundización (voladura de los taladros de pre acondicionamiento). Además, dicho remanente de pies faltos se cobra mediante carta a la titular minera.

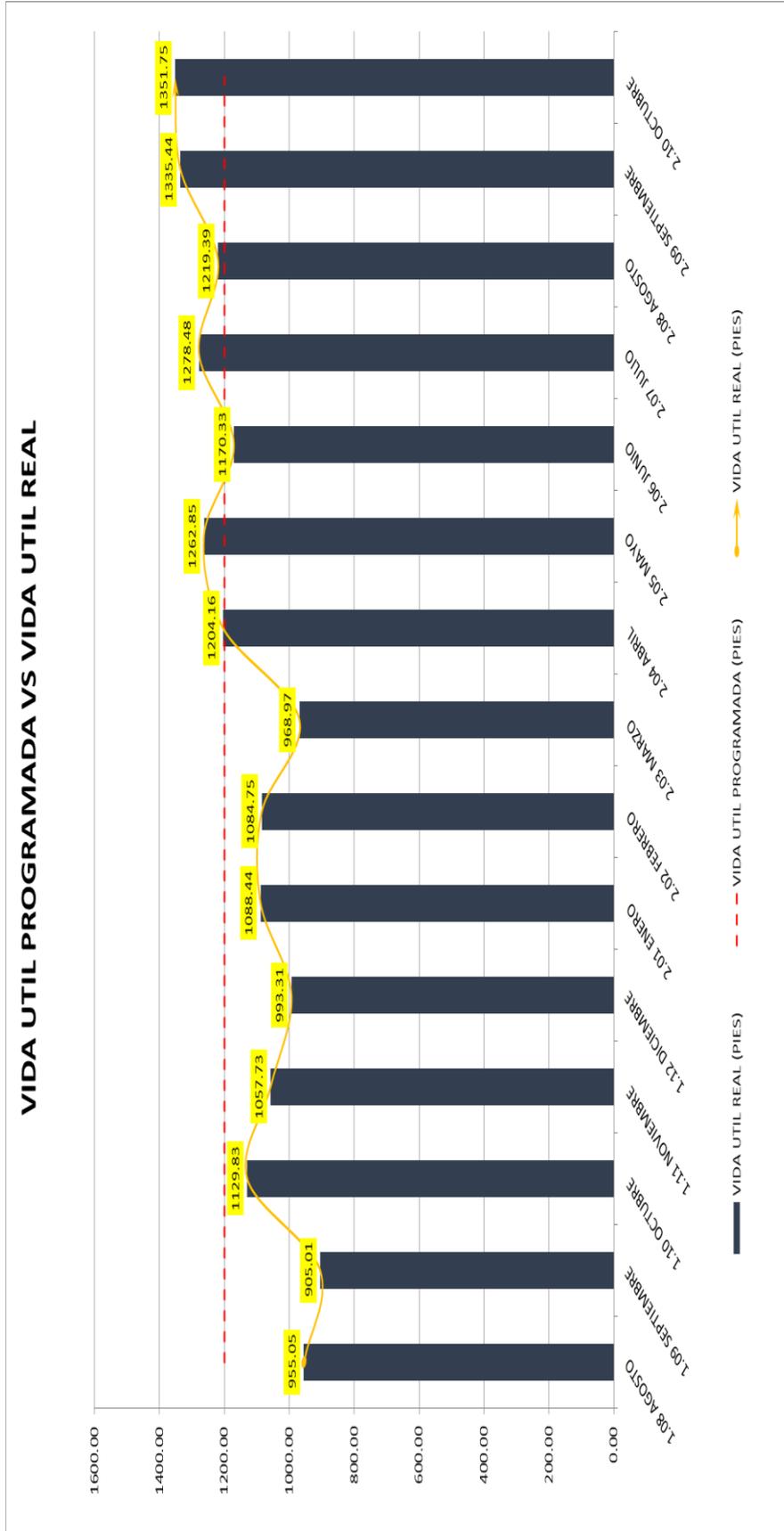


Figura N.º 63: Vida útil nominal VS vida útil real en brocas de 45 mm –R32

Fuente: Elaboración propia.

