

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS:

**Evaluación de pérdidas prematuras y su incidencia en el rendimiento
de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en
la UO San Cristóbal, CIA Minera Volcan S.A.A., 2023**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:
Bach. Ramon Mequias CHAVEZ ORELLANA

ASESOR:
Msc. Ing. Edmundo CAMPOS ARZAPALO

AYACUCHO - PERÚ

2024

Dedicatoria

Principalmente a Dios por fortalecerme en los momentos de dificultad y de debilidad. A mis queridos padres Cipriano y Luisa; y, hermanos, por el amor y apoyo incondicional y poder compartir momentos gratos...

Agradecimiento

A mis queridos docentes de la UNSCH quienes me brindaron los conocimientos y criterios necesarios para formar equipo, en la industria minera.

A la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la UNSCH por haberme transmitido los conocimientos, experiencias y orientación vocacional para mi formación profesional como Ingeniero de Minas.

A la empresa Rock Tools Perú S.A.C. por confiar y darme la oportunidad de aprender y aplicar conocimientos técnico-teóricos en la operación unitaria de perforación y aceros de perforación.

Resumen

El presente trabajo de investigación denominada: “Evaluación de pérdidas prematuras y su incidencia en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la UO San Cristóbal, CIA Minera Volcan S.A.A., 2023”, surge a raíz del excesivo consumo de accesorios de la columna de aceros de perforación en las diversas labores de avance, sin duda este problema trae como consecuencias el elevado costo de aceros poniendo en riesgo la permanencia de la empresa, lo descrito permitió plantear el siguiente propósito de evaluar pérdidas prematuras para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la unidad operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. 2023, para lo cual se desarrolló con una investigación aplicada y cuasi experimental, los instrumentos utilizados es la recolección de datos, revisión bibliográfica y de campo mediante fichas de control. Los controles de mayor injerencia para la obtención de los resultados fue el control de los parámetros de perforación, control del estado de boom de perforación, el aguzado de las brocas y capacitación a los operadores, estos controles permitieron optimizar la vida útil de los aceros de la columna de perforación en un 104 % para el mes de diciembre.

Es de importancia conocer las características físicas del macizo rocoso, esta caracterización permite hacer una relación de resistencia y determinar la vida útil de los accesorios de perforación en función al tipo de roca, la data obtenida nos da como resultado que para Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, llega a una vida útil de 1734 m, para el Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, llega a una vida útil de 1527 m, para la Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), llega a una vida útil de 224 m, para la Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4') , llega a una vida útil de 220 m, para la Broca Retractable T38 64mm - 9ins, llega a una vida útil de 266 m, para la Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, llega a una vida útil de 156 m, los cuales indican que los controles implementados mejora significativamente el rendimiento de aceros de perforación.

Palabras clave: Accesorios de la columna de perforación en taladros largos, Simba S7D.

Abstract

The present research work called: “Evaluation of premature losses and their impact on the performance of drilling column accessories in long drills at the UO San Cristóbal, CIA Minera Volcan S.A.A., 2023”, with the purpose of responding to the excessive consumption of accessories of the drilling steel column in the various advancement tasks, with the purpose of evaluating premature losses to improve the performance of the drilling column accessories in long drills in the San operating unit Cristóbal of Compañía Minera Volcan S.A.A. 2023, for which it was developed with applied and quasi-experimental research, the instruments used are data collection, bibliographic and field review using control sheets. The most influential controls in obtaining the results were the sharpening of the drill bits, the control of the pressures, these controls allowed us to optimize the useful life of the drilling column steels by 104% for the month of December.

It is important to know the physical characteristics of the rock mass, this characterization allows to make a resistance ratio and determine the useful life of the drilling accessories depending on the type of rock, the data obtained gives us as a result that for Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, it reaches a useful life of 1734 m, for the Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, it reaches a useful life of 1527 m, for the Mf Bar T38 R39 T38 L1525mm (5 '), it reaches a useful life of 224 m, for the Mf Bar T38 R39 T38 L1220mm (4 '), it reaches a useful life of 220 m, for the Retractable Bit T38 64mm - 9ins, it reaches a useful life of 266 m, for the Reaming Bit T38 127mm (5 ") Dom C/Pilot reaches a useful life of 156 m, which indicates that the implemented controls significantly improve the performance of drilling steels.

Keywords: Drilling column accessories for long holes, Simba S7D.

Índice

Agradecimiento.....	iv
Resumen	v
Abstract.....	vi
Índice	vii
Lista de tablas	x
Lista de figuras.....	xiii
CAPITULO I Introducción	1
1.1 Título y ubicación.....	1
1.1.1 Descripción de la Realidad Problemática	1
1.1.2 Delimitación del Problema	3
1.2 Justificación e Importancia.....	3
1.2.1 Justificación teórica	3
1.2.2 Justificación practica	4
1.2.3 Justificación metodológica	4
1.3 Formulación del problema.....	5
1.3.1 Problema General	5
1.3.2 Problemas específicos.....	5
1.4 Alcance y limitaciones	5
1.4.1 Alcance de la investigación	5
1.4.2 Limitaciones de la investigación.....	5
1.4.3 Variables e indicadores.....	6
1.4.4 Variables independientes	6
1.4.5 Variables dependientes	6
1.5 Objetivos	7
1.5.1 Objetivo general	7
1.5.2 Objetivos específicos.....	7
1.6 Hipótesis.....	7
1.6.1 Hipótesis general	7
1.6.2 Hipótesis específica	7
CAPITULO II Marco teórico.....	8
2.1 Antecedentes del problema.....	8
2.1.1 En el ámbito internacional	8
2.1.2 En el ámbito nacional	9
2.1.3 En el ámbito local	10

2.2	Bases teóricas	11
2.2.1	Métodos de perforación de rocas	11
2.2.2	Principios de la perforación Roto-percutiva	16
2.2.3	Fundamentos de la perforación Roto-percutiva	17
2.2.4	Equipo de perforación (Simba S7D).....	23
2.2.5	Ubicación de los componentes del equipo simba S7D.....	28
2.2.6	Módulo de perforación a brazo de perforación	28
2.2.7	Accesorios de la columna de perforación	34
2.2.8	Método de minado Bench and Fill.....	38
2.2.9	Causas de las fallas o perdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación	41
2.3	Marco conceptual	51
CAPITULO III Materiales y métodos		53
3.1	Descripción de la Unidad Minera San Cristóbal.....	53
3.1.1	Generalidades	53
3.1.2	Ubicación y accesibilidad.....	53
3.1.3	Geología Estructural.....	55
3.1.4	Geología económica	55
3.1.5	Geología Regional	56
3.1.6	Geología Local	57
3.1.7	Recursos minerales	60
3.1.8	Reservas minerales	60
3.2	Metodología de investigación.....	61
3.2.1	Modalidad básica de la investigación.	61
3.2.2	Tipo de investigación.....	61
3.2.3	Nivel de investigación.	61
3.2.4	Diseño de investigación.....	61
3.2.5	Población.....	62
3.2.6	Muestra.....	63
3.2.7	Muestreo.....	63
3.2.8	Lugar de análisis.....	63
3.2.9	Unidad de análisis.....	63
3.2.10	Técnicas.....	64
3.2.11	Instrumentos	64
3.3	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	64
CAPITULO IV Resultado y discusión		65
4.1	Labores del desarrollo de estudio	65

4.1.1	Rampas	67
4.1.2	Galerías	67
4.1.3	Cruceros	68
4.2	Mantenimiento de los accesorios de la columna de perforación	66
4.2.1	Control en el afilado de brocas	66
4.2.2	Engrase de los acoplamientos roscadas	67
4.2.3	Asistencia técnica	67
4.2.4	Presiones de trabajo equipos frontoneras	69
4.2.5	Análisis causa – efecto de la vida de las brocas	70
4.3	Análisis de datos de la investigación	71
4.3.1	Datos históricos	71
4.3.2	Toma de datos	75
4.4	Discusión de resultados	105
4.4.1	Rendimiento de la columna de aceros de perforación	105
4.4.2	Evaluación de los costos de aceros de perforación	112
4.4.3	Prueba de normalidad	116
4.4.4	Prueba de hipótesis	116
	Conclusiones	119
	Recomendaciones.....	120
	Referencias Bibliográficas	121
	MATRIZ DE CONSISTENCIA	123

Lista de tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2 Existe una cierta correlación entre la dureza y la resistencia a la compresión de la roca.	11
Tabla 3 El porcentaje de contenido de cuarzo de diferentes tipos de roca	13
Tabla 4: Gama de Diámetros más Comunes Según los Campos de Aplicación de las Perforadoras.	17
Tabla 5 Parámetros de perforación de la simba S7D.....	22
Tabla 6 Especificaciones Técnicas del Equipo de Perforación de Taladros Largos Simba S7D	24
Tabla 7 Vida útil de los accesorios de la columna de perforación.	36
Tabla 8 Ubicación y Accesibilidad a la Mina San Cristóbal	54
Tabla 9 Parámetros de perforación (taladros largos).....	69
Tabla 10 Equipos de perforación, taladros largos.	72
Tabla 11 Distribución de los accesorios de la columna de perforación.	72
Tabla 12 Precio unitario de cada accesorio.	73
Tabla 14 Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de junio, 2023.....	75
Tabla 15 Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de junio.....	77
Tabla 16 Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorios de la columna de perforación durante el mes de junio.	78
Tabla 17 Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de julio, 2023.	80
Tabla 18 Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de julio.....	81
Tabla 19 Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de julio.	83
Tabla 20 Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de agosto, 2023.	84
Tabla 21 Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de agosto.	86

Tabla 22 <i>Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de agosto.</i>	87
Tabla 23 <i>Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de setiembre, 2023.</i>	89
Tabla 24 <i>Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de setiembre.</i>	90
Tabla 25 <i>Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de octubre, 2023.</i>	92
Tabla 26 <i>Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de octubre.</i>	93
Tabla 27 <i>Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de octubre.</i>	95
Tabla 28 <i>Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de noviembre, 2023.</i>	96
Tabla 29 <i>Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de noviembre.</i>	98
Tabla 30 <i>Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de noviembre.</i>	99
Tabla 31 <i>Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de diciembre, 2023</i>	101
Tabla 32 <i>Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de diciembre.</i>	102
Tabla 33 <i>Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de diciembre.</i>	104
Tabla 34 <i>Resumen de rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.</i>	105
Tabla 35 <i>Rendimiento de Shank Cop1838 T38 D52 L525mm</i>	106
Tabla 36 <i>Rendimiento de Shank Cop1838 T38 D52 L435mm</i>	107
Tabla 37 <i>Rendimiento de Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')</i>	108
Tabla 38 <i>Rendimiento de Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')</i>	109
Tabla 39 <i>Rendimiento de Broca Retractil T38 64mm - 9ins</i>	110
Tabla 40 <i>Rendimiento de Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot</i>	111
Tabla 41 <i>Resumen de perdida de costos por meses del año 2023.</i>	112
Tabla 42 <i>Pruebas de normalidad</i>	116
Tabla 43 <i>Prueba de hipótesis para Shank Cop1838.</i>	117

Tabla 44 <i>Prueba de hipótesis para Barra Mf T38 R39 T38.....</i>	117
Tabla 45 <i>Prueba de hipótesis para Broca Retractil T38 64mm - 9ins.....</i>	117
Tabla 46 <i>Prueba de hipótesis para Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot.....</i>	117

Lista de figuras

Figura 1 Resistencia más frecuente de los diferentes tipos de roca.	12
Figura 2 Propiedades de los diferentes tipos de roca según su origen.	13
Figura 3 Curvas de tensión-deformación de diferentes tipos de roca.	14
Figura 4 Clasificación del macizo rocoso a partir del espaciamiento entre juntas y la resistencia del material rocoso.	15
Figura 5 Campos de aplicación de los métodos de perforación en función de la resistencia de las rocas y diámetros de los barrenos.	16
Figura 6 Mecánica de la fractura de la roca en la perforación por percusión.	17
Figura 7 Acciones básicas de la perforación rotopercutiva.	18
Figura 8 Creación de la onda de choque.	18
Figura 9 Fuerzas no usadas retornan.	19
Figura 10 La fuerza de empuje que mantiene en contacto la broca y el macizo rocoso.	20
Figura 11 Influencia del empuje sobre la velocidad de penetración.	20
Figura 12 Principio de barrido de un barreno.	21
Figura 13 La Rotación entre Impactos Sucesivos.	21
Figura 14 El Simba S7 D Marca Epiroc, equipo de perforación de taladros largos para galerías de tamaño pequeño o mediano.	24
Figura 15 Dimensiones en milímetros.	26
Figura 16 Referencias de ubicación de la unidad de perforación.	28
Figura 17 Perforadora hidráulica COP1838.	29
Figura 18 Ubicación del acumulador de admisión (30) a lado derecho, acumulador de regulador de tiros (31) lado izquierdo y acumulador de retorno (35).	29
Figura 19 Cargador del acumulador.	30
Figura 20 Ubicación de stop ring.	30
Figura 21 Driver o estrías de pieza de arrastre (260), el casquillo de mordaza de rotación (261) y el pistón de impacto (430).	31
Figura 22 Piezas de deslizamiento en el sujetador.	32
Figura 23 Distancia que hay entre la viga de avance y el adaptador de culata.	33
Figura 24 Visión general de la viga y los pines y bocinas.	33
Figura 25 Revisión de bujes en alojamiento de cojinete.	34
Figura 26 Tratamiento Térmico.	35
Figura 27 Comparación entre la carburización y el temple superficial por alta frecuencia (HF).	35

Figura 28	<i>Accesorios de la columna de perforación de equipos simba, taladros largos.</i>	36
Figura 29	<i>Partes del shank adapter</i>	37
Figura 30	<i>Características y dimensiones de la barra.</i>	37
Figura 31	<i>Broca retráctil con diámetro 64mm</i>	38
Figura 32	<i>Perforación de frentes de avance.</i>	39
Figura 33	<i>Actividad de la perforación de taladros.</i>	39
Figura 34	<i>Actividad de la voladura del slot o cara libre</i>	40
Figura 35	<i>Voladura y limpieza de las primeras secciones.</i>	40
Figura 36	<i>Limpieza y relleno detrítico a los tajeos</i>	41
Figura 37	<i>Rajadura en el borde de las brocas</i>	42
Figura 38	<i>Rotura en forma anular en el cuerpo de la broca</i>	42
Figura 39	<i>Pérdidas de botones.</i>	43
Figura 40	<i>Microfisuras o piel de serpiente en los insertos</i>	43
Figura 41	<i>Partición de botones por debajo del cuerpo</i>	44
Figura 42	<i>Fallas en los insertos de la broca</i>	44
Figura 43	<i>Superficie dañada y fatiga rosa</i>	45
Figura 44	<i>Picadura y desgaste en los hilos</i>	46
Figura 45	<i>Despostillamiento y rotura de la rosca macho.</i>	46
Figura 46	<i>Falla a través de la rosca hembra</i>	47
Figura 47	<i>Falla en el extremo de la rosca hembra astillado o quemado</i>	47
Figura 48	<i>Rotura en cuerpo de la barra.</i>	48
Figura 49	<i>Marcas de impacto, picado y champeado al final de las aletas</i>	48
Figura 50	<i>Rotura y desgaste en las aletas del shank</i>	49
Figura 51	<i>Roturas al inicio y al final de las roscas del shank</i>	50
Figura 52	<i>Rotura frontal y por corrosión en el cuerpo del shank.</i>	50
Figura 53	<i>Picadura y deformaciones en las aletas del shank.</i>	51
Figura 54	<i>Ubicación y Accesibilidad de la Unidad Productora San Cristóbal</i>	54
Figura 55	<i>Plano de Sección Geológica Compuesta de la Unidad Productora San Cristóbal</i>	56
Figura 56	<i>Plano de Mapeo Geológico de la Unidad Productora San Cristóbal</i>	57
Figura 57	<i>Columna Estratigráfica Generalizada de la Unidad Productora San Cristóbal.</i>	58
Figura 58	<i>Proceso de experimentación.</i>	62
Figura 59	<i>Diagrama de afilado de brocas.</i>	66
Figura 60	<i>Afilado de brocas</i>	67
Figura 61	<i>Engrase de los acoplamientos roscadas</i>	67

Figura 62 <i>Asistencia tecnica</i>	68
Figura 63 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	71
Figura 64 <i>Promedio metros perforados por unidad de accesorio durante el año 2022, antes.</i> .74	
Figura 65 <i>Rendimiento obtenido durante el año 2022.</i>	74
Figura 66 <i>Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.</i>	76
Figura 67 <i>Metros perforados por accesorio de la columna de perforación en el mes de junio.</i>	77
Figura 68 <i>Consumo y pérdidas prematuras de los componentes de los accesorios de la columna de perforación.</i>	78
Figura 69 <i>Comparativo entre metros perforado por unidad de accesorio y el objetivo o vida útil durante el mes de Junio.</i>	79
Figura 70 <i>Rendimiento por unidad de accesorios de la columna de perforación durante el mes de julio.</i>	79
Figura 71 <i>Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.</i>	81
Figura 72 <i>Metros perforado por accesorio durante el mes de julio</i>	82
Figura 73 <i>Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de julio.</i>	82
Figura 74 <i>Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de julio</i>	83
Figura 75 <i>Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de julio</i>	84
Figura 76 <i>Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.</i>	85
Figura 77 <i>Metros perforado por accesorio durante el mes de agosto.</i>	86
Figura 78 <i>Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de agosto.</i>	87
Figura 79 <i>Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de agosto.</i>	88
Figura 80 <i>Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de agosto.</i>	88
Figura 81 <i>Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.</i>	90
Figura 82 <i>Metros perforados por accesorio durante el mes de setiembre.</i>	91

Figura 83 <i>Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de setiembre.</i>	91
Figura 84 <i>Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.</i>	93
Figura 85 <i>Metros perforado por accesorio durante el mes de octubre.</i>	94
Figura 86 <i>Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de octubre.</i>	94
Figura 87 <i>Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de octubre.</i> ...	95
Figura 88 <i>Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de octubre</i>	96
Figura 89 <i>Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.</i>	97
Figura 90 <i>Metros perforado por accesorio durante el mes de noviembre</i>	98
Figura 91 <i>Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de noviembre.</i>	99
Figura 92 <i>Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de noviembre.</i>	100
Figura 93 <i>Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de noviembre.</i>	100
Figura 94 <i>Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.</i>	102
Figura 95 <i>Metros perforado por accesorio durante el mes de diciembre.</i>	103
Figura 96 <i>Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de diciembre.</i>	103
Figura 97 <i>Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de diciembre.</i>	104
Figura 98 <i>Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de diciembre.</i>	104
Figura 99 <i>Rendimiento de Shank Cop1838 T38 D52 L525mm</i>	106
Figura 100 <i>Rendimiento de Shank Cop1838 T38 D52 L435mm</i>	107
Figura 101 <i>Rendimiento de Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')</i>	108
Figura 102 <i>Rendimiento de Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')</i>	109
Figura 103 <i>Rendimiento de Broca Retractil T38 64mm - 9ins</i>	110
Figura 104 <i>Rendimiento de Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot</i>	111

Figura 105 <i>Costos de Shank Cop1838 T38 D52 L525mm</i>	113
Figura 106 <i>Costos de Shank Cop1838 T38 D38 L435mm</i>	113
Figura 107 <i>Costos de Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')</i>	114
Figura 108 <i>Costos de Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')</i>	114
Figura 109 <i>Costo de Broca Retractil T38 64mm – 9 ins</i>	115
Figura 110 <i>Costos de Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot lot</i>	115

CAPITULO I

Introducción

1.1 Título y ubicación

La investigación desarrollada con la denominación; Evaluación de pérdidas prematuras y su incidencia en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la UO San Cristóbal, CIA Minera Volcan S.A.A., 2023, se desarrolló en la empresa minera Volcan con el propósito de obtener la mejora continua de los rendimientos en el uso de aceros de perforación en las operaciones, que por ende conlleve a la reducción de los costos de perforación.

En el primer capítulo se tiene el problema de investigación, en el cual se desarrolló todo lo concerniente a aspecto informativo de la investigación, la descripción de la problemática donde se analiza la justificación del trabajo de investigación, en el segundo capítulo el marco teórico hace referencia a los antecedentes del estudio, se profundiza y conceptualiza los parámetros de perforación y el estudio del comportamiento de los aceros de la columna de perforación. El tercer capítulo se presenta los materiales y métodos, se presente en este la información referente a geología, geomecánica, aspectos técnicos, descripción operacional de la operación de la columna de aceros de perforación, enfocados a describir la metodología de investigación utilizada en la mina de estudio

En el cuarto capítulo se tiene los resultados y discusión donde se presenta los principales resultados de la investigación y análisis comparativo con el estado del arte, por último, se tiene las conclusiones, recomendaciones, bibliografías y anexos donde se detalla la matriz de consistencia y los instrumentos de recolección de datos.

1.1.1 Descripción de la Realidad Problemática

En la actualidad en las actividades mineras, los aceros de perforación juegan un factor muy importante en el desarrollo de los ciclos de minado en especial en la operación unitaria de perforación, ya sea en subterránea o superficial (Aparco, 2019).

A nivel mundial, en todas las empresas mineras, la etapa de perforación dentro del ciclo de minado juega un papel muy importante, por ende, los métodos de explotación, clasificación del macizo rocoso, los equipos de perforación, estado de módulo de perforación, los accesorios de la columna de perforación, los operadores y el mantenimiento mecánico son determinantes en la etapa de preparación, avance y producción de minerales. En esta etapa de la operación unitaria tal igual en todo el proceso de la actividad minera viene experimentando avances tecnológicos de gran importancia especialmente en los equipos y

accesorios de la columna de perforación, donde, de los equipos de perforación de sistema neumática dan un gran paso a los equipos de sistema electro-hidráulico, trayendo consigo toda la complejidad y la variabilidad de equipos y los accesorios de la columna de perforación para cada tipo de terreno en función a la calidad y particularidad de cada mina. Las empresas mineras en el Perú, en la etapa de perforación de macizo rocoso presencia grandes dificultades lo cual conlleva a tercerizar dicha actividad a empresas especializadas, por lo tanto, las empresas especializadas realizan estudios minuciosos para determinar las pérdidas prematuras y elegir adecuadamente los accesorios de la columna de perforación, este hecho permite tener un control objetivo, consecuentemente mejorar los rendimientos, sin lugar a dudas maximiza las ganancias y minimiza pérdidas en este ciclo operativo importante.

La Unidad Operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A., enfrenta un desafío crítico en su fase de perforación, un proceso clave que influye directamente en la eficiencia de la explotación minera. Este desafío radica en pérdidas prematuras de accesorios de la columna de perforación, una problemática que afecta significativamente los costos operativos y la productividad de la mina. La perforación se realiza con equipos ATLAS COPCO de la empresa especializada en equipos de perforación Epiroc Perú S.A, en zonas de producción de diferentes niveles, donde se ha observado roturas y desgastes prematuras de los accesorios de la columna de perforación, resultando en un rendimiento subóptimo y una vida útil menor a la esperada por los fabricantes. Este problema no solo implica un aumento en los costos por la adquisición frecuente de nuevos accesorios, sino que también sugiere una eficiencia reducida en la cantidad de metros perforados, alejándose de los estándares óptimos de producción. Las causas identificadas incluyen una inadecuada caracterización geomecánica del macizo rocoso, parámetros de perforación mal regulados del equipo, el estado de los compones de boom de perforación, una gestión ineficaz del mantenimiento de los accesorios, una falta de habilidad y conocimiento técnico adecuado por parte de los operadores.

Dado el impacto directo de estas problemáticas, en la empresa ROCK TOOLS PERU S.A.C especializada en aceros de perforación se realiza la evaluación de pérdidas prematuras, su incidencia en metros perforados para mejorar el rendimiento y llegar a la vida útil de cada accesorio de la columna de perforación en taladros largos, consecuentemente optimizar los costos y elevar la productividad en mina.

1.1.2 Delimitación del Problema

Espacial (Geográfica)

La delimitación para la presente investigación se realizará en la Unidad Operativa San Cristóbal dentro del contexto de las operaciones de Volcán. Compañía Minera Volcán es una de las principales productoras de zinc, plomo, plata, y otros metales, con operaciones principalmente situadas en la Sierra Central del Perú.

Temporal

El siguiente estudio se desarrolla en un periodo de tiempo de 6 meses desde junio hasta diciembre del 2023.

1.2 Justificación e Importancia

1.2.1 Justificación teórica

Desde el punto de vista teórico, este estudio se apoya en fundamentos de ingeniería de minas, mecánica de rocas, y economía de operaciones mineras. La evaluación de las pérdidas prematuras de accesorios de perforación se relaciona directamente con la comprensión de cómo las características mecánicas del terreno, el estado del boom de perforación, presiones de trabajo, mantenimiento de aceros y factores operacionales afectan el desgaste de los aceros y la eficiencia en el proceso de perforación.

La perforación del macizo rocoso dentro del ciclo de minado es una de las actividades principales que tiene la finalidad de abrir huecos donde alojar las cargas de explosivos y sus accesorios, con la distribución y geometría adecuado en el frente de trabajo. En la actualidad, la perforación se realiza a través de la energía mecánica, básicamente mecánico roto-percutivo, por medio de los fundamentos de caracterización geomecánica, accesorios de la columna de perforación y otros (Solorza, 2020). La perforación es una de las actividades críticas dentro de la industria minera para extraer los recursos minerales de la corteza terrestre, por ende, los accesorios de la columna de perforación juegan un papel muy importante en el proceso de abrir huecos en el macizo rocos. Así mismo, esta actividad es muy frecuente en obras civiles, en la construcción de las carreteras, túneles hidroeléctricos y entre otros.

Esta necesidad conlleva a los fabricantes investigar e innovar nuevos equipos con sus respectivos accesorios cada vez más adecuados para cada operación a que estarán destinados.

1.2.2 *Justificación práctica*

La justificación práctica se centra en la importancia operacional y económica de mejorar la eficiencia de la perforación en la minería. Las pérdidas prematuras de accesorios de perforación representan un costo significativo para las operaciones mineras, afectando directamente la rentabilidad. Además, la eficiencia en la perforación, medida en metros perforados por unidad de tiempo y coste, es un indicador clave de productividad. Identificar y mitigar las causas de pérdidas prematuras puede resultar en ahorros considerables y en el aumento de la eficiencia operativa. Este estudio ofrece insights prácticos para la toma de decisiones en la gestión de operaciones mineras, desde la selección de equipos y accesorios hasta la capacitación de personal y la planificación de la perforación.

En los tajos de producción de la unidad operativa San Cristóbal que pertenece a la empresa Volcan Compañía Minera S.A.A. se evidencia pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación causando bajo rendimiento y elevado costo de adquisición de los aceros en la perforación de taladros largos. Ya que, existe deficiencias en conocer las características geomecánicas del macizo rocoso, el estado del módulo de perforación, presiones de trabajo, mantenimiento de aceros y factores operacionales.

El presente trabajo, mediante la evaluación de pérdidas prematuras de los indicadores antes mencionados, plantea mejorar el rendimiento y controlar las pérdidas prematuras de las tres partes básicas: Shank, Barra y Broca del equipo de perforación Simba modelo S7D que actualmente se encuentran operando en los tajos de producción de la mina san Cristóbal.

1.2.3 *Justificación metodológica*

Metodológicamente, el estudio propone una aproximación sistemática y analítica para identificar las pérdidas prematuras de accesorios de perforación y su impacto en el rendimiento en metros perforados. La aplicación de metodologías cuantitativas, como el análisis estadístico de datos operativos, junto con técnicas cualitativas, como el estudio de casos y la observación directa, permite una comprensión integral de las variables involucradas. Este enfoque metodológico no solo facilita la identificación de patrones y correlaciones, sino que también permite la formulación de recomendaciones basadas en evidencia para mejorar la práctica de perforación. La investigación contribuye al desarrollo de metodologías de análisis y evaluación en el campo de la ingeniería minera,

ofreciendo un modelo replicable para estudios similares en otras unidades operativas o contextos mineros.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema General

¿Cómo influye las pérdidas prematuras en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la unidad operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. 2023?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influyen las características mecánicas de la roca en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación?
- ¿De qué manera los parámetros de perforación mal regulados del equipo afectan en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación?
- ¿Por qué el estado de los componentes de módulo de perforación afecta en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación?
- ¿En qué medida el mantenimiento preventivo de los aceros mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación?

1.4 Alcance y limitaciones

1.4.1 Alcance de la investigación

El presente trabajo de investigación se realiza enfocado en determinar las causas de las pérdidas prematuras y aplicar controles que permitan mejorar el rendimiento de cada uno de sus componentes como el shank, barra broca retractil y broca escareadora los meses de, setiembre, octubre, noviembre y diciembre, teniendo como base los estudios de los meses de junio y julio del 2023.

1.4.2 Limitaciones de la investigación

Esta investigación se enfoca exclusivamente en la evaluación de las pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación y su impacto directo en la mejora del rendimiento en metros perforados dentro de la Unidad Operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcán S.A.A. Dicha limitación se justifica por la necesidad de profundizar en un análisis detallado y contextualizado de las condiciones operativas y geológicas específicas de San Cristóbal, las cuales son determinantes para entender las dinámicas particulares de pérdidas prematuras de accesorios y eficiencia en la

perforación. Si bien esta delimitación ofrece una oportunidad para obtener insights detallados y aplicables dentro de este contexto específico, reconoce que los resultados pueden no ser generalizables a otras unidades operativas sin consideraciones adicionales sobre sus diferencias en condiciones geológicas, tecnología de perforación y prácticas operativas.

1.4.3 Variables e indicadores

1.4.4 Variables independientes

Pérdidas prematuras de los aceros de perforación.

Indicadores:

- Caracterización mecánica de la roca.
- Parámetros de perforación del equipo.
- Estado de los componentes de módulo de perforación.
- Mantenimiento preventivo de los accesorios.

1.4.5 Variables dependientes

Rendimiento de accesorios de la columna de perforación.

Indicadores:

- Metros perforados por unidad.

Tabla 1:

Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Pérdidas prematuras.	Se considera como pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación a todos aquellos que han tenido roturas, desgastes u otras fallas antes de cumplir su vida útil incluyendo plantado de barras que se ha generado.	Evaluar las pérdidas prematuras es mitigar el consumo elevado de los accesorios de la columna de perforación que genera un alto costo de adquisición, consecuentemente maximizar los metros perforado mediante los equipos y principios de perforación.	Minimizar los costos de adquisición de aceros.	Propiedades físicas del macizo rocoso.
			Cumplir con el objetivo (vida útil de aceros)	Parámetros de perforación.
			Mayor eficiencia en la etapa de perforación	Componentes de módulo de perforación.
			Reducir el desgaste y facilitar el desmontado de acoplamiento, aumentar la vida útil de los aceros.	Mantenimiento de los accesorios.
Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.	El rendimiento es la cantidad de metros perforando por cada unidad de accesorio de perforación.	Mejorar el rendimiento de accesorio de perforación.	Mayores rendimientos de los accesorios de la columna de perforación	Metros perforados por unidad

1.5 Objetivos

1.5.1 *Objetivo general*

Evaluar pérdidas prematuras para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la unidad operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. 2023.

1.5.2 *Objetivos específicos*

- Verificar las características mecánicas de la roca para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.
- Precisar cómo influye los parámetros de perforación mal regulados para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.
- Identificar el estado de los componentes de boom de perforación para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.
- Diagnosticar el tiempo de mantenimiento de los aceros para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.

1.6 Hipótesis

1.6.1 *Hipótesis general*

La evaluación de las pérdidas prematuras mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la unidad operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. 2023.

1.6.2 *Hipótesis específica*

- Conocer adecuadamente las características mecánicas de la roca mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.
- Regular adecuadamente los parámetros de perforación mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.
- Los componentes de boom de perforación en óptimas condiciones mejoran el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.
- El mantenimiento preventivo mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.

CAPITULO II

Marco teórico

2.1 Antecedentes del problema

Después de una búsqueda incansable a cerca del problema de investigación, se encontraron un conjunto de antecedentes que guardan relación con el tema en estudio, apoyando como soporte teórico y análisis en el desarrollo del mismo. Aquellos antecedentes que se relacionan con el presente estudio son los siguientes:

2.1.1 *En el ámbito internacional*

En el año 2012, Mayoral Fernández, Rubén, en su trabajo de investigación titulado: *Optimización técnico-económica de perforación de barrenos en terrenos homogéneos. búsqueda de leyes de desgaste para bocas de perforación de la Universidad de Oviedo, España.* La situación problemática de la mina metálica subterránea de Boinás fue problema técnico y alto costo de aceros de perforación empleados en terrenos de extrema dureza y de gran agresividad con las brocas, para poder extraer minerales que se encuentran inmerso en medio de Skam de contacto. Tiene como objetivo optimizar tanto técnico como económicamente la perforación de barrenos en terrenos homogéneos y añadir conocimiento a la enorme pirámide del saber humano de esta actividad de perforación, ya que existe escasez de recursos técnicos de las empresas mineras y de construcción y las ineludibles obligaciones presupuestarias, entre los objetivos específicos menciona la búsqueda de leyes de desgaste para brocas de perforación y aumento de rendimiento del mismo. La metodología de investigación es de tipo aplicada, diseño experimental, las muestras empleadas fueron las brocas de perforación de diseños comunes, brocas de botones con diseños para terrenos medios y duros, de modelos B7BR-3 y B9BR-2 de Boart Longyear, SV7BR y SV9BR de Sandvik, R9BR y R8BR DDE Rockmore y SR8BR de Secoroc, se llegó a la conclusión de que la muestra más fiable, que menor riesgo de variación de rendimiento tiene es la B7BR-3, que se desmarca claramente de la tendencia general de pérdidas de rendimiento, las que tiene un final más dilatado y eficiente las dos muestras de Sandvik, las cuales en la descripción de las muestras que tenían botones de mayor calibre, la otra broca que mejor destaca es la Mitsubishi, también se evidencia que no siempre las brocas más rápidas termina mejor en su resistencia que es la SV9BR, de las más rápidas el B9BP-2 se mantiene en muy buenos resultados y que al final de su vida sufre mayor detrimento. Con lo que respecta los costos de los diseños presentados por Boart Longyear en proporción a los precios de mercado del año 2006 decantan la balanza hacia los diseños de Boart, tanto en siete como en nueve botones de forma hemisféricos como

parabólicos, que tiene menor precio y mayor rendimiento siendo los más óptimos económicamente, finalmente siendo los más adecuados las brocas de botón redondo (hemisféricos) (Mayoral, 2012).

2.1.2 En el ámbito nacional

En el año 2018, Aparco Huillcas, Adrián y García De La Cruz, Jenner Anderson en su trabajo de investigación titulado: “*Optimización de la vida útil de los aceros de perforación para la reducción de costos en Mina San Vicente-CIA. San Ignacio de Morococha S.A.A., 2018*”, donde menciona que el estudio nace de la interacción y observación del uso de aceros de perforación, como brocas de 45mm y barras de 12 pies de longitud, donde se ha formulado el problema en los siguientes términos ¿Cómo influye la Optimización de la vida útil de los aceros de perforación en la reducción de costos de la mina San Vicente – Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A.? El método de investigación utilizado fue el método científico y como específicos el inductivo, deductivo, hipotético – deductivo y analítico sintético; para la recolección de datos, el proceso y la contrastación de la hipótesis se han empleado técnicas de investigación documental, de fichaje y de investigaciones de campo, el análisis del consumo de aceros de perforación en la Mina San Vicente siendo sus instrumentos los libros. De modo que, tiene un nivel de validez mediante la opinión de los expertos y confiabilidad por el estadístico alfa de Cronbach del 83%. Para tratamiento de datos acudieron al análisis estadístico, como estadística descriptiva e inferencial con el estadístico “r” de Pearson. Asimismo, el objetivo general de la investigación fue: Determinar la influencia de la optimización de la vida útil de los aceros de perforación en la reducción de costos de la Mina San Vicente de la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A., 2018. Concluyendo que: la evidencia empírica ha corroborado que la optimización de la vida útil se relaciona de forma positiva y significativa con la reducción de costos de la mina San Vicente de la compañía minera San Ignacio de Morococha año 2018. La intensidad de la relación hallada es de $r=67\%$ que tiene asociado una probabilidad $p=0.0 < 0.05$ por lo que dicha relación es positiva y significativa, en síntesis, la optimización obtenida para el caso de las brocas de perforación de 45mm se incrementó en 35% adicional a su vida útil, de igual forma, las barras de 12 pies se incrementaron en 31% a su vida útil (Aparco y García, 2019).

En el año 2021, Cerrón Acosta, Osmar Efraín en su trabajo de investigación titulada: “*Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la Unidad Minera Carahuacra*” donde, la investigación está relacionado al estudio en la veta María Luisa, en el tajo 933 E-W del nivel 970 que es la

más representativa, donde la perforación se realiza con brocas retráctil con faldón largo de 64mm de diámetro, en el cual se formuló el problema de investigación en los siguientes términos ¿Cómo influye la evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la unidad minera Carahuacra, 2020?, esta investigación es de tipo aplicada, de nivel de investigación explicativo y como diseño la experimental, en el cual, como técnica de recolección de información se usa la observación in situ, y, como instrumento se empleó la recolección de datos del equipo en el campo. Asimismo, el análisis estará en función a estadísticas de la producción; consumo, metros perforados y los costos. Como objetivo del trabajo fue: Determinar cómo influye la evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la unidad minera Carahuacra. Se llegó a la conclusión de que la evaluación geomecánica de macizo rocoso y los rangos de parámetros de perforación en la veta en explotación tiene estrecha relación para la elección de los aceros de perforación, donde se tiene RMR de 45 de tipo regular “A” la roca encajonante y la roca mineralizada con RMR 31 de tipo mala “A”. Donde las brocas Retráctil faldón corto T38X64mm tuvo mayor rendimiento en el año 2020 con 165 m/p con respecto al año anterior de broca Retráctil faldón largo T38X64mm. El afilado de brocas juega un papel muy importante en el alargamiento de vida de aceros como el adaptador de culatas, las barras y la broca misma. El rendimiento de aceros de perforación anual y mensual en términos económicos a lo largo de año 2020 presenta una reducción de costos de \$2,346.90 anual y 7\$8.23 mensual (Cerrón, 2020).

2.1.3 En el ámbito local

En el año 2018, Villalta Colca, Roger Sergio en su trabajo de investigación titulada: “*Aplicación del método de explotación por taladros largos en Veta Virginia de la Unidad San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A.*” menciona que en el proceso de explotación se tiene problemas de desprendimiento de rocas, baja producción de minerales, y altos costos de minado, por tal razón se plantea extraer por el método de vetas angostas con taladros largos en la veta Virginia, donde hasta el año 2009 se extraía por el método de corte y relleno ascendente con sus variantes (*realce 60% y breasting 40%*), dado que, el problema de la investigación fue formulado en los siguientes términos: ¿Cuáles son las características geomecánicas del macizo rocoso y la geometría del depósito mineral para la aplicación del método de taladros largos en veta Virginia de la Unidad San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A., 2018?. En el cual, el método de investigación es de tipo descriptiva, nivel básica y explicativa, método descriptivo, diseño estocástico y

determinístico. Siendo como población los parámetros geomecánicas y geometría del depósito, las muestras son discontinuidades y dominio estructural. El objetivo de la investigación fue: Determinar las características geomecánicas del macizo rocoso y la geometría del depósito mineral para la aplicación del método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la Unidad San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A., se llegó a la conclusión de que los resultados obtenidos garantiza para aplicar el método de explotación por taladros largos en la veta Virginia de la compañía minera Volcan S.A.A., siendo las propiedades físicas determinadas como RMR de 47 y 41 de la roca encajonante y de la mena respectivamente siendo el tipo de roca III de calidad media o regular (densidad 2.45 T/m³, peso específico 24,01 KN/ m³ y densidad 3.09 T/m³, peso específico 29,596 KN/m³ respectivamente) evaluados en siete subniveles; con geometría irregular del depósito mineral, con potencia promedio de la veta de 3.017 m con variaciones significativas, a medida que se va profundizando tiende a incrementar la potencia (Villalta, 2018).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Características mecánicas del macizo rocoso que generan desgaste en la columna de perforación

Las principales son: Dureza, Resistencia a la Compresión, Abrasividad, Elasticidad, Plasticidad, Tenacidad y Textura.

Dureza: es la resistencia a la penetración de un cuerpo externo más duro. En una roca es en función de la composición de los granos minerales constituyentes, porosidad de la roca y del grado de humedad.

La dureza de las rocas es el principal tipo de resistencia a superar durante la perforación, pues cuando se logra la penetración de la broca el resto de las acciones se desarrollan con mayor facilidad. La dureza se mide a través de la escala de Mohs, que toma en cuenta la posibilidad de que un mineral pueda rayar a todos los que tengan un número inferior de dureza al suyo, (Lopez G., 2013).

Tabla 2

Existe una cierta correlación entre la dureza y la resistencia a la compresión de la roca.

ESCALA DE MOHS		
CLASIFICACION	DUREZA MOHS	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
Muy dura	+7	+200
Dura	6-7	120-200
Medio dura	4.5-6	60-120

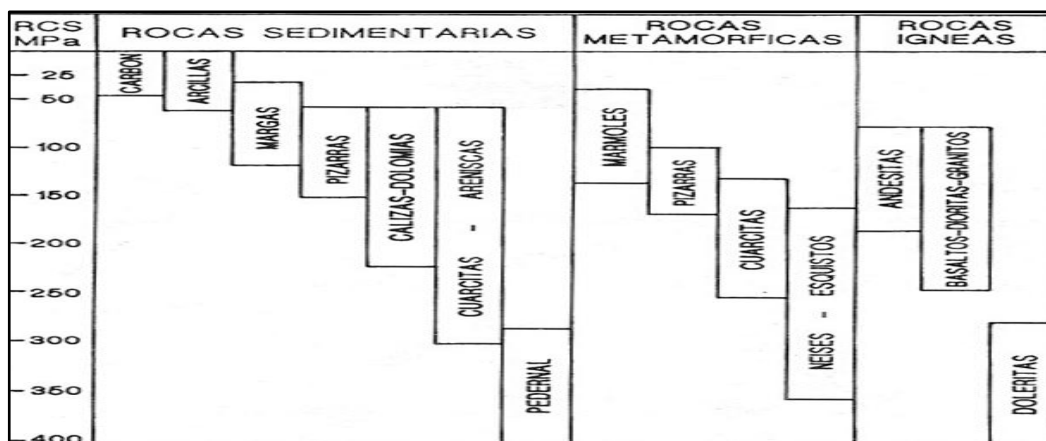
Medio blanda	3-4.5	30-60
Blanda	2-3	10-30
Muy Blanda	1-2	-10

Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 19), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Resistencia a la Compresión: Propiedad de la roca a oponerse a su destrucción bajo una fuerza exterior, estática o dinámica. Las rocas oponen una resistencia máxima a la compresión; por lo general, la resistencia de compresión a tracción no sobrepasa un 10 a 15% por ende la fragilidad de la roca. Esta resistencia depende de la composición mineralógica; por ejemplo, el cuarzo es el más sólido su resistencia supera los 500 MPa. También, depende del tamaño de los cristales y disminuye con el aumento de estos, debido a que intervienen las fuerzas de cohesión intercrystalinas, cuando el tamaño de los cristales es inferior a 0.5mm soy más resistentes y por encima de los 1mm ya casi se reduce a la mitad aproximadamente. Medida que indica la presión con la cual puede ser sujeta una muestra antes que se rompa. Es a menudo utilizado como una medida de perforabilidad de la roca, (Lopez G., 2013).

Figura 1

Resistencia más frecuente de los diferentes tipos de roca.



Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 1), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Abrasividad: 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 cinético.

Las rocas con mayor contenido de cuarzo son sumamente abrasivos, los granos angulosos son más abrasivos que los redondos, la porosidad da lugar como superficie rugosa. La heterogeneidad, las rocas poliminerales aunque estas tengan igual dureza son más abrasivas, estas propiedades influyen mucho en la vida útil de los aceros de perforación (López et al., 2003).

Tabla 3

El porcentaje de contenido de cuarzo de diferentes tipos de roca

TIPOS DE ROCAS	CONTENIDO DE CUARZO (%)	TIPOS DE ROCAS	CONTENIDO DE CUARZO (%)
Anfibolita	0-5	Micas neis	0-30
Anortosita	0	Mica esquisto	15-35
Diabasa	0-5	Norita	0
Diorita	10-20	Pegmatita	15-30
Gabro	0	Filita	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
Marmol	0	Taconita	0-10

Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 20), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Textura: es la estructura de granos de minerales constituyentes, por el tamaño de los granos, la forma, la porosidad, etc. Cuando los granos tienen forma lenticular que redondos son más difíciles de perforar, también influye la matriz que une los granos de mineral. En cuanto a las rocas que presentan mayor porosidad tienen menor resistencia a la trituration (López et al., 2003).

Figura 2

Propiedades de los diferentes tipos de roca según su origen.