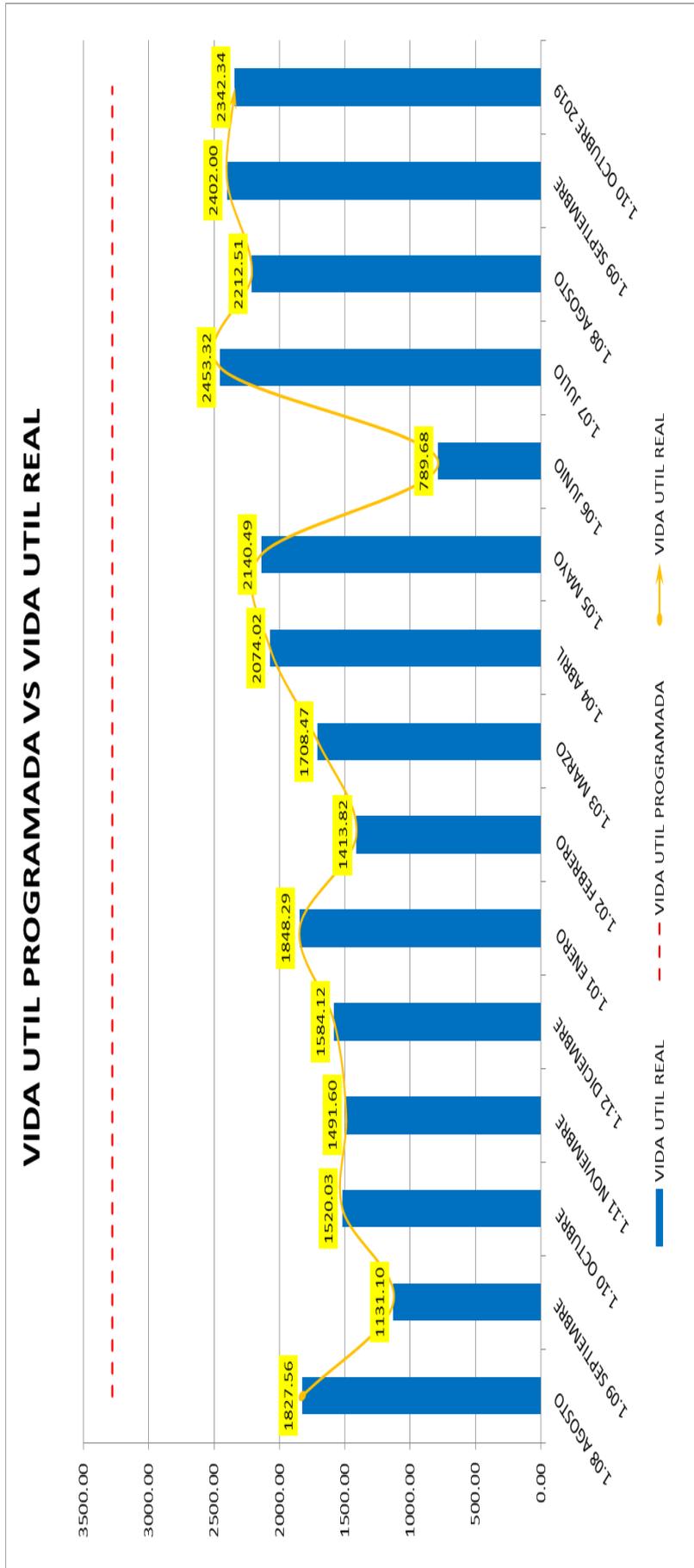


Figura N.º64: Vida útil nominal VS vida útil real en rimadoras de 102 mm

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que en el mes de junio cayó el rendimiento de las rimadoras, esto ocurrió debido a que una rimadora casi nueva se atascó y se perdió en la perforación.