TIPO DE ROCA		PESO ESPECIFICO (t/m ³)	TAMAÑO DE GRANO (mm)	FACTOR DE ESPONJAMIENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)	
Ignea	Intrusiva	Diorita 2,65-2,85 Gabro 2,85-3,2 Granito 2,7	1,5-3 2 0,1-2	1,5 1,6 1,6	170-300 260-350 200-350	
	Extrusiva	Andesita Basalto Riolita Traquita	0,1 0,1 0,1 0,1	1,6 1,5 1,5 1,5	300-400 250-400 120 330	
	Sedimentaria	Conglomerado	2,6	2	1,5	140
		Arenisca	2,5	0,1-1	1,5	160-255
Pizarra de grano fino		2,7	1	1,35	70	
Caliza		2,6	1-2	1,55	120	
Dolomita		2,7	1-2	1,6	150	
Metamórfica	Neis	2,7	2	1,5	140-300	
	Mármol	2,7	0,1-2	1,6	100-200	
	Cuarcita	2,7	0,1-2	1,55	160-220	
	Esquisto	2,7	0,1-1	1,6	60-400	
	Serpentina	2,6	—	1,4	30-150	
	Pizarra	2,7	0,1	1,5	150	

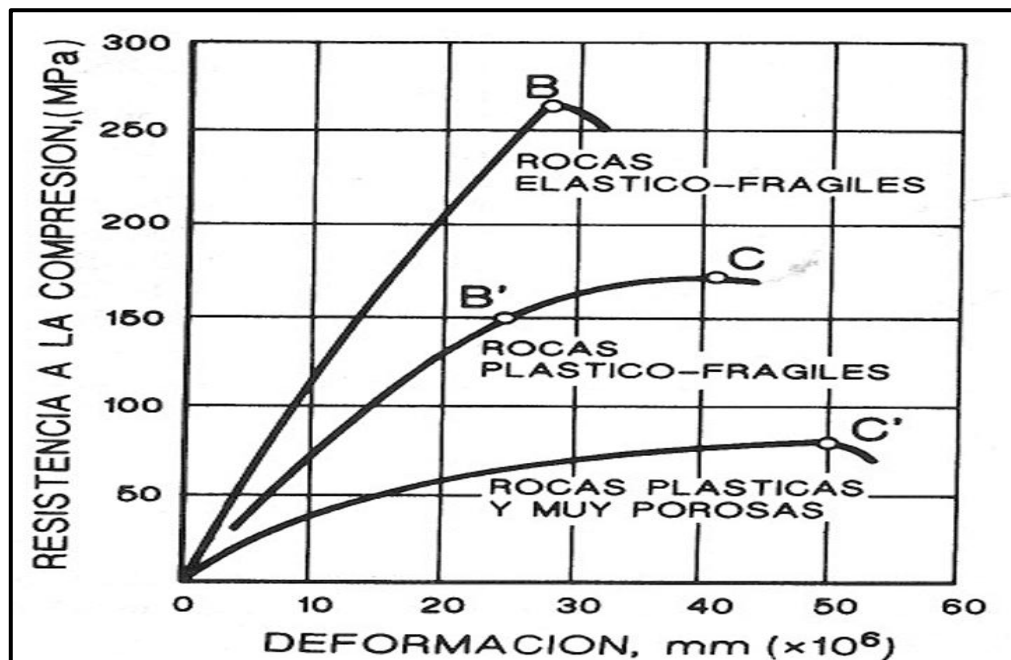
Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 20), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Elasticidad: las rocas se destruyen cuando las tensiones superaran el limite de elasticidad, constituyen un comportamiento elástico-frágil que cumple con la ley de Hooke. La deformación en función de las tenciones provocadas para cargas estáticas se divide en tres grupos; la primera, elasto-frágiles las que cumple con la ley de Hooke, la segunda, las plástico-frágiles a cuya destrucción precede la deformación plástica y la tercera las altamente plástico o porosos que su deformación elástica es insignificante.

Las propiedades elásticas de las rocas se caracterizan por el modulo de elasticidad “E” y el coeficiente de Poisson “v”. El módulo de elasticidad es el factor de proporcionalidad entre la tensión normal en la roca y la deformación relativa correspondiente, mientras el coeficiente de Poisson en el factor de proporcionalidad entre la deformación longitudinales relativas y las deformaciones transversales.

Figura 3

Curvas de tensión-deformación de diferentes tipos de roca.

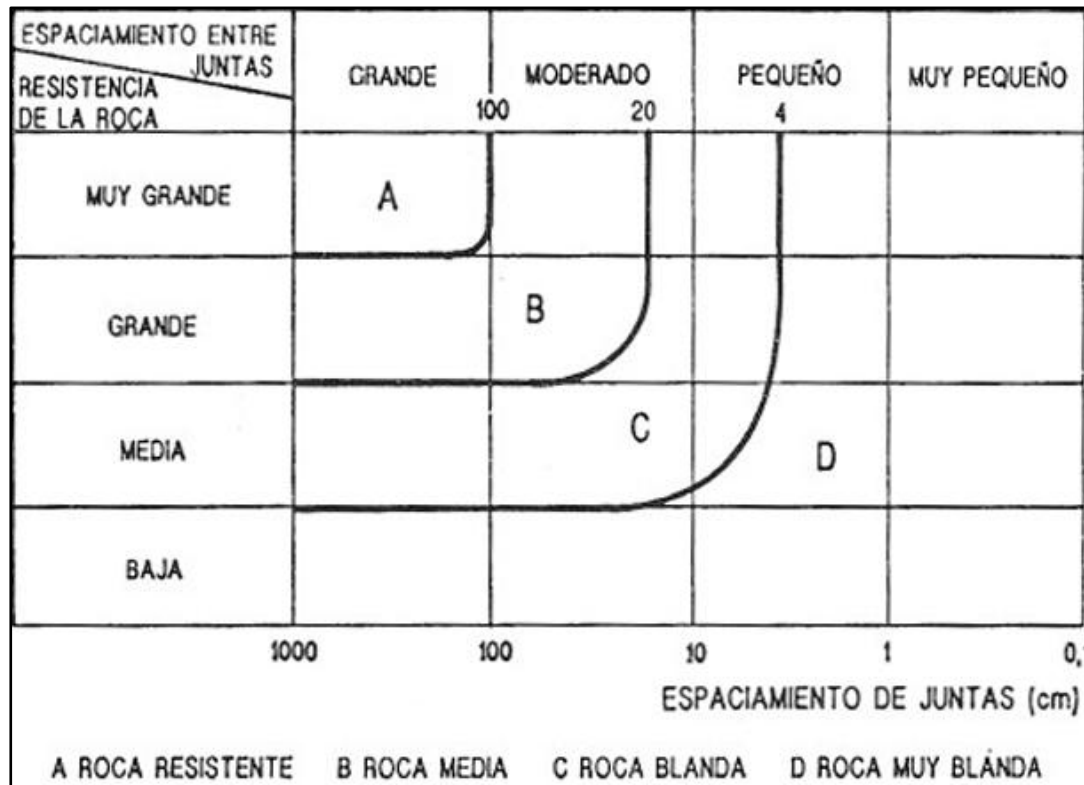


Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 20), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Estructura: las propiedades estructurales del macizo rocoso, tal esquistosidad, planos de estratificación, juntas, fallas y diaclasas, así como el rumbo y el buzamiento de estas afectan al paralelismo y estabilidad de las paredes del taladro, como también al rendimiento de los aceros de perforación.

Figura 4

Clasificación del macizo rocoso a partir del espaciamiento entre juntas y la resistencia del material rocoso.



Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 16), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

2.2.2 Métodos de perforación de rocas

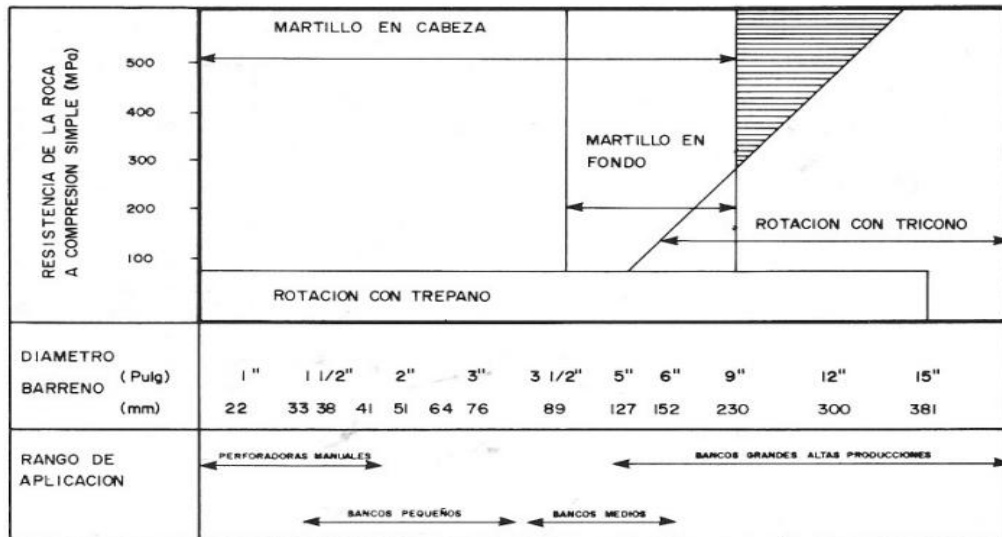
En toda actividad minera, la perforación de las rocas, dentro del campo de la voladura, es la primera operación que se realiza, que tiene por fin abrir huecos con la distribución y geometría adecuada dentro del macizo rocoso, donde se tendrá que alojar las cargas explosivas y sus accesorios iniciadores. Los componentes principales de un sistema de perforación de energía mecánica son: shank, barra y broca que a través del cual se transmite la energía para triturar la roca, siendo la broca donde descarga la energía y el que efectúa la limpieza y evacuación del detrito producido (López et al., 2003).

A pesar de la enorme variabilidad del sistema de perforación de rocas, tales como, mecánicos, térmicos, electrohidráulicos, sónicos, químicos, etc. En la unidad minera san Cristóbal la perforación se realiza utilizando la energía mecánica rotopercutiva, pasando revista a los fundamentos, clasificación de rocas, accesorios de perforación y otros.

López et al. (2003), mencionan que “los dos grandes métodos mecánicos de perforación son los rotopercutivos y los rotativos” (pág. 16).

Figura 5

Campos de aplicación de los métodos de perforación en función de la resistencia de las rocas y diámetros de los barrenos



Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 16), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

En el presente trabajo se desarrollará algunas características de la perforación y dar una descripción general del más importante a considerar para mejorar los rendimientos de los aceros de perforación. Por lo tanto, la perforadora, aceros de perforación y características geomecánicas de la roca deben amortizar para lograr el más óptimo objetivo final.

2.2.3 Principios de la perforación Roto-percutiva

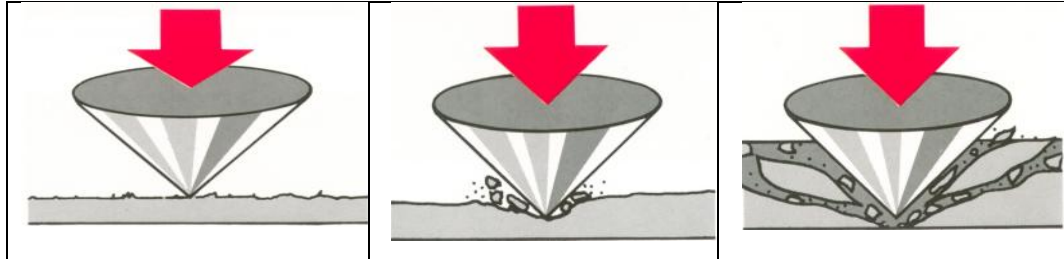
Desde los años setenta, el desarrollo de las perforadoras hidráulicas ha establecido nuevos requerimientos tanto en aceros de perforación como a los profesionales involucrados en la perforación. Un profesional en este campo debe tener un cierto grado de conocimiento de las características geomecánicas del macizo rocoso, del equipo de perforación y sus accesorios, lo cual le permitirá obtener mayor rendimiento de los aceros de perforación y control adecuado de los costos (Solorza,2020).

En la perforación por percusión y trituración, la roca se fractura por efecto de la elevada fuerza (o presión) que se aplica con el botón o inserto de carburo de tungsteno y cobalto. Esto hace que se crece una tensión en la roca, alrededor de punto de contacto, que aumenta conforme se incrementa la carga. El material que se encuentra directamente debajo del botón o inserto se convierte en polvo fino (detritus), mientras que en las inmediaciones del inserto se forma una roca triturada, si el botón o inserto tienen un ángulo de incidencia adecuado, el esfuerzo aumentara de forma gradual hasta que la roca se rompe y se deshace

en trozos, seguidamente la broca gira un ángulo adecuado para continuar el mismo procedimiento (Sandvik Rock Tools, s.f., pág. 8)

Figura 6

Mecánica de la fractura de la roca en la perforación por percusión



Nota. Adaptado del *Manual de perforación de rocas, Teoría y Técnica* (pág. 08), Sandvik Rock Tool, s.f, Gavle Offset AB.

En la actualidad, en las minas subterráneas, la perforación roto percutiva es el más utilizado, el principio elemental de ella está basado en el impacto de una pieza de acero (pistón) que golpea directamente en el culatín (shank) transmitiendo la energía de impacto por medio de la columna de perforación descargando en el contacto entre la roca y los insertos de la broca.

Los equipos rotopercutivos se clasifican en dos grandes grupos, según la ubicación del martillo.

- ✓ Martillo en cabeza.
- ✓ Martillo en fondo.

Tabla 4:

Gama de Diámetros más Comunes Según los Campos de Aplicación de las Perforadoras.

Tipo de Perforadora	Diámetro de Perforación (mm)	
	Cielo Abierto	Subterráneo
Martillo en Cabeza	50-127	38-65
Martillo en Fondo	75-200	100-165

Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 25), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

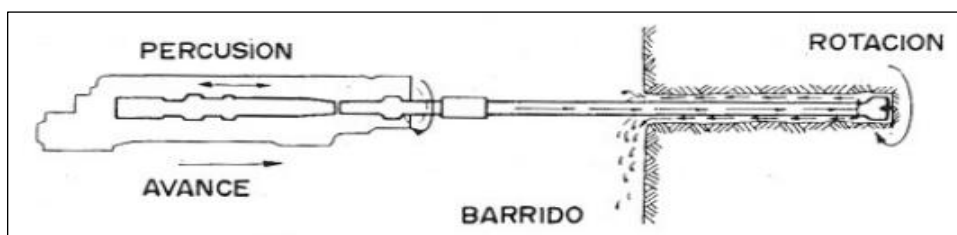
2.2.4 Fundamentos de la perforación Roto-percutiva

La perforadora rotopercutiva se basa en la combinación de las siguientes acciones:

- ✓ Presión de Percusión
- ✓ Presión de Rotación
- ✓ Presión de Empuje o avance
- ✓ Presión de Barrido
- ✓ Revoluciones por Minutos (RPM)

Figura 7

Acciones básicas de la perforación rotopercutiva.



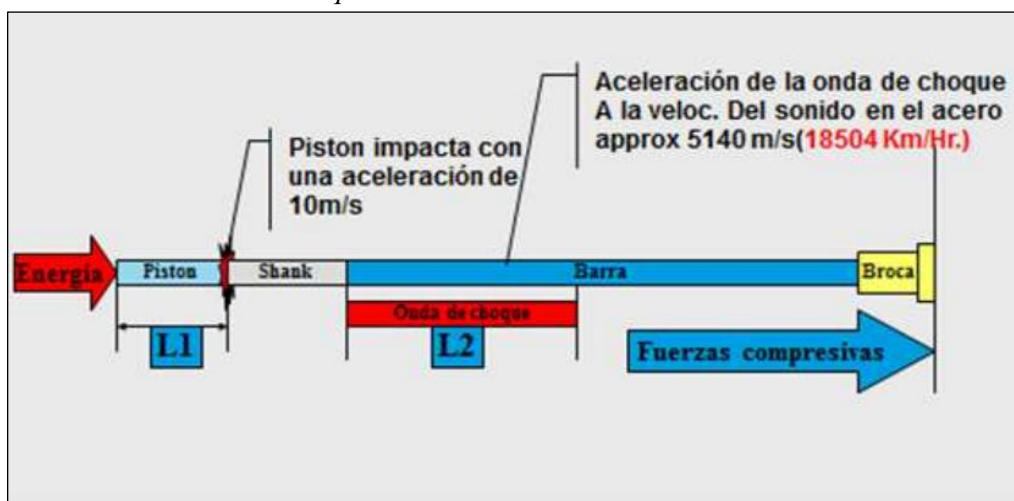
Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 26), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Presión de Percusión. López et al. (2003), nos dice que “los impactos producidos por el golpeo del pistón originan unas ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje”. (pág. 25)

Es la presión de la energía e impacto (golpes/minuto) de la perforadora. Esta presión en emboquillado debe estar en 130 bar y en perforación a full en 170 a 200 bar. Es importante señalar que esto depende mucho del tipo de roca.

Figura 8

Creación de la onda de choque



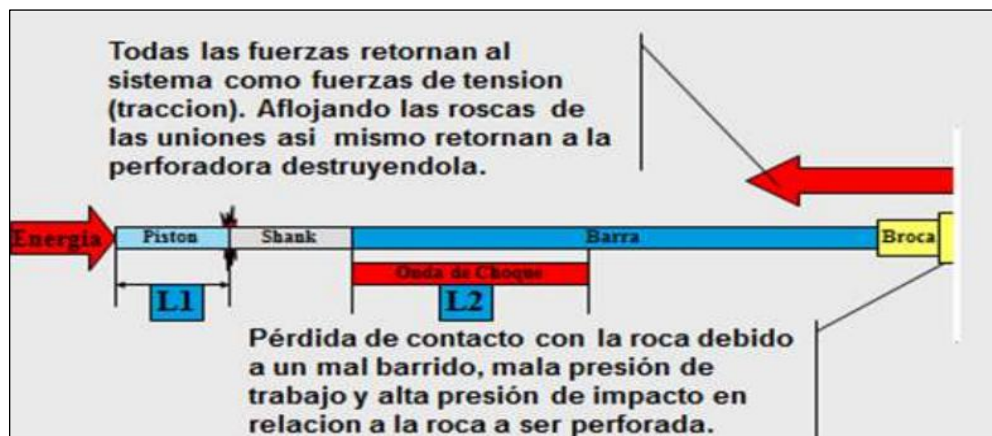
Nota. Adaptado del trabajo de tesis titulado *Optimización de las brocas de 38,45mm y del sistema de perforación, con fines de disminuir costos en la UEA Semiglo de la empresa Minera Atacocha S.A.* (pág. 22), Cosme Camarena, D., 2012, Repositorio UNCP (<http://hdl.handle.net/20.500.12894/3167>).

En cada impacto del pistón, una parte de la energía se transforma en trabajo realizando huecos en el macizo rocoso a través de los insertos de la broca y los restos se refleja, se pierde en las juntas y también retrocede a través del varillaje. Lo cual, es muy difícil de

evaluar, puesto que, existe varios factores tales como: el tipo de roca, la forma y dimencion del piston, las características del varillaje, el diseño de la broca, etc. Es importante aclarar que existen pérdidas de energía en las juntas del varillaje tanto por reflexion y rozamiento transformando calor y desgaste en las roscas. En la primera union las perdidas oscilan entre el 8% y 10% de la energía de la onda de choque (López et al., 2003)

Figura 9

Fuerzas no usadas retornan



Nota. Adaptado del trabajo de tesis titulado *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.* (pág. 24), Cosme Camarena, D., 2012, Repositorio UNCPC (<http://hdl.handle.net/20.500.12894/3167>).

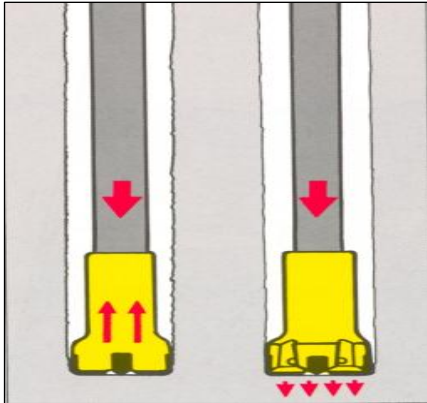
Presión de Rotación. Es la presión que ejerce el tren de varillaje contra la roca en plena perforación para cortar la roca, según Quito M. & Babilonia J., (2020):

La presión de rotación del motor hidráulico de la perforadora debe trabajar normalmente de 35 - 50 bares, en cualquier etapa de la perforación. Cuando el manómetro oscila por encima de los 50 bar, indica que hay presencia de grietas o roca fracturada y cuando sobrepasa los 75 bar, se activa automáticamente el sistema antiatasque RPCF (Avance Controlado por Presión de Rotación), la presión de avance se reducirá gradualmente lo necesario para evitar el atasco del tren de perforación en el frente. Si la presión de rotación sigue incrementándose, el avance cambiará de sentido y la perforadora se situará en retorno. (pág. 75)

Presión de Empuje o avance. López et al., (2003), manifiestan que “para mantener en contacto el útil (broca) de perforación con la roca se ejerce un empuje sobre la sarta de perforación” (pág. 26).

Figura 10

La fuerza de empuje que mantiene en contacto la broca y el macizo rocoso



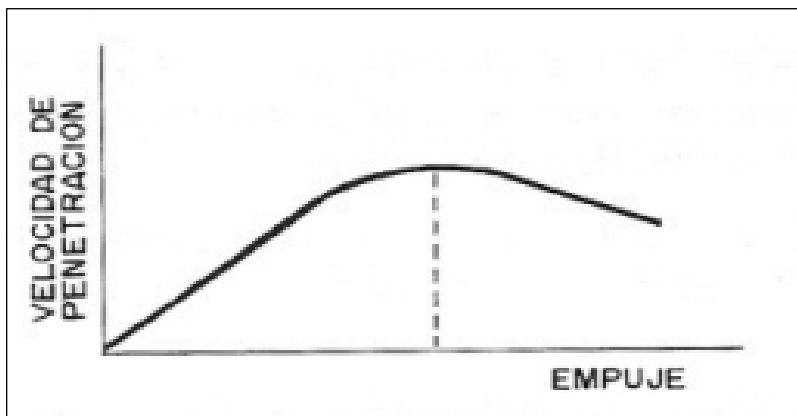
Nota. Adaptado del *Manual de perforación de rocas, Teoría y Técnica* (pág. 22), Sandvik Rock Tool, s.f, Gavle Offset AB.

López et al., (2003) afirma que

Un empuje insuficiente tiene los siguientes efectos negativos: reduce la velocidad de penetración, produce un mayor desgaste en la columna de perforación, aumenta la pérdida de apriete del varillaje y el calentamiento del mismo. Por el contrario, si el empuje es excesivo disminuye también la velocidad perforación, dificulta el desenroscado del varillaje, aumenta el desgaste de las brocas, el par de rotación y las vibraciones del equipo, así como la desviación de los taladros. (pág. 27)

Figura 11

Influencia del empuje sobre la velocidad de penetración

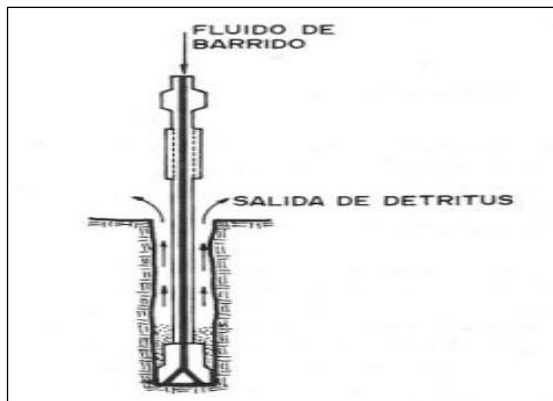


Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 27), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Presión de Barrido. López Jimeno, C. et al., (2003) menciona que “el fluido de barrido permite extraer el detrito del fondo del barreno”. (pág. 26)

Figura 12

Principio de barrido de un barreno



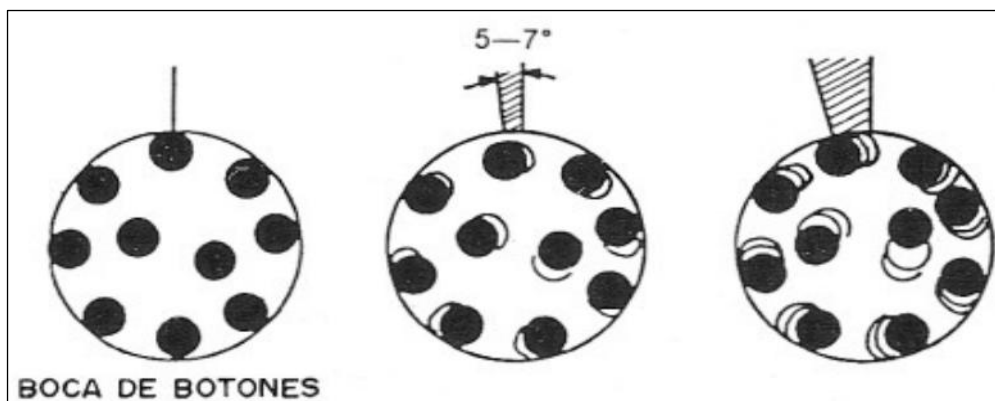
Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 27), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Cuando se mantiene limpio de detritus desde el fondo de taladro, la perforación resultara eficaz, en caso contrario, se aumenta la energía en la trituración de esas partículas traduciéndose en desgastes y pérdidas de rendimiento, también el riesgo de atascamiento es mayor. El barrido de los barrenos se efectuar mediante los fluidos aire, agua o espuma que se inyecta a presión al fondo del taladro a través de orificio de la columna de perforación (López et al., 2003).