#### 4.3.5 Reducción de costos por perforación

Al tener los aceros en óptimas condiciones se pudo reducir los costos de perforación por frente de trabajo como se detalla a continuación:

Tabla 25:  
*Costos optimizados de aceros de perforación por PP del jumbo S1D*

ACEROS	UND	PRECIO (SOLES)	VIDA UTIL (PP)	COSTO (soles/PP)
Barra MTF38 x 14 pies	Pza.	1996.660	5000.00	0.399
Broca de botones de 45 mm –R32	Pza.	366.320	1260.34	0.290
Shank Cop T38x435M	Pza.	875.057	9000.00	0.097
Acople T38/R32 N	Pza.	308.470	4920.00	0.063
Rimadora de 102 mm	Pza.	1597.640	3280.00	0.487
Adaptador Piloto R32/51.5 mm	Pza.	702.100	3280.00	0.214
Juego de copas de afilado	Pza.	511.500	10000.00	0.051
Aguzadora de copas	Pza.	709.500	250000.00	0.001
Herramientas	Pza.	120.000	10000.00	0.012
<b>TOTAL</b>				<b>1.614</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se optimizó de 1.686 soles/pie perforado a 1.614 soles/pies perforados del jumbo S1D respecto al P.U.

Tabla 26:  
*Costos optimizados de aceros de perforación por PP del jumbo T1D*

ACEROS	UND	PRECIO (SOLES)	VIDA UTIL (PP)	COSTO (soles/PP)
Barra MTF38 x 12 pies	Pza.	1,722.020	5,000	0.344
Broca de botones de 45 mm –R32	Pza.	366.320	1260.34	0.290
Shank Cop T38x435M	Pza.	875.057	9,000	0.097
Acople T38/R32 N	Pza.	308.470	4,920	0.063
Rimadora de 102 mm	Pza.	1,597.640	3,280	0.487
Adaptador Piloto R32/51.5 mm	Pza.	702.100	3,280	0.214
Juego de copas de afilado	Pza.	511.500	10,000	0.051
Aguzadora de copas	Pza.	709.500	250,000	0.003
Herramientas	Pza.	120.000	10,000	0.012
<b>TOTAL</b>				<b>1.561</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se optimizó de 1.686 soles/pie perforado a 1.561 soles/pies perforados del jumbo S1D respecto al PU.

#### **4.4 RESULTADOS DEL OBJETIVO C: FASE DE MANTENIMIENTO**

Debido a los problemas e inconvenientes vistos en el mantenimiento de los aceros de perforación se está eligiendo la estrategia de costos asociados al tiempo y ciclo de vida de productos, esta estrategia de control no permitió trabajar los aceros de perforación basados en los rendimientos de su vida nominal que son de 1200 pies perforados en brocas de 45 mm –R32 y rimadoras de 102 mm.

##### **4.4.1 Mantenimiento de los aceros de perforación**

Se realizó las capacitaciones al personal involucrado en el mantenimiento de los aceros de perforación desde los bodegueros, operadores de jumbo, supervisor de mina y jefes de guardia de forma constante (servicios de la operación).



*Figura N.º65: Capacitación de afilado de aceros de perforación*

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó los afilados de las brocas de 45 mm – R32 y rimadoras de 102 mm cuando las primeras tengan ya perforados 400 pies y las segundas tengan 1093 pies perforados. Siendo ideal que cada jumbo cuente con un juego de cuatro brocas de 45 mm – R32 y un juego de dos rimadoras de 102 mm (mantenimiento operacional).