Revolución por Minuto (RPM). “la rotación tiene como objetivo hacer girar la broca entre cada impacto del mecanismo de percusión, de tal forma que la misma rompa siempre una nueva zona de la roca en el fondo del barreno”. (Sandvik Rock Tools, s.f., pág. 24)

Figura 13

La Rotación entre Impactos Sucesivos.



Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 27), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

La velocidad óptima de rotación varía en cada tipo de roca, en el cual los detritus de mayor tamaño aprovechan para evacuar por la superficie libre que se genera en cada impacto. En las brocas de botones de diámetro de 51 a 89 mm las velocidades de rotación deben ser menor con respecto a las brocas que tienen menor diámetro, entre 40 y 60r/min, que proporciona ángulos de giro entre 5° y 7°. Cabe aclarar que las velocidades de las brocas de mayor diámetro requieren menor velocidad por el mismo hecho del ángulo de giro (López et al., 2003).

Parámetros de perforación del equipo simba S7D. los parámetros de perforación del equipo se regulan de acuerdo al tipo de terreno, diámetro de broca y las dimensiones de la barra de perforación, según el manual de mantenimiento del equipo simba S7D de Epiroc Rock Drills AB, (2020) determinan de la siguiente manera:

Las velocidades de rotación adecuadas para perforadora hidráulica y la presión adecuada para percusión y anti-atasco dependen de: El estado de la roca, tipo de broca y el diámetro de la broca. Por lo tanto, la presión y la velocidad requieren ajuste si las condiciones de perforación cambian. También la presión de avance debe ajustarse para: Dimensión de la barra de perforación, tipo de dispositivo de avance y presión de percusión. La presión de avance debe ajustarse de modo que no haya juego en las uniones roscadas del equipo de la barra de perforación para que no se dañen o sufran un desgaste anormal. No debe ser tan alto que las barras de perforación estén sometidas a cargas anormales o aumente el riesgo de atascos. (pág. 213)

Tabla 5
Parámetros de perforación de la simba S7D

Parámetros de perforación	Emboquillado	Full perforación	Lector
Presión de percusión	130–140 bar (1885–2031 psi)	180–230 bar (2611–3336 psi)	Manómetro para percusión D+GC (420)
Presión de avance	40 bar (580 psi)	65–100 bar (943–1450 psi)	Manómetro para avance E
Velocidad de rotación	Depende del tipo de broca y de su diámetro		Contador de revoluciones de la barra de perforación y tacómetro.
Presión de amortiguamiento	40 bar (580 psi)		Manómetro para presión del amortiguador

perforadora hidráulica			
Protección anti-atasco, RPCF	anti-	20–25 bar (290–363 psi) arriba de la presión de rotación normal durante la perforación	Manómetro para rotación C
Protección anti-atasco, movimiento de retorno de avance	anti-	40 bar (580 psi) por encima de la presión de rotación normal durante la perforación	241

Nota: Obtenido desde el *Manual de Mantenimiento Simba S7 D* 2020. (<http://www.epiroc.com>)

Para iniciar la perforación de emboquillado se debe posicionar y fijar con los gatos hidráulico, alinear con la dirección del taladro y topear de manera correcta el brazo o viga contra el punto de apoyo para evitar la inestabilidad de la viga durante la perforación, este trabajo se inicia con las presiones de trabajo en baja hasta encontrar el punto adecuado para luego incrementar a full perforación.

2.2.5 *Equipo de perforación marca Epiroc y modelo Simba S7D*

La unidad de producción San Cristóbal (netamente mecanizada), cuenta con los siguientes equipos de perforación: simba para tipo de perforación taladros largos, jumbos para tipo de perforación en frentes y jumbo empernador para sostenimiento de la marca Epiroc, de los cuales, el presente trabajo de investigación está enfocado en el estudio de accesorios de la columna de perforación de equipos de producción con taladros largos que son las simbas.

Simba. Es un equipo de perforación electro hidráulico de perfil bajo, diseñado para perforar un promedio de 15 metros en forma radial o vertical, específicamente en una minería subterránea (Aima, 2021, p.23)

Según Epiroc Minería e Ingeniería Civil España S.L.U. (2023):

El Simba S7D tiene un moderno diseño que comparte varios componentes con el exitoso equipo de perforación frontal Boomer S1. Simba S7 es un equipo de perforación de taladros largos para galerías de tamaño pequeño o mediano, en el rango de barrenos de 51 a 89 mm. Puede perforar barrenos paralelos, ascendentes y descendentes con un espaciado de hasta 5,9 metros. Equipado con un martillo en cabeza de alto rendimiento y una unidad de perforación montada en el brazo, el Simba S7D ofrece una solución sostenible de alta precisión para la perforación de barrenos largos. El mayor nivel de automatización permite añadir la funcionalidad que necesita a este equipo versátil.

Taladros largos. Agujeros de gran longitud, perforados en el macizo rocoso con el fin de depositar los explosivos con sus respectivos accesorios para triturar la roca (Aima Jalisto, 2021, pág. 24).

Figura 14

El Simba S7 D Marca Epiroc, equipo de perforación de taladros largos para galerías de tamaño pequeño o mediano



Nota. Simba S7D, de alta precisión, equipado con un martillo en cabeza de alto rendimiento y una unidad de perforación montada en el brazo. Tomada de la plataforma de *Epiroc Minería e Ingeniería Civil España S.L.U.*, 2023 ([https://epiroc.scene7.com/is/image/epiroc/Simba+S7_Mining_Tech_02?\\$landscape800\\$](https://epiroc.scene7.com/is/image/epiroc/Simba+S7_Mining_Tech_02?$landscape800$)).

Especificaciones técnicas del equipo simba S7 D. La serie S de simba es un equipo de perforación de taladros largos altamente maniobrables, adecuado para tamaños de galerías pequeños a medianos.

Tabla 6

Especificaciones Técnicas del Equipo de Perforación de Taladros Largos Simba S7D

Sistema de Perforación
COP 1838+
Kit de advertencia de lubricación para perforadoras de rocas
Sistema hidráulico
Indicador de bajo nivel de aceite
Enfriador de agua/aceite en acero inoxidable
Aceite hidráulico mineral y biodegradable
Bomba eléctrica de llenado de aceite
Transportador
Deutz D914 L04, Fase IIIA/Tier 3, 55 k
Dirección articulada Ángulo de dirección de $\pm 40^\circ$
Tracción en las cuatro ruedas

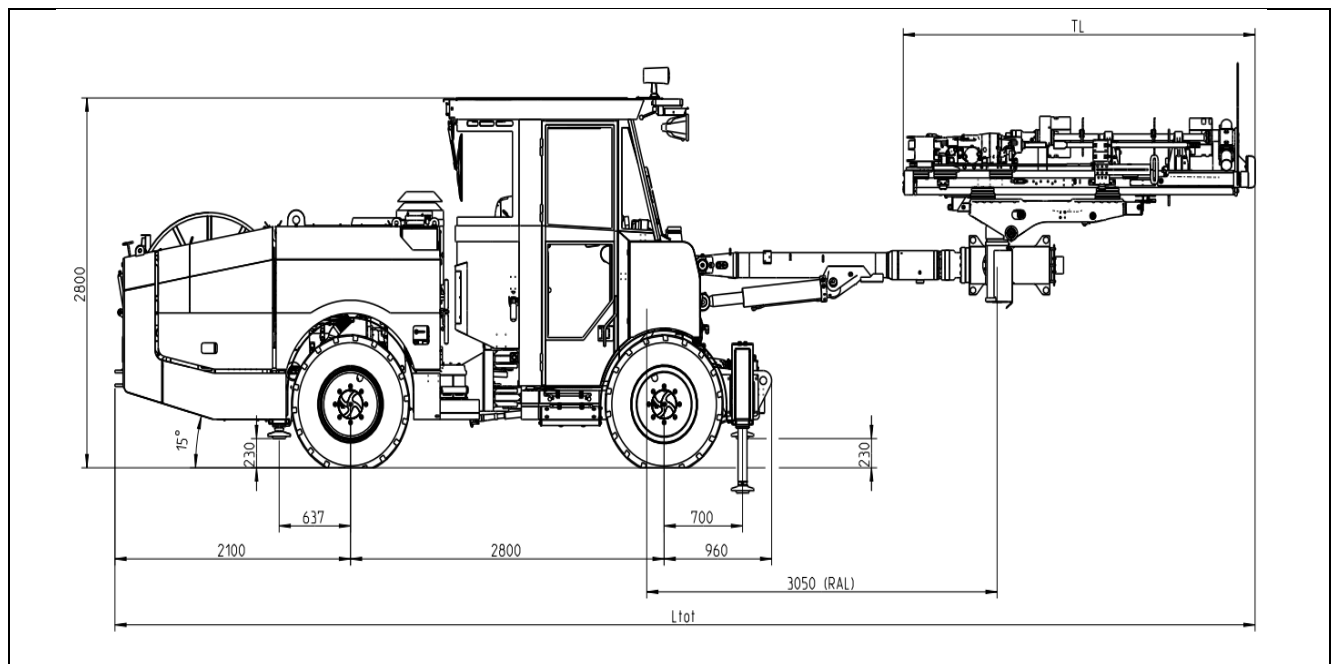
Sistema eléctrico 24 V			
Baterías 2x12 V, 70 Ah			
Bloqueo automático de diferencial en el eje delantero, deslizamiento limitado			
Neumáticos 9.00 x R20			
Luces de tranvía 6x40 W LED, 2x80 W, 24 V DC			
Luces de trabajo 4x80 W LED, 24 V CC			
Escaleras iluminadas para plataforma LED			
Gatos delanteros y traseros			
Depósito de combustible, volumen 60 l			
Sistema de extinción de incendios ANSUL (manual, checkfire o automático)			
Sistema de aire/sistema de agua			
Compresor: Epiroc LE7			
Compresor GAR 30			
Bomba hidráulica de refuerzo de agua, capacidad máxima a 12 bar de impulso 60 l/min.			
Entrada de agua mínima 2 bar			
Sistema eléctrico			
Potencia total instalada 80 kW (motores principales 1x75 kW)			
Voltaje 380-1 000 V 50/60 Hz			
Método de arranque estrella/triángulo (400-690 V)			
Voltímetro digital/medidor de amperaje en armario eléctrico			
Caja eléctrica de acero inoxidable			
Cabina			
Cabina certificada ROPS y FOPS, nivel de ruido			
Asiento oscilante para perforación y transporte			
Foco manual 70 W (izquierda y derecha)			
Techo protector certificado FOPS			
Acero inoxidable			
Sistema de control			
Sistema de control directo (DCS)			
Sistema de control de equipos de perforación (RCS) de Epiroc			
Parada automática de ruptura			
Manejo del plan de perforación			
Detección de vacío			
Mantenimiento paralelo automático			
Pluma/Unidad de Perforación			
PERO 32PD			
Rod Handling System, RHS 10 (10+1 barras) perforación mecanizada hasta 20m			
Adaptable a varillas de 3', 4', 5' y 6'			
Adaptable a barras de perforación R32, T38, T45			
Lubricación automática para unidades de perforación y posicionamiento			
Varillas/Tubos de Deriva			
Perforadora	varilla/tubo	Tubos Guía	Diámetro del Agujero(mm)

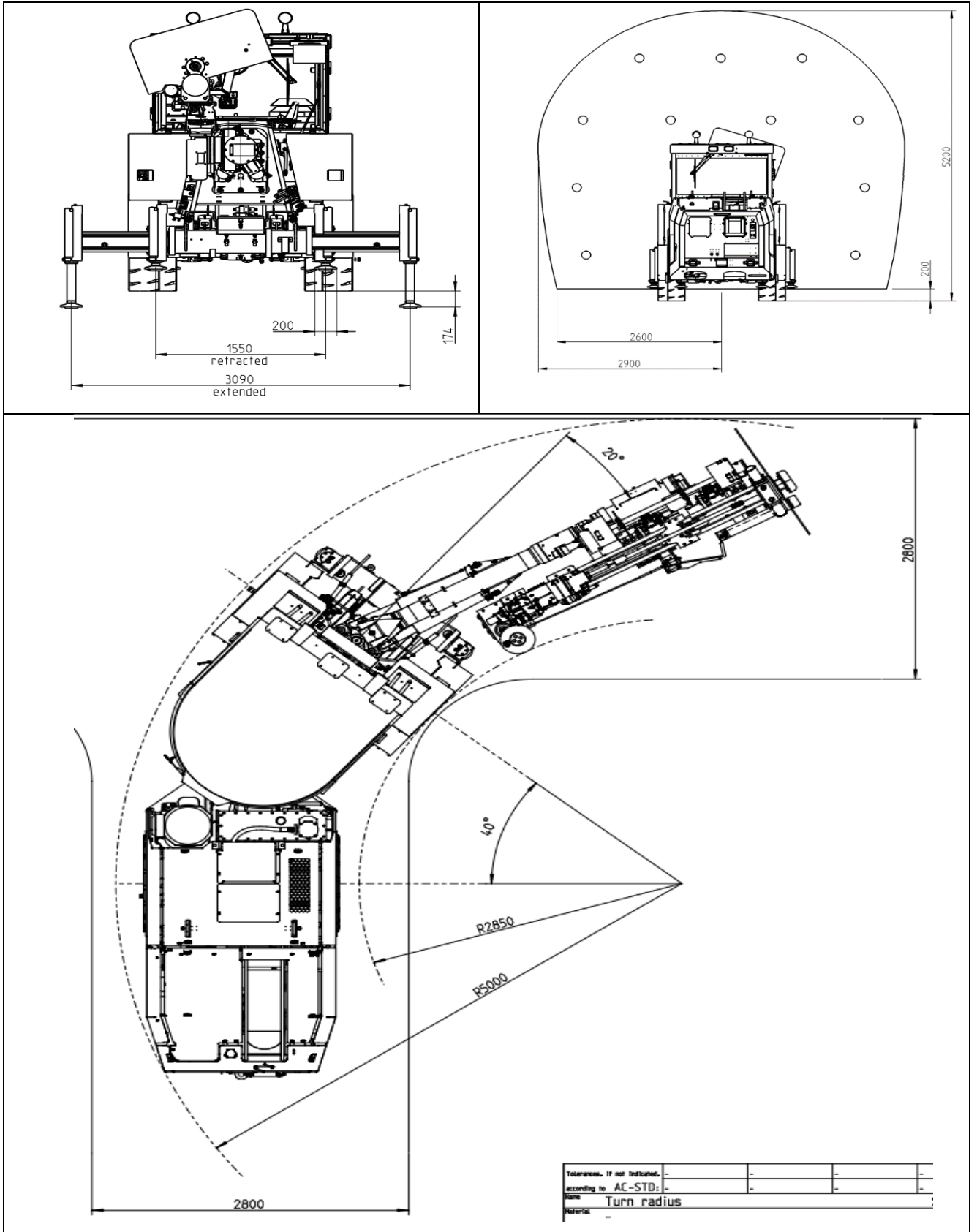
COP 1838+	Varilla de velocidad R32	N/A	51-64	
Tamaño y Longitud De Cable Recomendados				
Voltaje	Escribe	Dimensión(mm2)	Diámetro (mm)	Longitud (m)
550-575 V	Buflex	3x70+3G16+2x1.6	32	150
Dimensiones				
Ancho	2 100mm			
Tranvía de altura, subida/bajada del techo	2 800/2 100 mm			
Transporte de longitud (con BMHP 6 804/05/06)	9 300*/9 600*/9 900* milímetros			
Claridad del piso	365mm			
Radio de giro exterior/interior	5 000/2 850 mm			
Peso Bruto (según configuración)				
Lado de la pluma	9 000 kg			
Lado del motor	4 500 kg			
Velocidad de Transporte				
En terreno llano (resistencia a la rodadura 0,05)	>15 km/h			
En pendiente 1:8	>5 km/h			

Nota: Tomada de la plataforma de *Epiroc Minería e Ingeniería Civil España S.L.U.*, 2023 (<https://www.epiroc.com/es-es/products/drill-rigs/production-drill-rigs/simba-s7>)

Figura 15

Dimensiones en milímetros





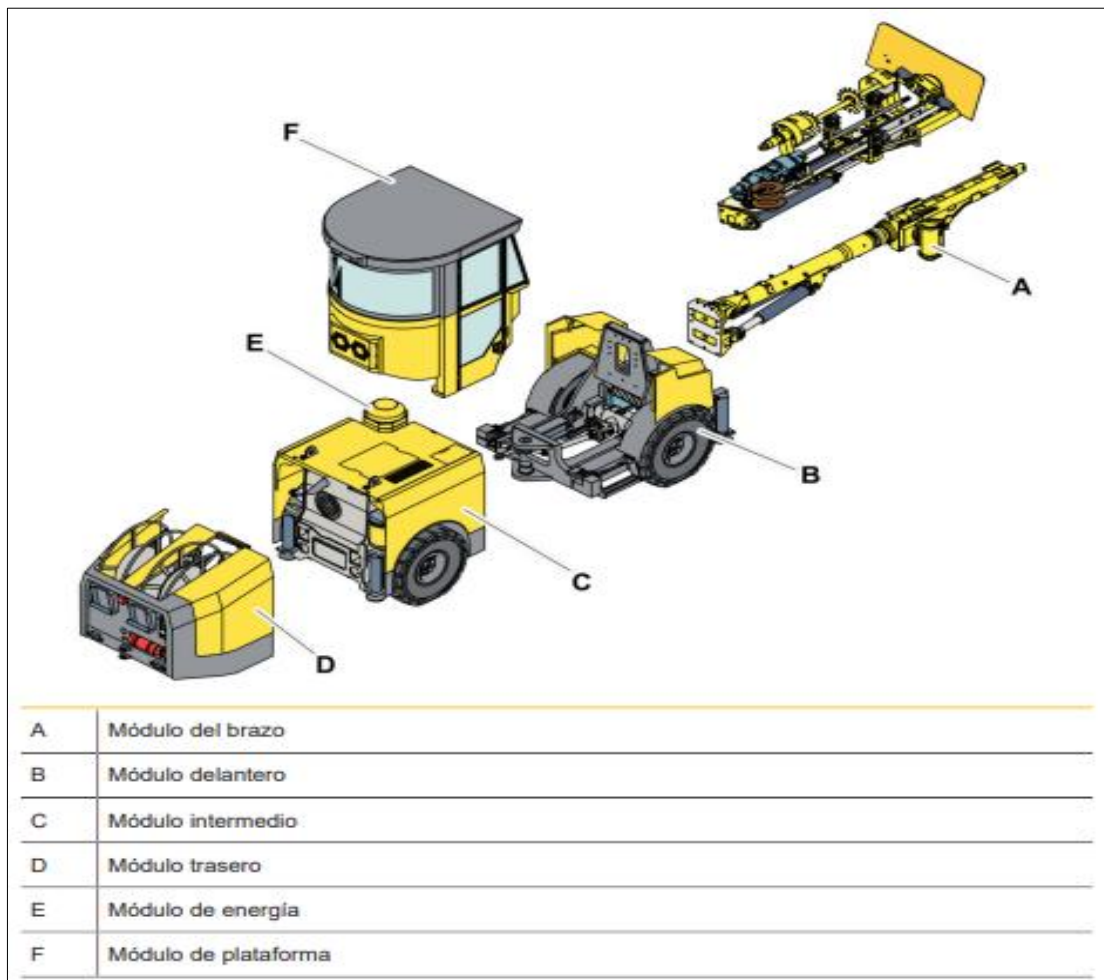
Nota: Tomada de la plataforma de Epiroc Minería e Ingeniería Civil España S.L.U., 2023 (<https://www.epiroc.com/es-es/products/drill-rigs/production-drill-rigs/simba-s7>).

2.2.6 Ubicación de los componentes del equipo Marca Epiroc y modelo simba S7D

Las ubicaciones de los componentes podrían variar entre diferentes maquinas dependiendo de las opciones con las que esté equipada la máquina.

Figura 16

Referencias de ubicación de la unidad de perforación



Nota: Obtenido desde el *Manual de Mantenimiento Simba S7 D 2020.* (<http://www.epiroc.com>)

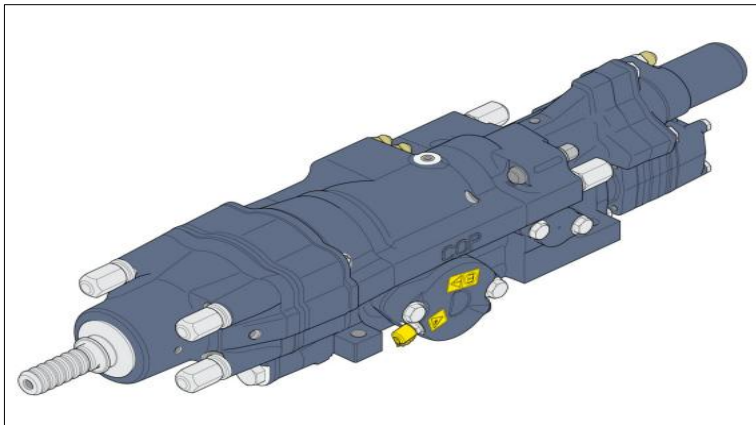
2.2.7 Boom de perforación o Módulo de brazo.

Se divide en dos: perforadora y viga de avance

Perforadora hidráulica COP1838. Perforadora con martillo hidráulico, para una elevada velocidad de perforación y alto rendimiento.