Tabla 27:  
*Rendimiento de las brocas por afilado*

Mes	Vida útil nominal	PP / 1° afilada	PP / 2° afilada	PP	Total
Abril 2019	1200	400	400	404	1203.98
Mayo 2019	1200	400	400	463	1262.90
Junio 2019	1200	400	400	371	1171.15
Julio 2019	1200	400	400	478	1277.99
Agosto 2019	1200	400	400	420	1220.21
Septiembre 2019	1200	400	400	535	1334.50
Octubre 2019	1200	400	400	552	1352.19
Promedio					<b>1260.41</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se trabajó raudamente en afilar las brocas de botones cuando lleguen a los 400 pies perforados, siendo posible dos afilados de brocas y una utilización por tercera vez hasta que culmine su vida útil residual.

Tabla 28:  
*Rendimiento de las rimadoras por afilado*

Mes	Vida útil nominal	PP / 1° afilada	PP / 2° afilada	PP	Total
Abril 2019	3280	700	700	676	2076.35
Mayo 2019	3280	700	700	742	2141.59
Junio 2019	3280	700	700	0	790.90
Julio 2019	3280	700	700	1055	2455.30
Agosto 2019	3280	700	700	814	2213.94
Septiembre 2019	3280	700	700	1002	2402.10
Octubre 2019	3280	700	700	943	2342.98
Promedio	-	-	-	-	<b>2060.45</b>

Fuente: Elaboración propia.



Se trabajó en afilar las rimadoras de 102 mm cuando lleguen a los 700 pies perforados, aunque lo nominal sería a los 1093 pies perforados. Pero basados en sus rendimientos se anticipó su mantenimiento.

#### 4.5 DISCUSIONES

El autor (Picón, 2014). Señala que el incremento de la vida útil de aceros tuvo un rendimiento de más del 80% siendo los actores críticos para mejorar los resultados son los factores logísticos, ya que son el área que directamente intervienen en la gestión de este material. Y en el presente estudio mediante los cálculos realizados se redujo el stock de las brocas de botones de 45 mm –R32 de 10 unidades a 05 en promedio, reduciendo en un 50%. Por otro lado, se incrementó el stock rimadoras de 102 mm de una unidad a dos unidades. Al calcularse la cantidad de brocas y rimadoras a consumir por el metraje programado mensual solo se retiraban de almacén MARSa las brocas solicitadas por supervisión mina de la empresa minera Tauro S.A.C.

Según el autor (Camarena, 2012). Señala que es necesario trabajar con 6 brocas de 45 mm para los jumbos de 2 brazos y 4 brocas de 45 mm para jumbos de 01 brazo. Pero en este presente trabajo se determinó que los jumbos tienen que trabajar con 02 brocas en secciones de 8' x 9', 03 brocas en secciones de 3.0 m x 3.0m y con 04 brocas en secciones mayores a 3.5 m x 3.5m y 4.0m x 4.0m.

Según el autor (Jáuregui, 2009). Señala que el costo en perforación se eleva por el alto consumo de brocas de 45mm: lo cual se da por no continuar con un afilado constante y continuo de las brocas, teniéndose las aguzadoras en ubicaciones estratégicas donde pueden afilarse el total de brocas que se requiere diariamente emplear y puedan entregarse a tiempo las brocas afiladas a las labores donde se las requieren. Con el afilado las brocas de 45mm pueden llegar a durar en promedio un 25% más de su vida útil. Siendo los resultados de la presente investigación un incremento del rendimiento de las brocas de un 6%. Por otro lado, no se logró sobre pasar la vida útil de las rimadoras, pero si se logró aumentar su vida útil en 31% respecto a la situación original del problema.



## V. CONCLUSIONES

Mediante la selección de la estrategia de control en reducción de costos de Just In Time para optimizar la vida útil de los aceros en la fase de distribución se redujo el stock de las brocas de botones de 45 mm –R32 en un 50 %, reduciendo de 10 unidades a 04 unidades de sobre exceso en stock. Y al dejar de consumir las cinco unidades estas representan un ahorro de 22345.52 soles/mes. Por otro lado, se incrementó el stock de rimadoras de cero unidades a dos unidades para no afectar la producción en mina como indica la metodología de Just in Time, teniendo estas unidades como Stand By.