Figura 17

Perforadora hidráulica COP1838



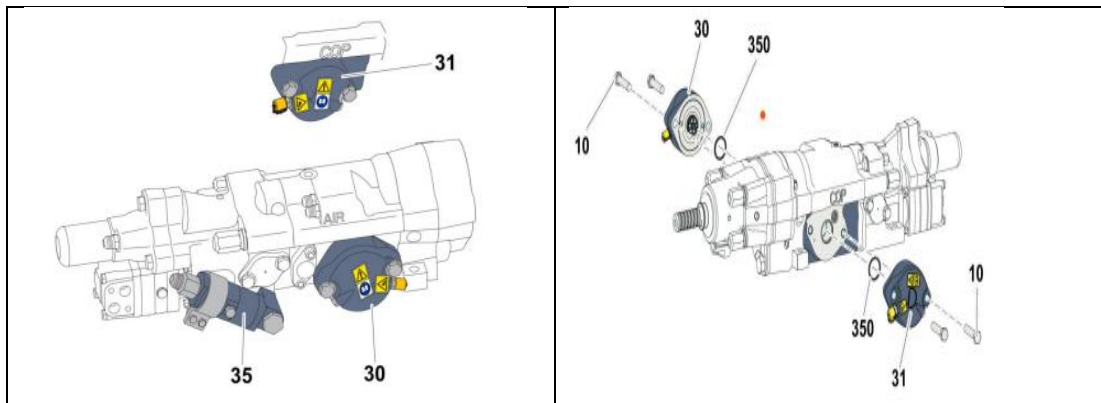
Nota: Obtenido desde el manual de *Maintenance COP 1838HD + VER. F Hydraulic Rock Drill*.2021. (<http://www.epiroc.com>)

Se considera tres componentes básicas que repercute en el rendimiento de aceros de perforación, son los siguientes:

Acumuladores. Cumple la función de amortiguar el reflejo de fuerza de impacto que produce la presión de percusión sobre el macizo rocoso, con la finalidad de evitar que la fuerza de impacto que retorna a través del tren de varillaje repercuta negativamente de forma directa en la perforadora y accesorios de la columna de perforación. Según sus especificaciones técnicas los acumuladores deben estar regulados entre 20-25 bares acumulador de regulador de tiros y de 90-100 bares acumulador de admisión. Además, cargadas con nitrógeno N₂.

Figura 18

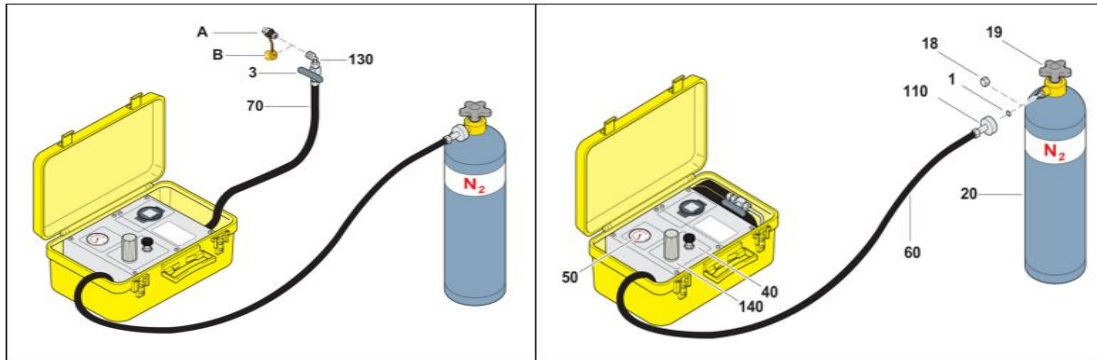
Ubicación del acumulador de admisión (30) a lado derecho, acumulador de regulador de tiros (31) lado izquierdo y acumulador de retorno (35).



Nota: Obtenido desde el manual de *Maintenance COP 1838HD + VER. F Hydraulic Rock Drill*.2021. (<http://www.epiroc.com>)

El nitrógeno será cargado al acumulador con el cargador del acumulador, realizar el proceso con mucho cuidado verificando que las conexiones no tengan daños y estén limpios. Cargar el acumulador en la temperatura ambientes normales, cuando se encuentra por debajo de -5°C aproximadamente la carga se debe verificarse y volver a cargar después de alcanzar la temperatura (Epiroc Rock Drills AB, 2021, pág. 37).

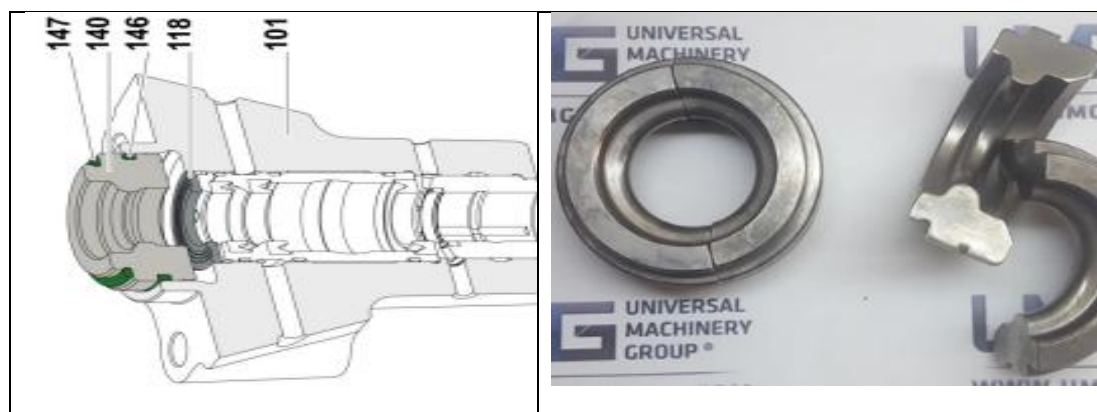
Figura 19
Cargador del acumulador



Nota: Obtenido desde el manual de *Maintenance COP 1838HD + VER. F Hydraulic Rock Drill*.2021. (<http://www.epiroc.com>)

Stop ring. accesorio que va en la parte inferior de las aletas del shank adapter dando una posesión fija.

Figura 20
Ubicación de stop ring



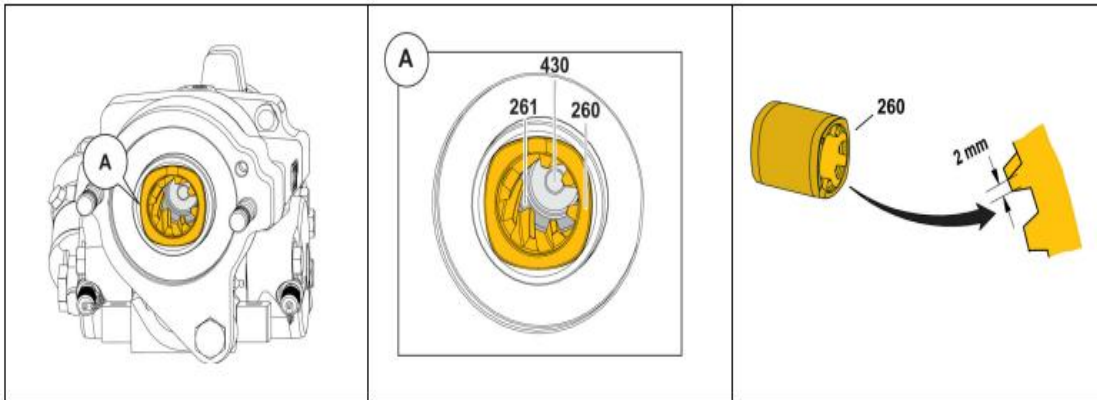
Nota: Obtenido desde el manual de *Maintenance COP 1838HD + VER. F Hydraulic Rock Drill*.2021. (<http://www.epiroc.com>)

Driver. Dentro de la caja de engranajes verificar las estrías de la pieza de arrastre (260), el casquillo de mordaza de rotación (261) y el pistón de impacto (430), si las estrías tienen menos de 2mm de ancho, debe reemplazarse la pieza de arrastre (260), además pasar por una

inspección detallada a la perforadora hidráulica en el taller cuando la superficie de impacto de los pistones estén dañadas, cuando el casquillo de rotación (261) este arañada o agrietado y cuando se ven marcar o estrías en el casquillo de mandril de rotación (Epiroc Rock Drills AB, 2021, p. 49)

Figura 21

Driver o estrías de pieza de arrastre (260), el casquillo de mordaza de rotación (261) y el pistón de impacto (430)



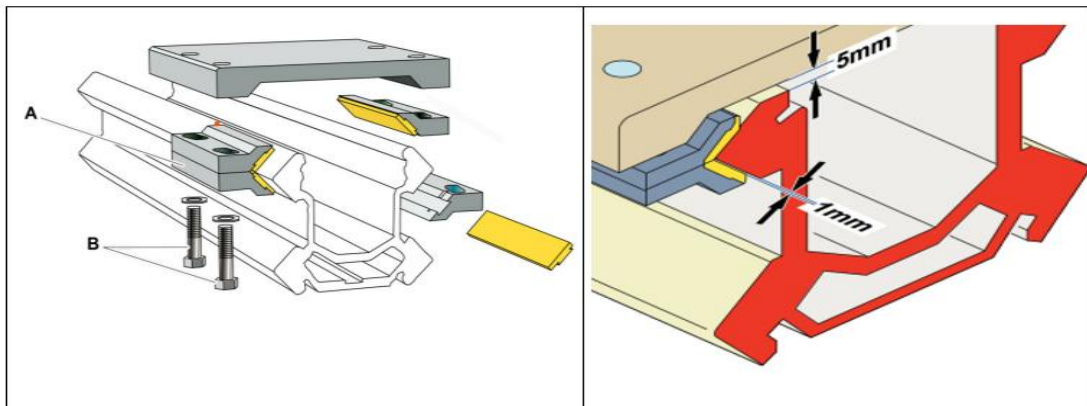
Nota: Obtenido desde el manual de *Maintenance COP 1838HD + VER. F Hydraulic Rock Drill.2021.* (<http://www.epiroc.com>)

2.2.8 Viga de avance

Pieza de deslizamiento o patines. Tiene la función de deslizar o transportar la perforadora sobre el riel de deslizamiento de la viga en el proceso de perforación de taladros de modo que no genere rozamientos entre la viga y los soportes de metal. Cada par de sujetadores está trabado en su lugar con pernos, los patines superiores tienen que mantenerse en contacto con la viga de avance mientras los patines inferiores tienen que mantener 1mm (0.04 pulg.) de espacio libre entre la viga de avance. Reemplazar si hay menos de 1 mm de margen de desgaste de la pieza de deslizamiento (Epiroc Rock Drills AB, 2021, p. 49).

Figura 22

Piezas de deslizamiento en el sujetador



Nota: Obtenido desde el *Manual de Mantenimiento Simba S7 D 2020.* (<http://www.epiroc.com>)

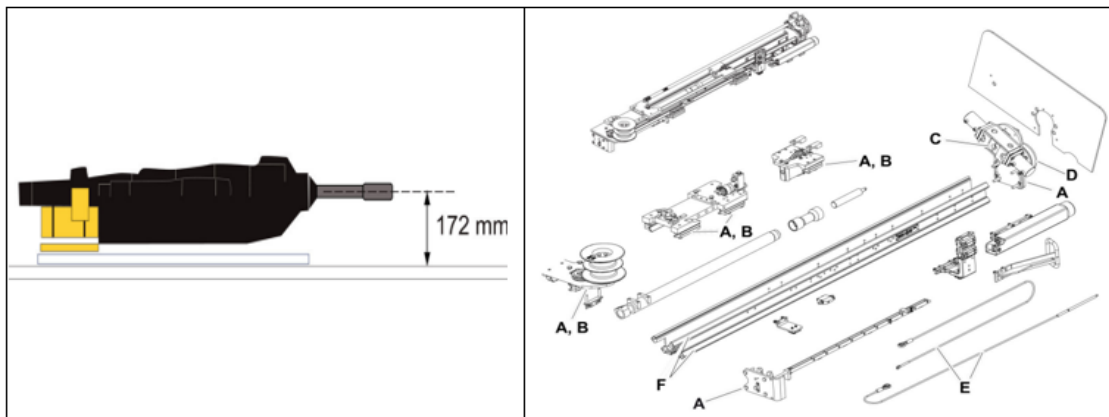
Alineamiento de mesa de perforación (entre el shank adapter y la mordaza). La mordaza y el shank adapter deben estar alineados en un solo eje, ya que contrariamente ocasiona roturas en el shank o barra de perforación porque genera flexión o efecto palanca en todo el varillaje en plena perforación.

El soporte de la barra de perforación debe ajustarse de manera que se obtenga el menor juego posible entre las barras de perforación y las mordazas cuando el soporte de la barra de perforación esté cerrado. Este ajuste solo debe llevarse a cabo después de reparaciones mayores, después de retirar el soporte de la barra de perforación o la cuna de perforadora de roca del dispositivo de avance.

Realizar los siguientes pasos para ajustar el soporte de barras de perforación; primero verifique que el adaptador de culata de la perforadora hidráulica está en el centro del soporte de la barra de perforación. Mida la distancia entre el borde superior de la viga de deslizadera y el centro del adaptador de culata. Si la distancia no es correcta, la cuna de perforadora de roca debe ajustarse, seguidamente posicione la deslizadera verticalmente con su parte frontal apuntando hacia abajo. Abrir el soporte de barras de perforación. Enrosque una barra de perforación en el adaptador de culata. Mueva la perforadora de roca de modo que la barra de perforación sobrepase las mordazas. Cerrar el soporte de barra de perforación. Revise el juego entre las mordazas y la barra de perforación. Aflojar los pernos que sostienen el soporte de barra de perforación. Adaptar la posición del soporte de barra de perforación hasta que el juego sea de alrededor de 1 mm. Apretar los pernos. Abrir el soporte de barras de perforación. Cerrar el soporte de barra de perforación y finalmente revisar el juego entre las mordazas y la barra de perforación (Epiroc Rock Drills AB, 2021, p. 83)

Figura 23

Distancia que hay entre la viga de avance y el adaptador de culata

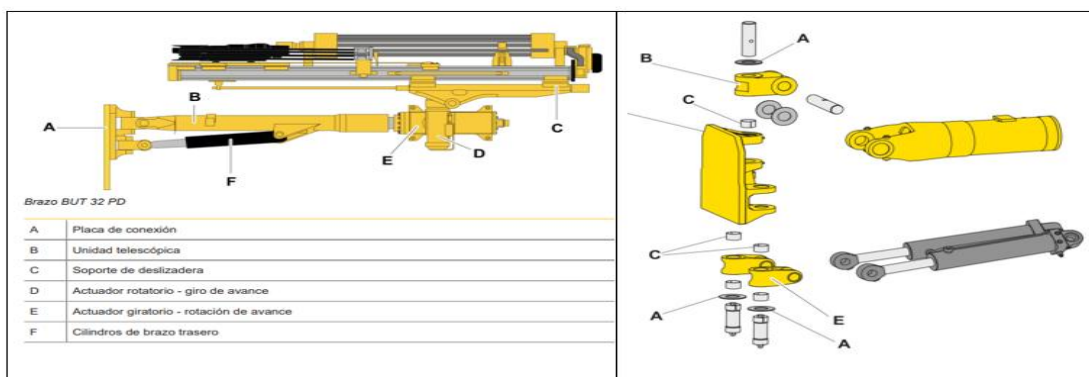


Nota: Obtenido desde el *Manual de Mantenimiento Simba S7 D 2020*. (<http://www.epiroc.com>)

Pines y bocinas. Los pines y bocinas no deben presentar juegos radiales ni longitudinales, cualquier anomalía o mínima luz de desgaste se deberán reemplazar.

Figura 24

Visión general de la viga y los pines y bocinas

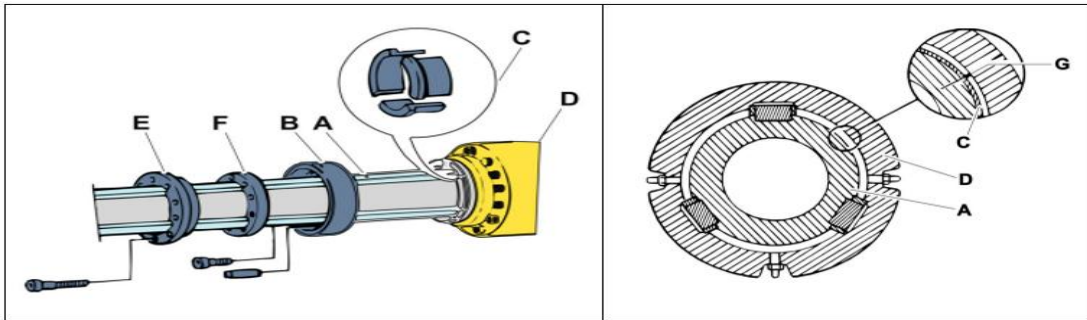


Nota: Obtenido desde el *Manual de Mantenimiento Simba S7 D 2020*. (<http://www.epiroc.com>)

Bujes y alojamiento de cojinete. Deslizar el dispositivo telescópico para detectar signos de daños y desgaste, entender el tubo telescópico (A), retirar la arandela (E) y el sello (F) y luego retire la cubierta (B), seguidamente mida el juego entre el tubo de extensión (A) y los dos bujes superiores (C). y si el juego (G) es superior a 1 mm, retire el alojamiento de cojinete (D) y cambie los bujes desgastados (Epiroc Rock Drills AB, 2021, p. 49).

Figura 25

Revisión de bujes en alojamiento de cojinete



Nota: Obtenido desde el *Manual de Mantenimiento Simba S7 D 2020*. (<http://www.epiroc.com>)

2.2.9 Accesorios de la columna de perforación

Los aceros de la columna de perforación del macizo rocoso deben poseer las siguientes propiedades: altas resistencias a la fatiga, a la flexión y al desgaste por ejemplo en las roscas y culatas (Sandvik Rock Tools, s.f.), los accesorios que compone la columna de perforación son; Shank, Barra, Broca y Rimadora.

Los aceros de perforación según Cosme Camarena (2012), “Es una aleación de hierro y carbono que, de acuerdo a su tratamiento y a las proporciones puede adquirir distinta resistencia, elasticidad y dureza” (p. 20). Mientras Sandvik Rock Tools (s.f.) menciona que los aceros con alto contenido de carbono se utilizan para perforaciones con barrenos integrales, la temperatura adecuada de laminado determina el nivel de dureza del acero, por ende, las culatas reciben el tratamiento térmico especial hasta adquirir una característica apropiada para resistir los impactos de golpe que genera el pistón. Por otro lado, los aceros con bajo contenido de carbono se usa para las barras de extensión, shank adapter, acople y brocas, ya que, después del mecanizado los productos se someten al proceso de endurecimiento a alta frecuencia o por carbonización gaseosa para adquirir una superficie resistente.

2.2.10 Tratamiento térmico.

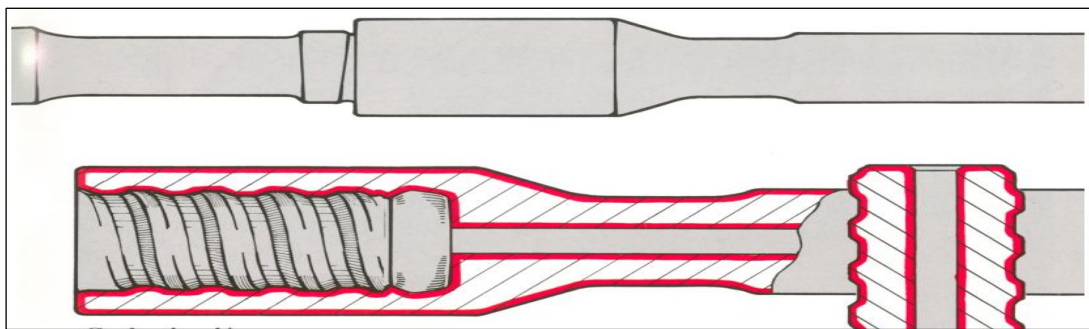
Endurecimiento superficial por alta frecuencia. En el endurecimiento superficial HF (alta frecuencia), se calienta rápidamente la superficie hasta 900°C aproximadamente para luego sumergirlo inmediatamente en el agua. Consecuentemente se obteniendo como resultado una capa dura, resistente en la parte exterior del acero que aumenta la resistencia a la fatiga, este método se aplica en las roscas de las barras, manguitos y cierto tipo de brocas.

Carburización. Teniendo en cuenta que, la dureza del acero depende del contenido de carbono. Por ende, este método se realiza en un horno con gas rico en carbono a una temperatura 925°C

aproximadamente, este proceso eleva el contenido de carbono en la capa superficial, el método de endurecimiento posterior brinda un elevado grado de dureza en la parte exterior del acero y se introduce la resistencia a la compresión, siendo el objetivo principal de la resistencia a la compresión aumentar la resistencia a la fatiga, mientras la dureza aumenta la resistencia al desgaste. Finalmente, la superficie exterior y el orificio de barrido alcanzan un grado alto de carburización, aplicable en las roscas de las barras, shank adapter, acoplamientos y en ciertas brocas (Sandvik Rock Tools, s.f.).

Figura 26

Tratamiento Térmico



Nota. Captado del *Manual de perforacion de rocas, Teoria y Tecnica* (pág. 22), Sandvik Rock Tool, s.f, Gavle Offset AB.

Figura 27

Comparación entre la carburización y el temple superficial por alta frecuencia (HF)

Propiedad	Temple superficial por alta frecuencia	Carburización
Resistencia a la fatiga		
Roscas	Alta	Muy alta
Sección de barra	Media	Muy alta
Duración superficial		
Roscas	Alta	Muy alta
Sección de barra	Media	Muy alta
Resistencia al desgaste		
Roscas	Alta	Muy alta
Sección de barra	Media	Muy alta
Resistencia a la compresión por el tratamiento térmico		
Roscas	Alta	Alta
Sección de barra	Ninguna	Alta
Regidez	Media	Alta
Resistencia a la corrosión	Poca	Media
Riesgo de que se quemen las roscas	Poca	Media
Sensibilidad al efecto de entalladura	Poca	Media





Nota. Captado del *Manual de perforacion de rocas, Teoria y Tecnica* (pág. 22), Sandvik Rock Tool, s.f, Gavle Offset AB.

Los accesorios de la columna de perforación utilizado en la mina San Cristóbal en los equipos simba de taladros largos son los siguientes:

- ✓ Shank Adapter
- ✓ Barras
- ✓ Brocas (brocas para taladros de producción y rimadora para perforar la cara libre)

Figura 28

Accesorios de la columna de perforación de equipos simba, taladros largos.

SHANK COP1838 T38 D52 L525mm	BARRA MF T38 R39 T38 L1525mm (5')	BROCA RETRÁCTIL T38 64mm - 9ins	BROCA ESCARIADOR A T38 127mm (5") Dom C/Pilot
			

Nota: tren de varillaje de la columna de perforación en taladros largos, Simba S7D.

2.2.11 Vida útil de los accesorios de la columna de perforación.

La vida útil es el objetivo que garantiza llegar los fabricantes, Aparco Huillcas y Garcia de la Cruz (2019), desarrollan de la siguiente manera:

La vida útil de un acero de perforación, es el tiempo en el cual la herramienta puede operar con eficiencia, es dada por el fabricante y depende del material con el que ha sido elaborada. El desgaste de los aceros de perforación es un proceso en el que se reduce la vida útil, debido al tipo de herramienta (configuración), a la roca y los esfuerzos aplicados sobre ellos (p.30).

Tabla 7

Vida útil de los accesorios de la columna de perforación.

Descripción	Vida Útil (metros)
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	1,500
Barra MF T38 R39 T38 L1525mm (5')	220
Broca Retractil T38 64mm - 9ins	230
Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot	150

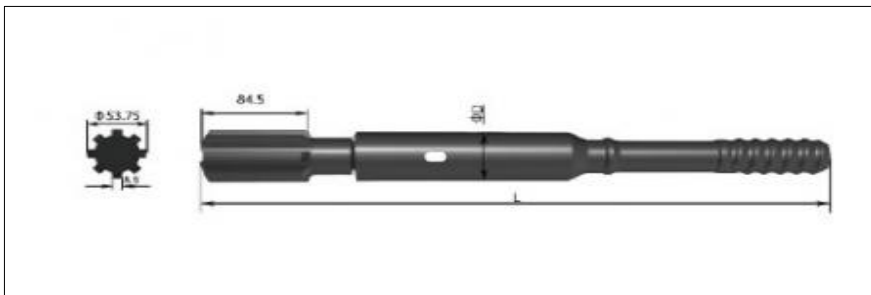
Nota: tomado desde base de datos de la empresa contratista Rock tolos Peru S.A.C., en la unidad operativa San Cristóbal.

2.2.12 Características de los aceros de la columna de perforación

Shank Cop1838 T38 D52 L525mm. Conocido como adaptador de culata, que va fijado en la perforadora junto al pistón de impacto para transmitir energía a través del varillaje, sus partes son los siguientes; Aletas con D53.75mm y L84.5mm, el cuerpo con D52mm y L200mm, orificio de barrido, cuello y unión roscada T38.

Figura 29

Partes del shank adapter

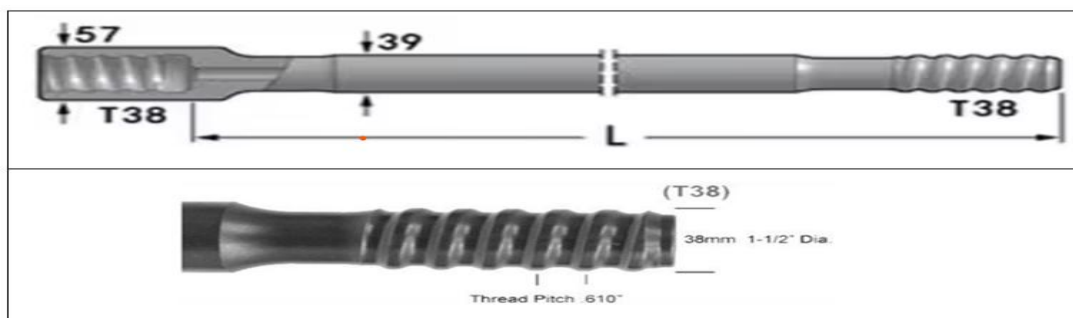


Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 63), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Barra MF T38 R39 T38 L1525mm (5'). Barra de acero, redondos que va directamente acoplado al shank adapter, con acople integrado MF de longitud 5ft, rosca T38.

Figura 30

Características y dimensiones de la barra.

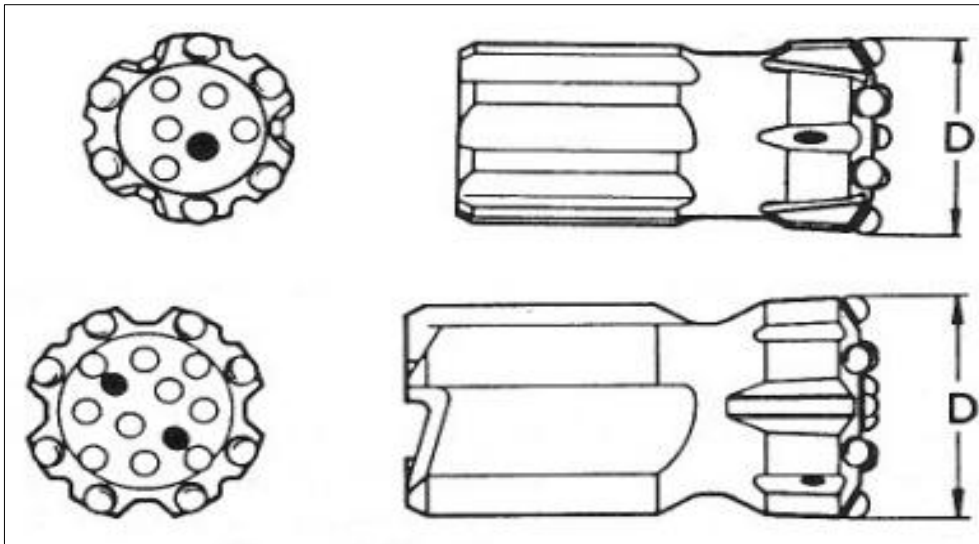


Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 63), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Broca Retractil T38 64mm - 9ins. Las brocas disponen de varios orificios de barrido, centrales y laterales para inyectar fluidos, también poseen hendiduras por las que se evacuan las rocas trituradas. Se diseñan con una pequeña conicidad, siendo la parte más ancha que va estar en contacto con la roca, con el fin de contrarrestar el desgaste y evitar el ajuste con las paredes del barreno en el taladro (Lopez et al., 2003, p.63)

Figura 31

Broca retráctil con diámetro 64mm



Nota. Adaptado del *Manual de Perforación y Voladura de Rocas* (pág. 64), por Lopez Jimeno, C. et al., 2003, IGME Rios Rosas, 23.

Las brocas retráctiles se usan en el tipo de terreno donde las paredes del taladro tienden a desmoronarse, por ende, para evitar atascamiento y pérdidas de varillaje. Poseen de estrías y dientes en el faldón de la broca que permite realizar la perforación en retroceso.

Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot. Se utiliza para perforar slot, taladros de rimado.

2.2.13 Método de minado Bench and Fill (bancada y relleno)

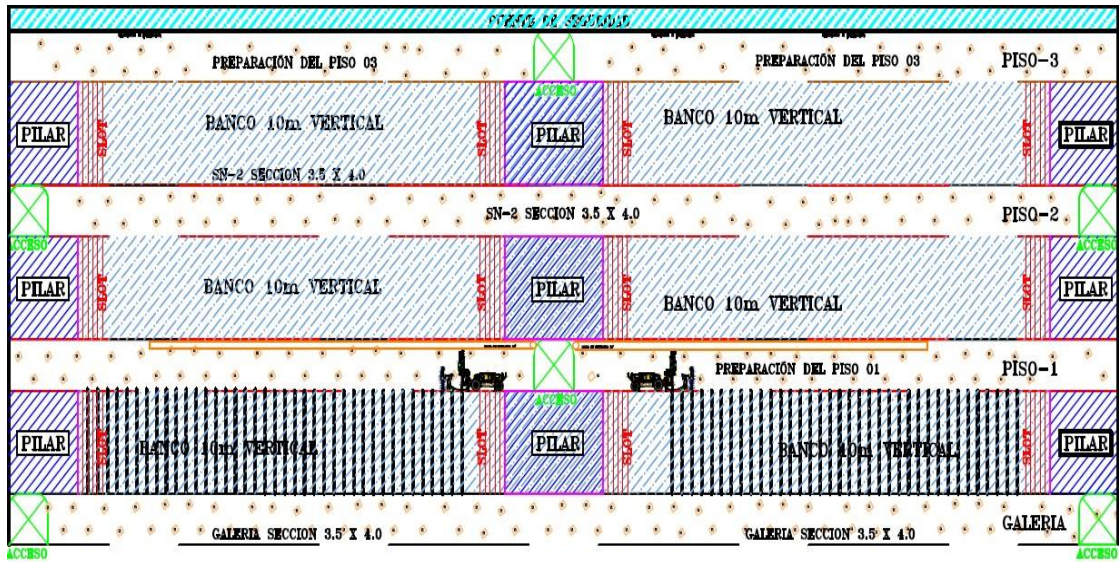
La perforación para el método de minado es Bench and Fill con el equipo Simba S7D, diseñando para perforación de taladros largos, una vez culminada la perforación, se procederá con el carguío de explosivos consecuentemente el disparo, iniciando por el slot, el cual se realiza en el extremo del tajo pegado al acceso de relleno, y luego con los taladros de producción, cada disparo será de 3 secciones como mínimo (Ore Acuña, 2019, pág. 35).

Ciclo de minado:

- La perforación en preparación de subnivel, frentes de avance se realiza con jumbo SID,

Figura 32

Perforación de frentes de avance.

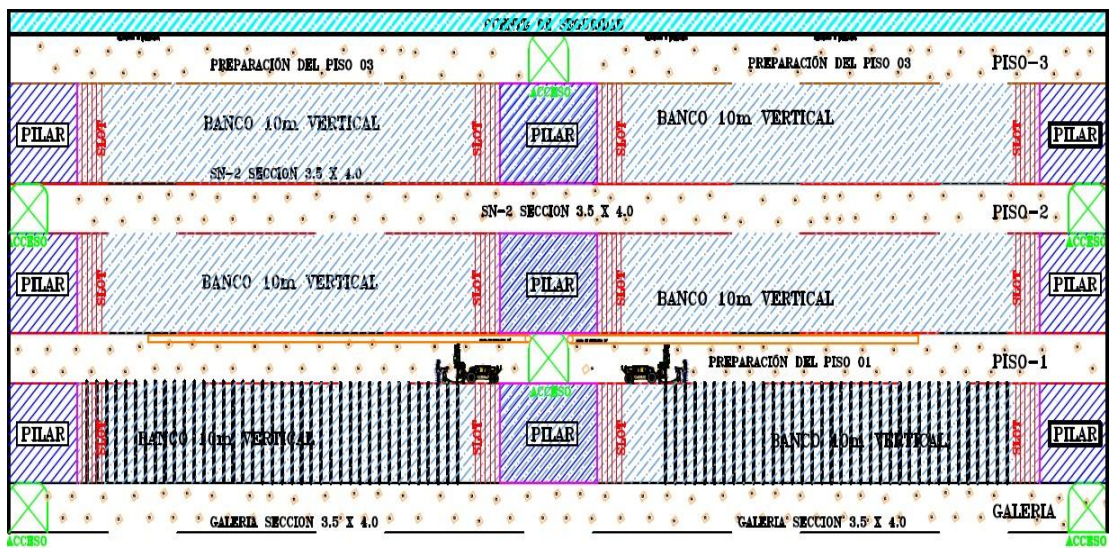


Nota. Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal.

- Perforación de los taladros largos de subnivel a subnivel

Figura 33

Actividad de la perforación de taladros

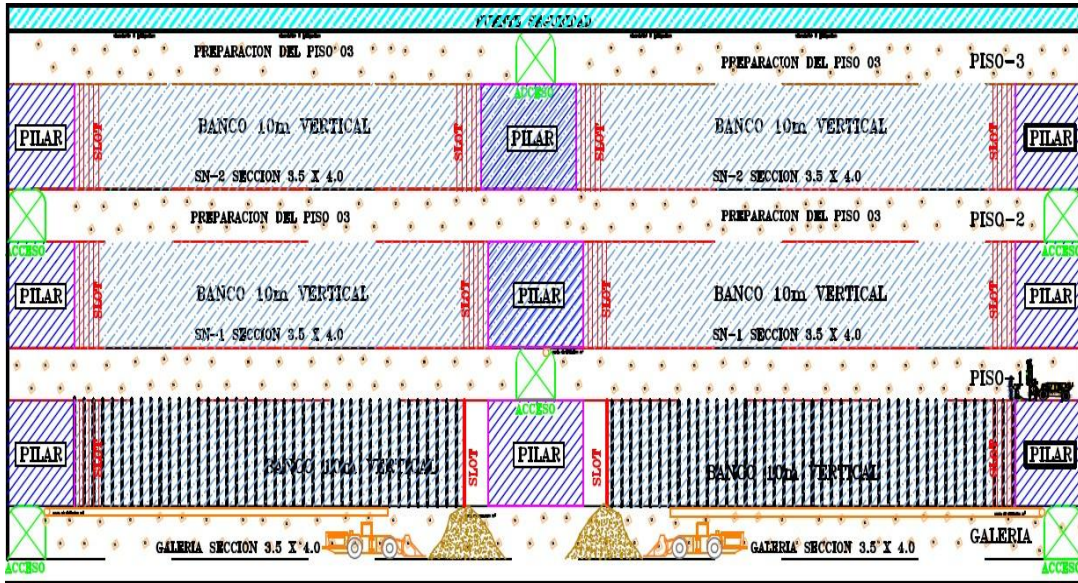


Nota. Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal.

- Voladura del slot o cara libre del tajeo de producción

Figura 34

Actividad de la voladura del slot o cara libre

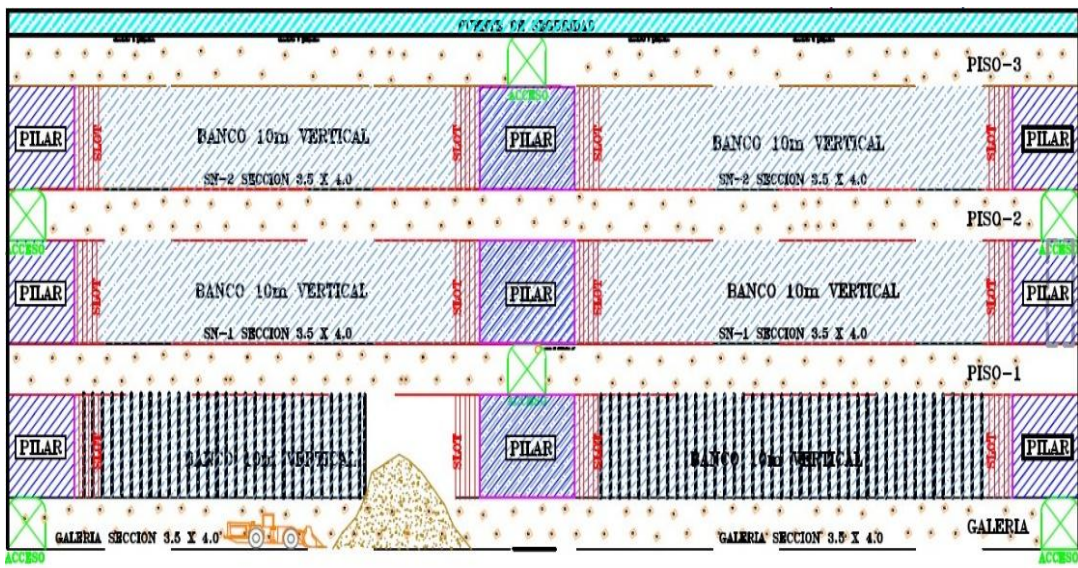


Nota. Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal.

- Voladura y limpieza de las primeras secciones

Figura 35

Voladura y limpieza de las primeras secciones

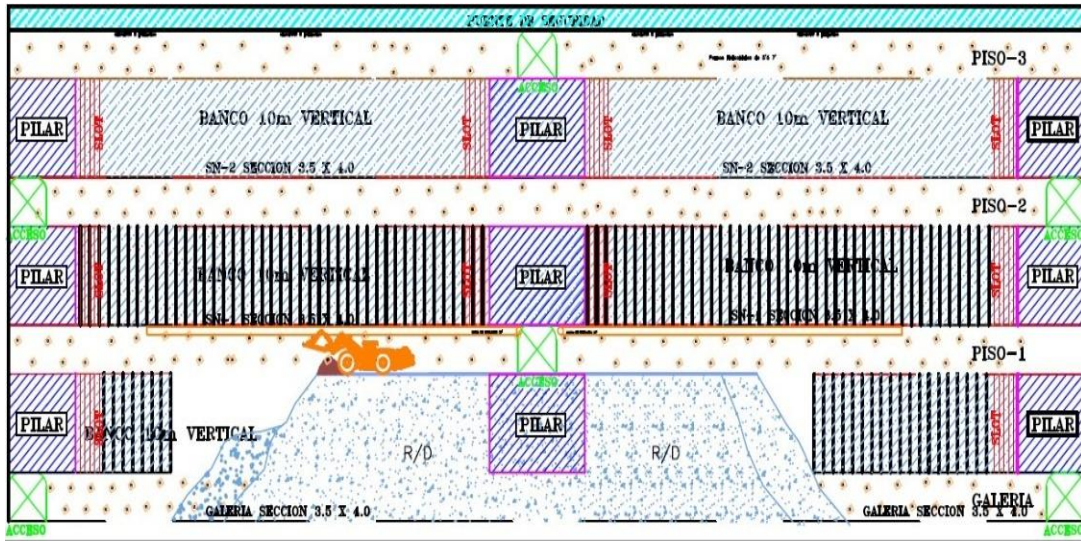


Nota. Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal.

- Limpieza y relleno detrítico a los tajeos

Figura 36

Limpieza y relleno detrítico a los tajeos



Nota. Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal.

2.2.14 Causas de las fallas o perdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación

2.2.1.1 Fallas en las brocas

Rajadura en el borde. Las rajaduras de forma paralela y transversal en el cuerpo de la broca, es por el procedimiento erróneo de emboquillado, otro factor importante es demasiado percusión en vacío que son practicas usuales de los operadores, posteriormente en el proceso de operación los operadores intentan corregir el paralelismo del taladro cuando este ya haya ingresado más de un pie de profundidad. Uno de los factores operativos de relevancia poco es el descontrol de una elevada rotación que genera alto torque. Según Sandvik Rock Tools (2020) generalmente se produce por las siguiengtes causas:

Procedimiento erróneo al querer colocar la broca y perforar sin que esté bien fijada y percutar demasiado al momento de empezar la perforación. Mal emboquillado al momento de iniciar la perforación de un taladro. La broca presenta despostillamiento en la parte inicial de la rosca y mala práctica de querer corregir el paralelismo cuando ya se está perforando más de un pie que ocasiona pandeamiento de la barra y rotura de broca. (p. 3)

Figura 37

Rajadura en el borde de las brocas



Nota. Fallamientos de las brocas

Rotura de forma anular en el cuerpo de la broca. Según Sandvik Rock Tools (SRT, 2020), la rotura es ocasionado por “la excesiva rotación aplicada cuando se quiere extraer la broca atascada, mal procedimiento al momento de extraer la broca, baja resistencia de la roca, corrosión, excesiva percusión al extraer la broca y fatiga del acero”. (pág. 06)

Figura 38

Rotura en forma anular en el cuerpo de la broca



Nota. Adaptado de la Guía de análisis de fallas en aceros de perforación (pág. 06), por Sandvik Rock Tools, 2020. Scribd, (<https://es.scribd.com>)

Pérdidas de botones. Según Sandvik Rock Tools (SRT, 2020), los insertos se saltan por las siguientes causas “percusión en vacío, presión de avance inadecuada, incorrecta relación de tamaño entre botón y agujero en la matriz de la broca”. (pág. 07) la falla prematura también se da por las deficiencias en la fabricación.

Figura 39

Pérdidas de botones



Nota. Monitoreo de las brocas

Microfisuras o piel de serpiente en los insertos. Produce por mayor dureza de carburo cementado al perforar una roca extradura, Según Sandvik Rock Tools (SRT, 2020), “Perforar en terreno no abrasivo, crea micro fisuras en el botón observándose piel de serpiente en los botones. Además, la roca deja una superficie brillante en los insertos y una fatiga en los botones que lo agrietara a medida que se siga perforando” (pág. 08)

Figura 40

Microfisuras o piel de serpiente en los insertos



Nota. Adaptado de la *Guía de análisis de fallas en aceros de perforación* (pág. 08), por Sandvik Rock Tools, 2020. Scribd, (<https://es.scribd.com>)

Partición de botones por debajo del cuerpo. La sobreperforación de los insertos genera elevado esfuerzo en ambos lados del inserto, Según Sandvik Rock Tools (SRT, 2020), “Excesiva protuberancia del botón mediante incorrecto afilado o lavado de acero. Protuberancia mayor que $\frac{3}{4}$ del diámetro del botón puede no proporcionar suficiente soporte

para resistir las fuerzas de tracción que el botón pueda encontrarse.” Mencionar también que la fatiga del inserto es por el cumplimiento de la vida útil y si la falla es prematura se debe a las deficiencias en fabricación.

Figura 41

Partición de botones por debajo del cuerpo



Nota. La sobreperforación de los insertos genera elevado esfuerzo en ambos lados del inserto, desgaste mayor a $\frac{3}{4}$ del diámetro del botón multiplica las fuerzas de tracción., sobreperforación en roca suave y no abrasiva que deja la superficie de los botones con brillo (cristalizados) al chocar con rocas extraduras ocasiona rotura.

Botones picados, agrietados y triturados dentro de la broca. Según Sandvik Rock Tools (2020) son los siguientes:

Malas prácticas al aflojar la broca de la barra (excesiva percusión en vacío y rotación), piel de serpiente, sobreperforación en roca suave y no abrasiva que deja la superficie de los botones con brillo, sobreperforación, incorrecto grado de carbonización, incorrecto proceso de afilado y perforación en contra de otro metal. (p.14)

Figura 42

Fallas en los insertos de la broca



Nota. Adaptado de la Guía de análisis de fallas en aceros de perforación (pág. 12-14), por Sandvik Rock Tools, 2020. Scribd, (<https://es.scribd.com>)

2.2.1.2 *Fallas en las barras*

Superficie dañada de la barra y fatiga rosa originada desde superficie. Según Sandvik Rock Tools (2020) son los siguientes:

Superficie dañada por centralizador desgastado o la mordaza, presencia de una superficie brillante (forma martensita) debido a rotación entre acero, usar centralizador desgastado que causa desviación, fisuras ocasionadas por golpes externos. uso y cuidados inapropiados de las barras, emboquillados violento, excesivo avance, desalineamiento en la columna de perforación (desgaste de lánas, desgaste del riel de la viga, desgaste de boom), perforación en roca muy fracturada y perforar con viga torcida o doblada. (p.16)

Siempre se observa marcas en el punto lo cual evidencia el mal trato o mal uso de la barra.

Figura 43

Superficie dañada y fatiga rosa



Nota. Emboquillado violento, excesiva presión de avance, desalineamiento en la columna de perforación (desgaste de lánas, desgaste del carril de la viga, desgaste de boom) y no fijar adecuadamente la viga de perforación.