Mediante la selección de la estrategia de control en reducción de costos de Costo Kaizen y plan de capacitación para optimizar la vida útil de los aceros en la fase de utilización de aceros se concluyó que se tiene que realizar en perforación de frentes con brocas de 45 mm – R32: Una broca por labor perforada de 8 pies x 9 pies más un Stand By de 01 unidad; dos brocas en labores de 3.0 m x 3.0 m, 3.5 m x 3.5 m más un Stand By de 01 unidad; dos brocas en labores de 4.0 m x 4.0 m y de 4.5 m x 4.5 m más un Stand By de 02 unidades . Y con las rimadoras de 102 mm se perforan con un juego de dos unidades por frente perforado. Así mismo se logró aumentar el rendimiento de las brocas de botones en un 19%. Por otro lado, no se logró llegar a la meta de la vida útil de las rimadoras de 102 mm, pero si se optimizó su vida útil en un 31%. Siendo el consumo nominal de 34 unidades en promedio/mes obteniendo un consumo de 30 unidades en promedio/mes, ahorrando 04 unidades en promedio/mes reflejando una disminución en costos de 1465.28 soles/mes. Por otro lado, el consumo nominal de las rimadoras de 102 mm es de 03 unidades/mes reduciéndolo a 02 unidades/mes no se refleja un ahorro de costos debido a que es necesario tener siempre una unidad en Stand By por jumbo. Respecto al P.U se optimizó de 1.632 soles/pie perforado a 1.629 soles/pies perforado, teniendo una reducción de costos en perforación de frentes de 0.003 soles/pie.

Mediante la selección de la estrategia de control en reducción de costos de Costos asociados al tiempo y ciclo de vida de productos para optimizar la vida útil de los aceros en la fase de mantenimiento se incrementó la vida útil de las brocas de 45 mm –R32 de 1,015.191 pies perforados a 1,260.34 pies perforados, sobre pasando la vida nominal estimada de 1200 pies. Siendo el consumo nominal de 228 brocas de 45 mm –R32, pero



usándose en campo 214 brocas de 45 mm – R32. Generando una reducción de costos de soles del consumo de los aceros de perforación en el jumbo S1D de 1.686 soles/PP a 1.614 soles/PP y en el jumbo T1D de 1.632 soles/PP a 1.561 soles /PP; siendo como reducción final en costos 38,578.050 soles por el total de pies perforados en todo el tiempo del estudio. Por otro lado, se optimizó la vida útil de las rimadoras de 102 mm de 1,565.62 pies perforados a 2,059.19 pies perforados, pero no se logró llegar a sobre pasar la vida nominal programada debido los tres taladros de pre acondicionamiento en el ciclo de minado, por lo cual el remanente de los pies perforados se reintegrará por parte de CIA.



## VI. RECOMENDACIONES

Tomar mayor énfasis en el control de las rimadoras de 102 mm en la unidad minera San Andrés por presentar características inusuales en el ciclo de minado, como son los tres taladros de pre acondicionamiento que generan que su desgaste sea mayor. Así mismo es factible la implementación de brocas de 45 mm retractiles.

Adquirir una afiladora SECOROC BQ3 para evitar un mal afilado, ya que al ser Semi automática los afilados serán de mayor garantía y durabilidad. Brindando la confianza de poder trabajar con brocas de 45 mm – R32 y rimadoras con adecuados botones afilados.