Picadura y desgaste de los hilos en la barra. Según Sandvik Rock Tools (2020) son los siguientes: “sobrecalentamiento de las roscas debido a la desviación del taladro; desaflojamiento entre conexiones y excesiva energía de percusión, demasiada percusión en vacío o perforación en terreno demasiado suave, roscas desgastadas y perforación con broca equivocada o sobre perforada” mencionar también la falla conocido como pitting (picado) que se produce con hilos abiertos durante la perforación (p. 16)

Figura 44

Picadura y desgaste en los hilos

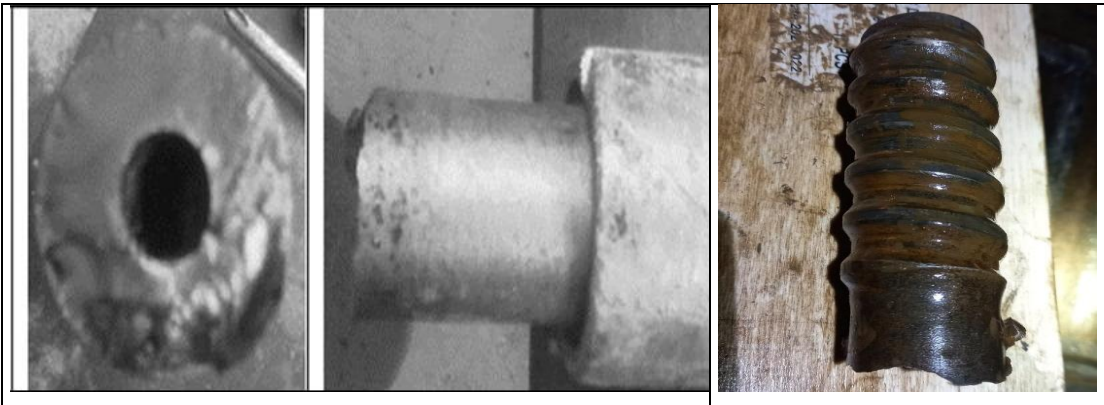


Nota. Sobrecalentamiento de las roscas debido a la desviación del taladro; desaflojamiento entre conexiones y excesiva energía de percusión, demasiada percusión en vacío o perforación en terreno demasiado suave, roscas desgastadas y perforación con broca equivocada o sobre perforada

Despostillamiento y rotura de la rosca macho. Según Sandvik Rock Tools (SRT, 2020) son los siguientes, “inadecuado presión de avance, uso de acoplamiento equivocado, desalineamiento y desviación de barras con extensión, el acero golpea al acoplamiento, perforar con brocas equivocadas o sobre perforadas y fatiga por corrosión debido a fluidos corrosivos” (p.22).

Figura 45

Despostillamiento y rotura de la rosca macho



Nota. Producto de la inadecuada presión de avance, desalineamiento o desviación de barras con la mordaza, inestabilidad de la viga, el acero golpea a la mordaza y fatiga por corrosión debido a fluidos corrosivos. Además, se produce por la picadura de los hilos

Falla a través de la rosca hembra. Según Sandvik Rock Tools (2020) son los siguientes, “taladro desviado o desalineamiento de avance, inadecuado presión de avance y picaduras en forma de punto en los hilos (rosca), alto torque de perforación con brocas sobre perforadas,

abolladura o corte en la superficie del acero” (p.23). Aclarar también por el desalineamiento entre el shank y la mordaza.

Figura 46

Falla a través de la rosca hembra



Nota. Adaptado de la Guía de análisis de fallas en aceros de perforación (pág. 23), por Sandvik Rock Tools, 2020. Scribd, (<https://es.scribd.com>)

Extremo de rosca hembra astillado, agrietado y/o quemado. Según Sandvik Rock Tools (SRT, 2020), “desalineamiento entre el shank y la mordaza, la rosca macho de la barra golpea fuera del eje alrededor de la rosca hembra de la siguiente barra” (p.24).

Figura 47

Falla en el extremo de la rosca hembra astillado o quemado



Nota. Adaptado de la Guía de análisis de fallas en aceros de perforación (pág. 24), por Sandvik Rock Tools, 2020. Scribd, (<https://es.scribd.com>)

Rotura en cuerpo de la barra. Según Sandvik Rock Tools (2020) la causas principales que genera la rotura de la barra son los siguientes;

Aquella barra se rompió por flexionamiento, quiere decir que según lo observado en las fotos; fue por desviación en la columna de perforación (corregir el taladro cuando ya se tiene más de 20 cm de perforado). Falta de experiencia de los operadores, demasiada percusión para recuperar la barra atascada, centralizadores desgastados y broca

sobreperforada, sobrepresión de avance al momento de empezar la perforación y mal emboquillado (p. 27).

Figura 48

Rotura en cuerpo de la barra



Nota. Adaptado de la Guía de análisis de fallas en aceros de perforación (pág. 27), por Sandvik Rock Tools, 2020. Scribd, (<https://es.scribd.com>)

2.2.1.3 Fallas en shank adapter

Marcas de impacto, picados y remachados al final de la aleta. Según Sandvik Rock Tools (2020), “Champeo de Shank a consecuencia del desgaste de buje, Además, Trabajar con el pistón dañado” (p.37).

Figura 49

Marcas de impacto, picado y champeado al final de las aletas



Nota. Desestabilidad del boom de la perforadora, desalineamiento en la parte frontal de la perforadora por el desgaste del bushing y excesiva presión de avance que genera pandeo; Percusión en vacío lo que genera calor y picaduras en las roscas, mezclar aceros de distintas marcas, falta de engrase en las roscas, alta rotación y torque al trabajar con brocas sobre perforadas (sin afilar) que provoca el retorno de la energía.

Rotura transversal y desgaste en la parte inferior de las aletas. Deficiente lubricación en la perforadora, calidad de lubricación deficiente en las aletas del shank, recuperar las barras plantadas genera excesiva presión y rotación en las aletas inferiores o excesiva percusión en vacío, desgaste del stop ring, alto e incorrecto torque de los tirantes, inadecuada presión de avance, excesiva rotación cuando retorna la cadena. (Sandvik Rock Tools, 2020, p.38). Además, el esfuerzo excesivo que genera al intentar recuperar el atascamiento de la columna de perforación y el stop ring muy desgastado o picado.

Figura 50

Rotura y desgaste en las aletas del shank

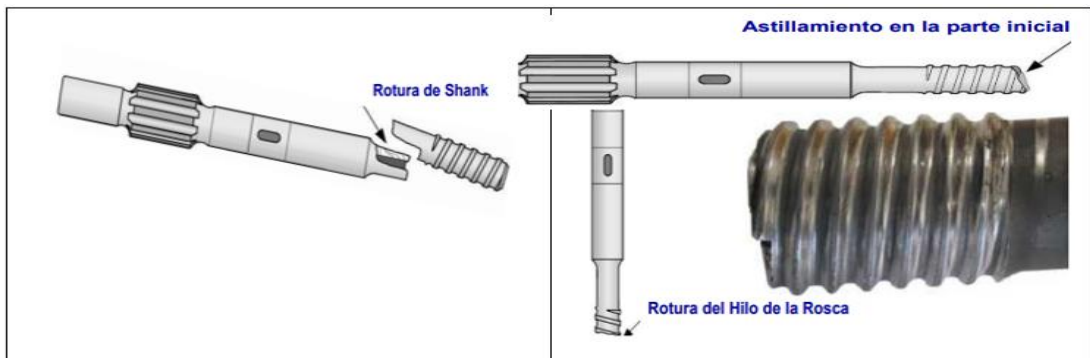


Nota. Usar brocas sobreperforadas e inadecuada presión de avance, excesiva rotación cuando retorna la cadena. Además, el esfuerzo excesivo que genera al intentar recuperar el atascamiento de la columna de perforación y el stop ring muy desgastado o picado.

Rotura al inicio y final de la rosca del shank. En la parte final de las roscas se dan por las siguientes causas; Desestabilidad del boom de perforación(sistema de articulación del equipo) lo que genera un excesivo pandeo, desalineamiento en la parte frontal de la perforadora por el desgaste del bushing y excesiva presión de avance que genera pandeo o flexión en toda la columna de perforación. Mientras las roturas al inicio de la rosca del shank es generado por las siguientes causas; Percusión en vacío lo que genera calor y picaduras en las roscas, desalineamiento entre el shank y mordaza de la viga, mezclar aceros de distintas marcas, falta de engrase en las roscas, desgaste en las uniones roscadas de la barra, continuar percutando cuando la barra se ha atascado, sobrepresiones en la perforación, alta rotación del torque al trabajar con brocas sobreperforadas (brocas sin afilar) que provoca el retorno de la energía (Sandvik Rock Tools, 2020, p. 39).

Figura 51

Roturas al inicio y al final de las roscas del shank

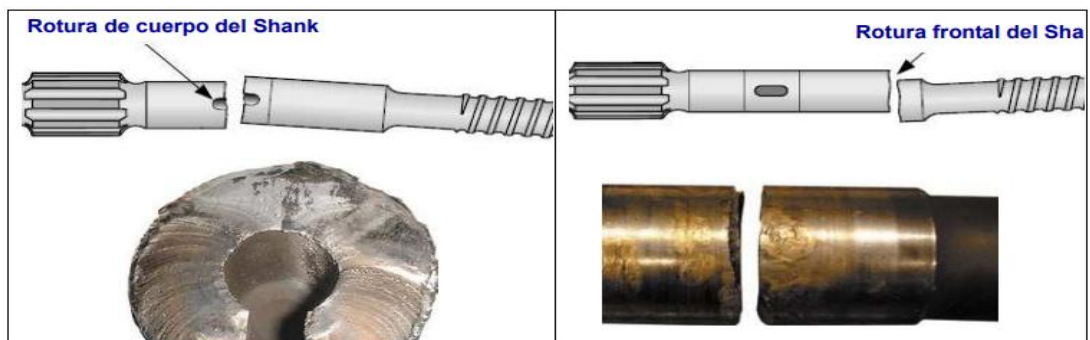


Nota. Adaptado de la Guía de análisis de fallas en aceros de perforación (pág. 38 y 39), por Sandvik Rock Tools, 2020. Scribd, (<https://es.scribd.com>)

Rotura por corrosión y rotura frontal en el cuerpo del shank. La rotura por corrosión se da por las siguientes causas; corrosión del acero a consecuencias de agua muy acida, agua de barrido contaminada (sucio) y por fatiga. Mientras la rotura frontal es generada por las siguientes causas; desalineamiento de la columna por el desgaste del bushing frontal (Sandvik Rock Tools, 2020, p. 35).

Figura 52

Rotura frontal y por corrosión en el cuerpo del shank



Nota. Adaptado de la Guía de análisis de fallas en aceros de perforación (pág. 38 y 39), por Sandvik Rock Tools, 2020. Scribd, (<https://es.scribd.com>)

Picadura y deformaciones en las aletas del shank. Según Sandvik Rock Tools (2020):

Mala o poca lubricación, excesiva rotación en terreno suave o roca movediza, Incorrecta lubricación hacia el shank, recalentamiento generado por el aceite de lubricación que se ha contaminado con el agua, atascamiento de columna de perforación e intentar recuperar con la máquina perforadora (p.47).

Además, mencionar mal estado del driver y las partículas de limalla que fue generado por el stop ring picado.

Figura 53

Picadura y deformaciones en las aletas del shank



Nota. Adaptado de la Guía de análisis de fallas en aceros de perforación (pág. 38 y 39), por Sandvik Rock Tools, 2020. Scribd, (<https://es.scribd.com>)

2.3 Marco conceptual

Perforación de taladros largos: Es el proceso de abrir huecos en el macizo rocoso con las dimensiones simétricas y equidistantes para alojar explosivos. La eficiencia de este proceso se mide en términos de la cantidad y calidad de los metros perforados en relación con el tiempo y recursos utilizados.

Accesorios de la columna de Perforación: Conjunto de herramientas que compone el varillaje para perforar taladros, como brocas, barras y shank.

Consumo de Accesorios de perforación: Refiere al ritmo al que la unidad de accesorio de la columna de perforación se desgastan o se consumen descartan. Este consumo está influenciado por múltiples factores, incluyendo las características del terreno, el equipo de perforación y la eficiencia operativa.

Metros Perforados: Es una unidad de medida que representa la longitud total de los agujeros perforados en un período determinado. Los metros perforados son un indicador clave de la productividad en operaciones de perforación minera, reflejando tanto la eficiencia como la efectividad del proceso.

Caracterización Geomecánica: Proceso de evaluación de las propiedades mecánicas y estructurales del macizo rocoso, incluyendo la resistencia a la perforabilidad, el grado de la abrasividad, la dureza de la roca y las discontinuidades, con el objetivo de optimizar el diseño y la ejecución de la perforación.

Diseño de los Accesorios: Proceso de elección de los materiales con los que se fabrican los accesorios de la columna de perforación, basándose en su resistencia al desgaste, durabilidad y compatibilidad con las condiciones específicas de la formación rocosa y el tipo de perforación.

Parámetros de perforación de los equipos: Modificaciones realizadas a la configuración de los equipos de perforación, incluidos los parámetros operativos como la velocidad de rotación,

la presión de avance y el caudal de fluido de perforación, para mejorar la eficiencia y reducir el consumo de accesorios.

Gestión del Mantenimiento: Conjunto de prácticas administrativas y técnicas destinadas a mantener y mejorar la funcionalidad y la eficiencia de los equipos y accesorios de perforación, a través de actividades programadas de inspección, reparación y reemplazo.

Capacitación Operativa: Proceso de formación y actualización de los operadores de perforación en técnicas, prácticas y procedimientos avanzados para optimizar el uso de equipos y accesorios, mejorando así la eficiencia general de la perforación y reduciendo el consumo de accesorios.

CAPITULO III

Materiales y métodos

3.1 Descripción de la Unidad Minera San Cristóbal

3.1.1 Generalidades

La mina San Cristóbal constituye una de las operaciones actuales de la Compañía Minera Volcan S.A.A, pertenece a la unidad minera Yauli.

El distrito minero es bastante antiguo donde los primeros trabajos geológicos fueron realizados por la empresa Cerro de Pasco Corporation, entre los años 1928 a 1930, posteriormente por personal de Centromín-Perú y luego por el personal de Volcán Compañía Minera S.A.A. Durante los años comprendidos entre 1928 y 1930, Cerro de Pasco Corporation, realizó los trabajos exploratorios, realizados en concesiones arrendadas; los resultados un tanto desalentadores acompañados por los bajos precios del plomo y zinc en el mercado internacional, determinaron la postergación de la Exploración y Desarrollo hasta el año 1936; a partir de este año, hasta 1938, en base a las reservas anteriormente cubicadas, se construyó la Planta Concentradora de Mahr Túnel, se instaló el cable carril de 12 kilómetros que une Mahr Túnel y San Cristóbal, y por último se inició la producción sistemática a fines de 1938. Una posterior fluctuación de los precios de los metales que producía este distrito causó una nueva paralización en 1949, que se prolongó hasta 1952, año desde el cual ininterrumpidamente se explota minerales de cobre, plomo, zinc y plata. En agosto de 1967, la Planta Concentradora de Tungsteno; inició el tratamiento de dicho mineral, hasta agosto de 1984, fecha en la que se paraliza este tratamiento. A partir de octubre de 1997 Volcan Cía. Minera S.A.A, adquiere la propiedad de la mina y se empieza a enviar mineral a la planta Victoria. San Cristóbal posee un sistema de extracción subterránea con una planta concentradora llamada Victoria. El distrito minero de San Cristóbal, considerado de clase mundial, presenta mineralogías relacionadas a sistemas epitermales polimetálicos, cuerpos de reemplazamiento y sistemas de vetas polimetálicas, así como mineralización relacionada a pórfidos y skarns, lo cual indica el gran potencial del área (Espinoza Bonilla, 2018, p. 39).

3.1.2 Ubicación y accesibilidad

La Mina San Cristóbal, perteneciente a la U.E.A. Yauli, está ubicada en la parte suroeste del Distrito de Yauli, Provincia de Yauli, Departamento de Junín, en el Perú. Se encuentra en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Perú; a 110 km, en línea recta, de la ciudad de Lima (Espinoza Bonilla, 2018, p.42).

Altitudes promedio: Entre los 4150.00 - 4,700.00 m.s.n.m. Límites:

- Por el norte, con la Compañía Minera de "Volcán"
- Por el sureste, con la Unidad de Producción de Andaychagua.
- Por el este, con la Comunidad Campesina de Huayhuay.
- Por el sur, con la laguna de Páncar.
- Por el oeste, con la laguna de Pomacocha.

Coordenadas geográficas:

- Longitud Oeste: 76° 05'
- • Latitud Sur: 11° 43'. (Espinoza Bonilla, 2018, pág. 42)

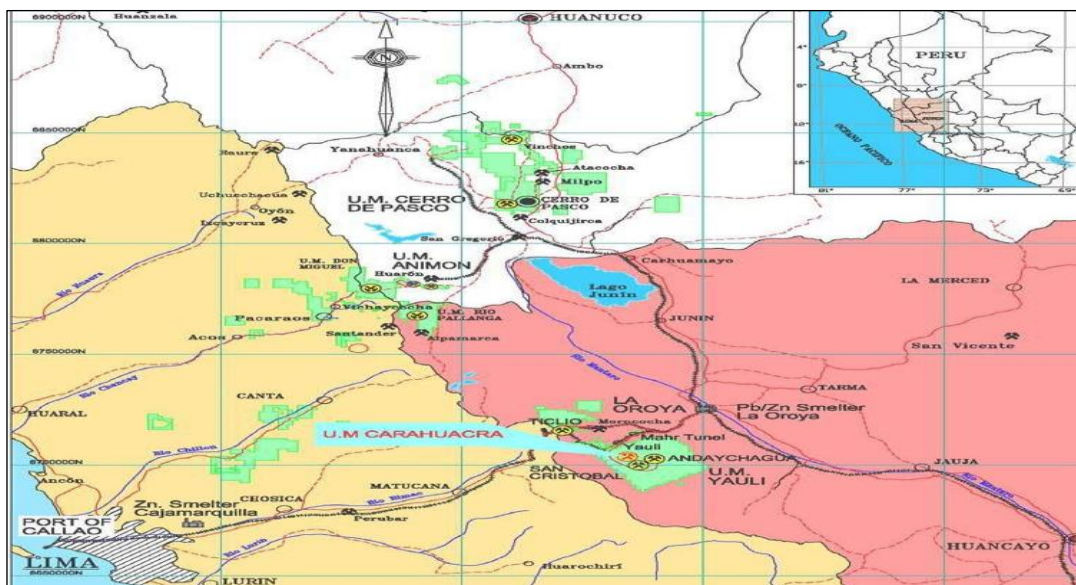
Tabla 8

Ubicación y Accesibilidad a la Mina San Cristóbal

Ruta	Distancia (km)	Carretera	Tiempo aproximado (h)
Lima a la Oroya	110	De la ciudad de Lima en línea recta por la carretera central hasta llegar a la ciudad de La Oroya.	Se tiene un viaje aproximadamente de cinco horas.
La Oroya a mina San Cristóbal	20	De la ciudad de La Oroya por la carretera central, se halla un desvío cerca de la localidad de Pachachaca,	El tiempo de viaje para llegar a la unidad productora San Cristóbal es aproximadamente de 45 minutos.

Figura 54

Ubicación y Accesibilidad de la Unidad Productora San Cristóbal



3.1.3 *Geología Estructural*

Plegamiento. La mina San Cristóbal se encuentra en el flanco occidental de la estructura regional dominante del domo de Yauli, que se extiende longitudinalmente en aproximadamente 35 kilómetros, desde San Cristóbal hasta Morococha, y transversalmente 10 kilómetros; el rumbo promedio de esta estructura es N 40 °O. Es asimétrico, su flanco Este buza entre 30° y 40° mientras su flanco Oeste buza entre 60° y 80°; está conformado por varios anticlinales y sinclinales, de los cuales los anticlinales más importantes son el de Chumpe y el de Yauli (Ultimátum); sus ejes tienen un rumbo que varía entre N 35° y 40° O. (Espinoza Bonilla, 2018, p. 65).

Fracturamiento. El fracturamiento en el área de la mina San Cristóbal parece ser el resultado de las fuerzas compresivas e intrusivas que dieron lugar a la formación del domo de Yauli. Probablemente a fines del Cretácico, los plegamientos peruanos con fuerzas de compresión de dirección NE-SO comenzaron a formar el anticlinal Chumpe, a medida que las fuerzas de compresión aumentaban de intensidad durante el plegamiento incaico, los estratos inferiores de caliza resbalaron sobre los volcánicos subyacentes. (Quito M. & Babilonia J., 2020, p.30).

3.1.4 *Geología económica*

Después de la última etapa del plegamiento Quechua y la formación de las fracturas de tensión, vino el periodo de mineralización; soluciones residuales mineralizantes originadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcifera, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos. Todo esto, según los últimos estudios realizados el año 1999 por el Dr. Robert Moritz de la Universidad de Ginebra. (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 30).

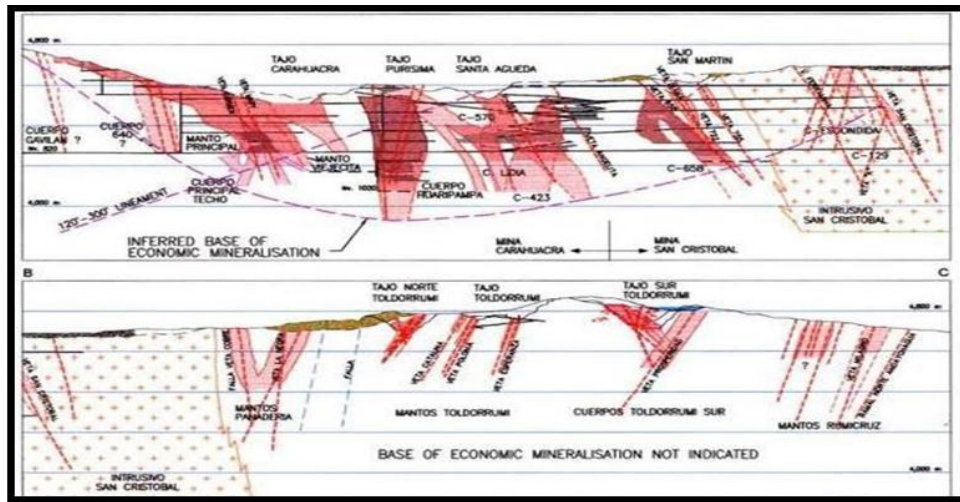
Vetas. Las vetas o filones fueron formados primordialmente por relleno de fracturas, son mineralizadas las que se desarrollaron a lo largo de fracturas de tensión. Además, las fallas de cizalla contienen mucho panizo, no están bien mineralizadas o pobremente mineralizadas. Se encuentran ubicadas en todo el distrito minero de la unidad, en su gran mayoría se desarrolló en los volcánicos del grupo Mitu. (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 30).

Mantos. Los mantos se ubican en el flanco Oeste del anticlinal, en la localización de las calizas de Pucará. A partir del contacto con los volcánicos Mitu, se hallan simultáneamente con la estratificación. (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 31).

Cuerpos. Similar a los mantos, se ubican localizados en el flanco Oeste del anticlinal, en la localización de las calizas de Pucará. Su formación es debido a la unión de varios mantos o en su intersección de una veta con un manto. (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 31).