## VII. REFERENCIAS

- Abanto, J., & Vásquez, J. (2016). *Reducción de Costos en las Operaciones Unitarias de Perforación y Voladura Optimizando el Mantenimiento de Brocas de 45mm, Rimadoras de 102mm y el Consumo de Explosivo en las Labores de Desarrollo que Realiza la Empresa CONMICIV S.A.C en CMH S.A.* Trujillo.
- Atlas Copco. (2015). *Herramientas para perforación de rocas Secoroc. Perforación manual y accesorios - Catálogo de productos.* Lima.
- Atlas Copco. (s.f.). *Catálogo de Atlas Copco - Rocket Boomer SID es español.*
- ATLAS COPCO. (s.f.). *Technical Specifications - Atlas Copco Underground Jumbo Face Drilling Rig - T1D. Catálogo de Atlas Copco.*
- Baldini, R., & Casari, M. (2008). *Los Modelos de Costeo y la Gestión Empresaria - Primera Parte* (Vol. 11). Argentina, Argentina.
- Camarena, D. (2012). *Optimización de las Brocas de 38,45mm y del Sistema de Perforación, con Fines de Disminuir Costos en la UEA Semiglo de la Empresa Minera ATACOCHA S.A.* Huancayo.
- Casari, M., & Baldini, R. (2013). *Reducción de Costos en la Empresa y su Vinculación con las Filosofías de Gestión.* Revista Costos y Gestión 88.
- Gamarra, A. (2011). *Optimización de las Brocas de Botón de 45 mm\* r32 para Minimizar los Costos de Perforación en la Compañía Minera MILPO S.A.A. UEA EL PORVENIR.* Huancayo.
- Jáuregui, O. (2009). *Reducción de los Costos Operativos en Mina, Mediante la Optimización de los Estándares de las Operaciones Unitarias de Perforación y Voladura.* Lima.
- Lopez, C. (2003). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas.* España: INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA.
- Mallma, I. (2013). *Optimización del Uso de Aceros de Perforación en la UEA SAN CRISTÓBAL de Minera BATEAS S.A.C.* Huancayo.
- Marroquín, R. (2013). *Protocolo de la Investigación Científica.* Lima.
- Orcon, A. (2014). *Las Brocas de Botón de 45 mm\* R32 para Perforación en Consorcio Minero Horizonte S.A., Parcoy- La Libertad.* Huancayo.
- Picón, Á. (2014). *Metodología para Optimizar el Consumo de los Aceros de Perforación Utilizados en Jumbos.* Lima.



SANDVIK Del Perú. (2005). *Manual de accesorios de perforación*. Lima.

Veyrat, S., Galera, J. M., Sancho, M., Andersson, H., Thoese, W., & Rietschel, C. (2016). *Experiencias para Mitigación de Estallidos de Roca - Proyecto Hidroeléctrico Cheves (Perú)*. (c. e. El presente artículo es una traducción del trabajo presentado en el 3rd International Symposium on Mine Safety Science and Engineering, Ed.) Lima.



# ANEXOS

Anexo A. Formato de reportes de operación jumbo

<b>FORMATO DE REPORTE DE OPERACIÓN (JUMBO)</b>												
		TURNO: _____		EQUIPO: _____		H. PERCUSION INICIAL: _____		FINAL: _____				
FECHA: ____ / ____ / ____		COMBUSTIBLE (GLNI): _____		D. DIESEL INICIAL: _____		FINAL: _____		H. ELECTRICO INICIAL: _____				
OPERADOR:		N° TALADRO		LONGITUD DE TALADRO		OBSERVACIONES						
ITEM	HORA INICIAL	HORA FINAL	CODIGO ACTIVIDAD	CODIGO BROCA	TIPO DE ROCA	LABOR	N° TALADRO RIMADOS	LONGITUD DE TALADRO				
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <b>ACTIVIDADES OPERATIVAS</b>            101 Perforacion de Frente            102 Perforacion para Sostenimiento            103 Desplazamiento de Equipo            104 Carguio e Inyectado de Cem-con            109 Otros .....         </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <b>PARADAS OBLIGATORIAS</b>            201 Abaste. Combustible            202 Reparto de Guardia            203 Check List Equipo            204 Refrigiero            205 Reporte Diario            206 Ingreso a Mina            209 Otros .....         </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <b>PARADAS DE SEGURIDAD</b>            501 Falla/mal estado linea tierra            502 Falla/mal estado circulina            503 Falla/mal estado claxon            504 Falla/mal estado extintor            505 Falla/mal estado faros            506 Accidente equipo            509 Otros .....         </td> </tr> </table>										<b>ACTIVIDADES OPERATIVAS</b> 101 Perforacion de Frente 102 Perforacion para Sostenimiento 103 Desplazamiento de Equipo 104 Carguio e Inyectado de Cem-con 109 Otros .....	<b>PARADAS OBLIGATORIAS</b> 201 Abaste. Combustible 202 Reparto de Guardia 203 Check List Equipo 204 Refrigiero 205 Reporte Diario 206 Ingreso a Mina 209 Otros .....	<b>PARADAS DE SEGURIDAD</b> 501 Falla/mal estado linea tierra 502 Falla/mal estado circulina 503 Falla/mal estado claxon 504 Falla/mal estado extintor 505 Falla/mal estado faros 506 Accidente equipo 509 Otros .....
<b>ACTIVIDADES OPERATIVAS</b> 101 Perforacion de Frente 102 Perforacion para Sostenimiento 103 Desplazamiento de Equipo 104 Carguio e Inyectado de Cem-con 109 Otros .....	<b>PARADAS OBLIGATORIAS</b> 201 Abaste. Combustible 202 Reparto de Guardia 203 Check List Equipo 204 Refrigiero 205 Reporte Diario 206 Ingreso a Mina 209 Otros .....	<b>PARADAS DE SEGURIDAD</b> 501 Falla/mal estado linea tierra 502 Falla/mal estado circulina 503 Falla/mal estado claxon 504 Falla/mal estado extintor 505 Falla/mal estado faros 506 Accidente equipo 509 Otros .....										
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <b>ACTIVIDADES NO OPERATIVAS</b>            Inundación            Falta Limpieza            Falta Materiales            Falta Energia Electrica            Falta de Ventilacion            Otros .....         </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <b>PARADAS MANTENIMIENTO</b>            301 Falla Mecánica            302 Falla Eléctrica            303 Mantto. Preventivo            304 Mantto. Correctivo            309 Otros .....         </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <b>TIPO DE ROCA</b>            1 Roca Dura            2 Roca Semidura            3 Roca Suave         </td> </tr> </table>										<b>ACTIVIDADES NO OPERATIVAS</b> Inundación Falta Limpieza Falta Materiales Falta Energia Electrica Falta de Ventilacion Otros .....	<b>PARADAS MANTENIMIENTO</b> 301 Falla Mecánica 302 Falla Eléctrica 303 Mantto. Preventivo 304 Mantto. Correctivo 309 Otros .....	<b>TIPO DE ROCA</b> 1 Roca Dura 2 Roca Semidura 3 Roca Suave
<b>ACTIVIDADES NO OPERATIVAS</b> Inundación Falta Limpieza Falta Materiales Falta Energia Electrica Falta de Ventilacion Otros .....	<b>PARADAS MANTENIMIENTO</b> 301 Falla Mecánica 302 Falla Eléctrica 303 Mantto. Preventivo 304 Mantto. Correctivo 309 Otros .....	<b>TIPO DE ROCA</b> 1 Roca Dura 2 Roca Semidura 3 Roca Suave										
V°B° del Operador												
V°B° del Supervisor Contrata												
V°B° de Jefe de Sección												



Anexo B. Formato control de entrega de aceros de perforación

CONTROL DE ENTREGA DE ACEROS DE PERFORACIÓN										
TURNO: _____			EQUIPO: _____							
FECHA: ____ / ____ / ____			BODEGUERO: _____							
ITEM	ACERO DE PERFORACION	DESTINO	OPERADOR	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE CAMBIO	FECHA DE AFILADO	TURNO	PIES PERFORADOS	RENDIMIENTO	OBSERVACIONES
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

_____	_____	_____
V.B. JEFE DE GUARDIA	V.B. JEFE DE COSTOS	V.B. RESIDENTE