Figura 55

Plano de Sección Geológica Compuesta de la Unidad Productora San Cristóbal



Fuente: departamento de geología de la unidad minera San Cristóbal

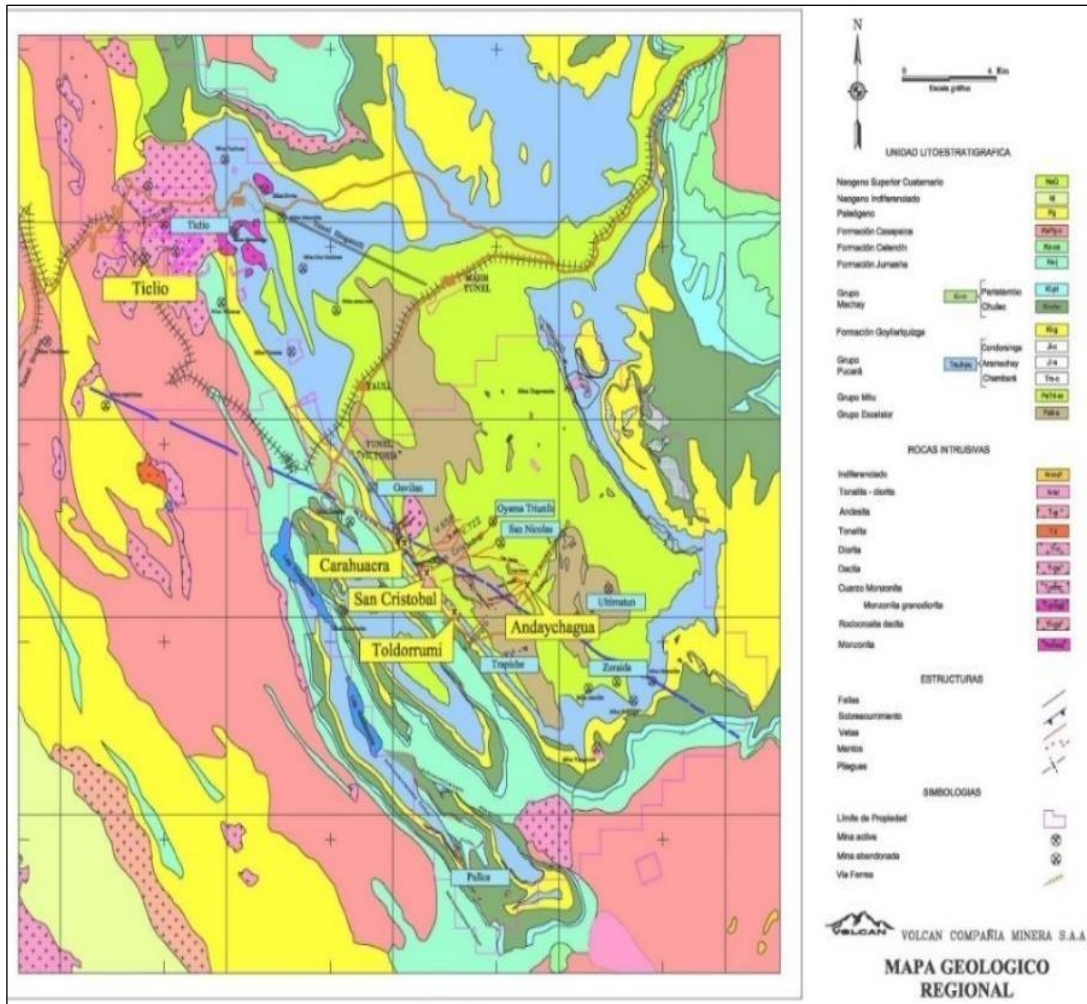
3.1.5 Geología Regional

El distrito minero de San Cristóbal está localizado en la parte suroeste de una amplia estructura regional de naturaleza domática que abarca íntegramente los distritos de San Cristóbal y Morococha, conocido como el complejo Domal de Yauli, que representa una ventana de formaciones Paleozoicas dentro de la faja intracordillerana de formaciones Mesozoicas (Jáuregui Aquino, 2011, p. 25).

El Paleozoico tiene dos pisos, el inferior formado por el grupo Excelsior y el superior por el grupo Mitú; el Excelsior está aflorando a lo largo del anticlinal de Chumpe en la parte Oeste del domo y en el anticlinal de Ultimátum hacia el Este; el Mitú aflora en la mayor parte del domo. El margen está constituido por las formaciones mesozoicas: grupo Pucará, grupo Goyllarisquiza, grupo Machay y formación Jumasha. Cuerpos intrusivos y capas extrusivas testifican la actividad ígnea en la zona. (Jáuregui Aquino, 2011, p. 26).

Figura 56

Plano de Mapeo Geológico de la Unidad Productora San Cristóbal



Fuente: departamento de geología de la unidad minera San Cristóbal.

3.1.6 Geología Local

Secuencia litológica. La secuencia litológica de la unidad minera San Cristóbal de Volcan Compañía Minera S. A. A. tiene una extensión desde el Paleozoico hasta el Cretácico Superior.

Figura 57

Columna Estratigráfica Generalizada de la Unidad Productora San Cristóbal

ERA	SISTEMA	EPOCA	EDADES PISOS	UNIDAD LITOLÓGICA	GRAFICO	FORMACION SEDIMENTARIA	FORMACION IGNEA	MINERALIZACION
CENOZOICO	CUATERNARIO					Sedimentos no consolidados		
	TERCIARIO			CAPAS ROJAS CASAPALCA		Discordancia erosional Conglomerados calcáreos Calizas Lutitas Calcáreas Calizas arcillosas arenosas	Intrusivos intermedios Cuarzo-Dioritas Intrusivo Ácido tipo Chumpe Granitos	
MESOZOICO	CRETACEO	INFERIOR	COMANCHEADO	FORMACION JUMASHA		Discordancia erosional Calizas masivas y Dol. poco fosilíferas Basalto	Cuellos de Basaltos a través de todas las Formaciones	Mineralización estratoligada de Fe, Ba, Zn, Pb, Ag, Cu.
		NEOCOMICO		GRUPO MACHAY FORMACION FARIATAMBO FORMACION CHULEC		Alternancia de Cal. Bit. con nodulos de óberit Calizas y Dolomías		
		(EOCRET.)		GRUPO GOYLLAR		Alternancia de Cal. Margosas Fossil. Qz Basalto Moctero Areniscas Limalitas rojas	Diorita + Gabro	
	JURASICO	INFERIOR O EOCRETACEO (LIAS)	NEOCOMIANO TOARCIANO FLIENSCHACHIANO HETTANGIANO	GRUPO FUCARA FORMACION CONDORSINGA FORMACION ARAMACHAY		Calizas gris claras y dol Blancas amarillentas Basalto Monteco Bs. Calcáreas Chert, Dol. Calizas con Yeso		Mineralización estratoligada de Fe, Ba, Zn, Pb. con sobrepresión de Mineralización Hidrotermal forma de estrepas y marcos.
TRIASICO	SUPERIOR O MESOTRIASICO	RETTIANO NORIANO	GRUPO FUCARA FORMACION CHAMBARA		Calizas y Dolomías			
PALEOZOICO	PERMICO	ERTRIOSICO SUPERIOR MEDIO: 299 y 246	OCBOA GUADALUPE LEONARDO	GRUPO MITU		Discordancia erosional. Lentes de areniscas y conglomerados rojicos	Derrames de Dacita y Andesita Intrusivo intermedio tipo Carahuacn Cuarzo-Monzonítica	Mineralización estratoligada de Zn, Pb, Fe, Cu, Ba, Mn.
	DEVONICO	SUPERIOR	CHAUTAUQUAN			Discordancia erosional	Volcánicos Volcanoclásticos morados	Mineralización Hidrotermal en Vetas de W, Sn, V, Bi, Cu, Zn, Pb, Ag, Sb.
		MEDIO	ERIAN (HAMILTON) ULSTER	GRUPO EXCELSIOR		Filitas Mármol fosilíferos Cuarzitas	Volcánicas verdes	Mineralización estratoligada de Ni, Co Mineralización estratoligada de Cu, Zn, Pb, Fe

Fuente: Departamento de geología de la unidad minera San Cristóbal

Silúrico-devónico (grupo Excelsior). El grupo Excelsior está conformado por rocas muy antiguas que afloran en el área e integran al núcleo del anticlinal Chumpe, está formado por filitas con intercalaciones de cuarcitas, vulcanitas verdes y bancos calcáreos marmolizados con fósiles (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 28).

Pérmico (grupo mitu). Presenta potencia irregular total en este grupo, al Oeste de la unidad minera San Cristóbal, la potencia de los volcánicos Catalina es aproximadamente 800 metros. La edad del grupo Mitu fue considerada como del Carbonífero Superior y posteriormente asignada al Pérmico (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 28).

Triásico superior liásico (grupo pucará). Este grupo es una agrupación de facies calcáreas, se ubica en la discordancia encima del grupo Mitu, este grupo se divide en tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga, están relacionados con la mineralización económica del lugar (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 28).

Formación chambará (triásico superior). Está compuesta por calizas, dolomitas, calizas dolomíticas, separadas por capas calcáreo-arcillosas y tufos de pocos centímetros, las rocas calcáreas presentan un color gris claro a negro, con mayor porcentaje de materia orgánica (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 28).

Formación aramachay (liásico: hetangiano-sinemuriano). Está compuesta por pizarras limosas, seguidamente de areniscas de grano fino, calizas y de chert en capas. Las calizas se presentan en bancos de 20 a 50 centímetros, frecuentemente lenticulares, o en nódulos discoidales de hasta un metro de diámetro, se notan también capas vulcano-detríticas (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 28).

Formación condorsinga (liásico toarciense). Se compone de oolíticas o bioclásticas en su mayoría, chert abundante en la mitad inferior de la formación; intercalaciones tufáceas de color gris claro, de grano fino a medio, son comunes. Las calizas varían de color gris claro a grisoscuro, son de grano fino, hay zonas donde están fuertemente brechadas (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 28).

Grupo goyllarisquiza (cretácico inferior). Sobre el grupo Pucará yace en discordancia paralela el grupo Goyllarisquiza, el cual se depositó en dos fases sucesivas. La primera compuesta por depósitos de granulometría fina a muy fina, de facies de llanura aluvial con pelitas rojas y escasas intercalaciones de areniscas de facies de desbordamiento, depositadas en un ámbito climático semiárido mostrado en la fuerte oxidación de las pelitas (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 28).

Grupo machay (cretácico medio)

Formación chulec. Esta formación es totalmente carbonatada, litológicamente está conformada por una alternancia de calizas y margas de facies de plataforma externa; es muy fosilífera y constituye la primera formación cretácica de los Andes Centrales correctamente datada. Toda la serie en su conjunto está intensamente bioturbada (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 29).

Formación pariatambo. Esta formación es fácil de localizar en el paisaje por su coloración negra característica, escasa resistencia a la erosión y litología monótona está constituida por una alternancia margo-caliza de pequeños bancos claros y oscuros generalmente muy bituminosos, señalados por un olor fétido muy pronunciado. Los niveles claros son

mudstones con packstones calcáreo-dolomíticos algunas veces ligeramente siltsos. Los bancos oscuros son margas calcáreo-dolomíticas muy bituminosas. Toda esta formación depositada en una plataforma relativamente profunda y aislada contiene numerosos amonites poco fragmentados y restos de peces (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 29).

Formación jumasha. Concordantemente, sobre la formación Pariatambo se encuentra la formación Jumasha. Litológicamente es la más homogénea de las formaciones cretácicas expuestas en el domo de Yauli. Consiste, casi enteramente, de una serie carbonatada dolomítica, masiva y poco fosilífera con escasos lentes de areniscas y sílex, depositada en una plataforma ligeramente confinada y de poca profundidad. Los amonites encontrados pertenecen al Albiano superior-Turoniano (Quito M. & Babilonia J., 2020, p. 29).

3.1.7 Recursos minerales

Para la estimación de recursos se toma la data actualizada de perforaciones diamantinas, y de los canales realizados en las labores de avances en mineral o explotación ejecutados hasta el cierre de ingreso de cada inventario presentado; esta data es procesada por el área de recursos. Actualmente, se tiene el modelo de 23 estructuras, de las cuales destacan la veta sheyla, veta K y veta 722 debido a sus volúmenes y valores (actualmente se viene trabajando en estas tres estructuras).

3.1.8 Reservas minerales

La conversión de recursos a reservas es el resultado de un proceso de dilución y evaluación general del modelo de recursos, bajo los parámetros propios de cada operación (modificadores operativos); para ello se considera el método de explotación, el tipo de equipos de trabajo, el relleno, la zonificación geomecánica, los valores cut off de operación (fijos y variable), la proyección de precios, entre otros, dando como resultado un inventario de reservas (probadas y probables) y un remanente de recursos (medido, indicado, inferido).

3.2 Metodología de investigación

3.2.1 Modalidad básica de la investigación.

3.2.2 Tipo de investigación.

El tipo de investigación es aplicada, porque tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, garantizar y transformar las pérdidas prematuras en el mayor rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos, cumpliendo el objetivo en metros perforado recomendado por el fabricante, también se puede aplicar para cualquier empresa minera mecanizada.

3.2.3 Nivel de investigación.

La investigación cuasi experimental responde las siguientes preguntas: “¿Qué cambios y modificaciones se han producido?, ¿Qué mejoras se ha logrado?, ¿cuál es la eficiencia del nuevo sistema?” (Carrasco, 2006, p. 42)

Es la investigación que se realiza luego de conocer las características de fenómeno o hecho que se investiga (variables) y las causas que han determinado que tenga tales y cuales características, es decir, conociendo los factores que dieron origen al problema, entonces ya se le puede dar un tratamiento metodológico. En este nivel se aplica un nuevo sistema, modelo, tratamiento, programa, método o técnica para mejorar y corregir la situación problemática, que ha dado origen al estudio de investigación.

Se realiza una investigación experimental en la que se aplicará un nuevo sistema de evaluación de pérdidas prematuras para conocer los cambios experimentados en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la unidad operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcán S.A.A.

3.2.4 Diseño de investigación.

El diseño de la investigación en el conjunto de estrategias procedimentales y metodológicas definidas y elaboradas previamente para desarrollar el proceso de investigación. “El diseño señala al investigador lo que debe hacer para alcanzar sus objetivos de estudio, contestar las interrogantes que se ha planteado y analizar la certeza de la hipótesis formulada en un contexto en particular” (Hernández, et. al.,2014, p. 128).

Según Carrasco (2006):

Dentro del diseño de la investigación el tipo de diseño será cuasi experimental y como diseño general experimento puro o verdadero ya que reúne los dos requisitos para lograr el control y valides interna (grupos de comparación y equivalencia de

los grupos). Además, tenemos como subtipo de experimento puro, diseño con preprueba-posprueba y grupo de control al que se le asigna los sujetos aleatoriamente (p.68).

3.2.5 Población.

“Conjunto de todos los elementos que pertenecen al ámbito espacial donde se realizará la investigación” mencionada por (Carrasco, 2005, p. 236).

La población de esta investigación está constituida por los accesorios de la columna de perforación en taladros largos de la contrata ROCK TOOLS PERU S.A.C., en el año 2023 en la Mina San Cristóbal de Compañía minera VOLCAN S.A.A.

Figura 58

Proceso de experimentación.



Nota: El diseño con grupo de control posprueba puede incluir mas de dos grupos (varios grados de manipulación de la variable independiente). Para ello se emplean varios grupos de tratamiento experimental, además del grupo de control. Los sujetos son asignados al azar a los grupos y los efectos de control. Los sujetos son asignados al azar a los grupos y los efectos de los tratamientos experimentales pueden investigarse comparando las pruebas de los grupos.

3.2.6 Muestra

La muestra es una parte representativa de la población, de manera que los resultados se pueden generalizar, Según Cordova (2003):

Se denomina muestra a una parte de la población seleccionado de acuerdo con un plan o una regla con el fin de obtener una información acerca de la población de la cual proviene. La muestra debe ser seleccionada de manera que sea representativa de la población. Uno método de selección de muestra representativa es al azar, esto es, cada elemento de la población, tiene la misma posibilidad de ser incluida en la misma. (p.2).

En el caso de esta investigación, la muestra está conformada por el rendimiento en metros perforado de los accesorios de la columna de perforación (shank, barra y broca de 64mmØ) utilizados en el periodo de junio a diciembre del año 2023 por la contrata ROCK TOOLS PERU S.A.C. en diferentes niveles de los tajos de producción de la unidad Minera San Cristóbal de Compañía minera VOLCAN S.A.A.

3.2.7 Muestreo

Una de las herramientas de la investigación científica, cuya función es recolectar información in situ. las características geomecánicas del terreno, el estado de los componentes de módulo de perforación, presiones de trabajo, tipo de broca y el mantenimiento de los aceros los cuales como influye en el desgaste de los accesorios de perforación.

3.2.8 Lugar de análisis

Tajos de producción de la unidad Minera San Cristóbal, Compañía minera VOLCAN S.A.A. que está ubicado en la parte suroeste del Distrito de Yauli, Provincia de Yauli, Región Junín, Perú.

3.2.9 Unidad de análisis

Elementos que integran la muestra, tal que, los accesorios de la columna de perforación, tipo de perforación taladros largos del equipo simba modelo S7D.

- Shank Cop1838 T38 D52 L525mm
- Shank Cop1838 T38 D48 L435mm
- Barra MF T38 R39 T38 L1525mm (5')
- Barra MF T38 R39 T38 L1220mm (4')
- Broca Retráctil T38 64mm - 9ins
- Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot

3.2.10 Técnicas

Se empleará la técnica de revisión documental y observación directa

- Revisión documental

Se realizará el análisis de base de datos en el periodo antes mencionado evaluando las pérdidas operativas y rendimientos en metros perforado.

“La revisión documental es una técnica valiosa en la investigación, ya que permite acceder a una amplia gama de información existente sobre un tema sin tener que realizar experimentos o encuestas. Sin embargo, es importante llevar a cabo la revisión de manera rigurosa y sistemática para garantizar la calidad y la confiabilidad de los resultados.” (Valderrama, 2002, p. 76).

- Observación directa

La técnica de observación directa es un método de recopilación de datos en el que el investigador observa y registra eventos, comportamientos o fenómenos tal como ocurren en su entorno natural sin intervención o manipulación directa. Esta técnica es especialmente útil cuando se busca obtener información detallada sobre situaciones que pueden ser difíciles de capturar mediante otros métodos como encuestas o entrevistas.

3.2.11 Instrumentos

- a) Registro de datos pasados: Analizamos el registro de la base de datos pasados de toda la columna de aceros de perforación usados anteriormente
- b) Registro de datos de campo: Al tener la muestra seleccionada se toman datos en campo usando tacómetro para medir el RPM del equipo, vernier para medir el desgaste diametral, formatos de asistencia técnica para evaluar el estado de los componentes de módulo de perforación y reportes de guardia.

3.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos de la información que se obtendrá se hará uso del programa estadístico SPSS versión 25, su fin principal será la obtención de tablas de distribución de frecuencias, Someter los resultados a un procesamiento estadístico y la contrastación de la hipótesis planteada.

Para probar la hipótesis se hará uso el recurso estadístico t de student con el fin de aprobar o rechazar las hipótesis planteadas en la siguiente investigación, haciendo uso de la estadística inferencial.

CAPITULO IV

Resultado y discusión

4.1 Labores del desarrollo de estudio:

El estudio se realiza en tajos de producción, los cuales se dividen en tres zonas, alta, media y baja, en cada una de ellas se encuentra tajos de producción.

4.1.1 Zona Alta

En la zona alta, conocida como ferramina se encuentra dos tajos de producción, tajo 65 y tajo 70, La resistencia de la roca se registra entre 45 a 53 MPa, el espaciamiento de las discontinuidades está en el orden de 0.20m a 0.80m con relleno de material blando y ligeramente alterado, el grado de rugosidad presente es de ligeramente rugoso a liso, de acuerdo con los parámetros obtenidos se tiene una roca Regular III B, con RMR 42 – 46. La dureza en la escala de Mohs de la esfalerita se registra 3.5 y su densidad 3.9g/cm³.

4.1.2 Zona media

En la zona media, se encuentra dos yacimientos minerales, Veta K y Veta Sheyla, entre ellos se encuentran cinco tajos de producción, La resistencia de la roca se registra entre 48 a 60 MPa, el espaciamiento de las discontinuidades está en el orden de 0.25m a 0.90m con relleno de material blando y ligeramente alterado, el grado de rugosidad presente es de ligeramente rugoso a liso, de acuerdo con los parámetros obtenidos se tiene una roca Regular III, con RMR 46 – 60. La dureza en la escala de Mohs de la esfalerita se registra 3.9 y su densidad 3.9g/cm³, la galena tiene una dureza de 2.5 en la escala de Mohs y su densidad es de 7.5 g/cm³. También se presenta cuarzo con 7.0 de dureza según la escala de Mohs y una densidad de 2.62 g/cm³, por otro lado, se presencia pirita con 6.0 de dureza según la escala de Mohs y una densidad de 5.02 g/cm³.

4.1.3 Zona Baja

En la zona baja, se encuentran cuatro tajos de producción, La resistencia de la roca se registra entre 60 a 80 MPa, el espaciamiento de las discontinuidades está en el orden de 0.27m a 1.20m con relleno de material duro y sin alteración, el grado de rugosidad presente es rugoso, de acuerdo con los parámetros obtenidos se tiene una roca Regular a Buena, con RMR 58 – 72. La dureza en la escala de Mohs de la esfalerita se registra 3.8 y su densidad 3.9g/cm³, la galena tiene una dureza de 2.6 en la escala de Mohs y su densidad es de 7.5 g/cm³. También se presenta cuarzo con 7.0 de dureza según la escala de Mohs y una densidad de 2.62 g/cm³, por otro lado, también, se presencia pirita con 6.0 de dureza según la escala de Mohs y una densidad de 5.02 g/cm³.

4.2 Mantenimiento de los accesorios de la columna de perforación

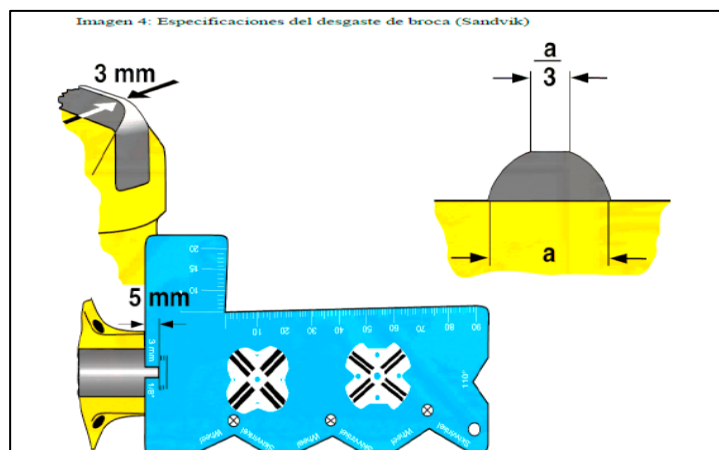
4.2.1 Control en el afilado de brocas

La velocidad de penetración decrece exponencialmente con el desgaste de la broca. Una adecuada velocidad de rotación proporciona un menor desgaste de la broca y con ello un mejor rendimiento del acero. Para evitar los daños prematuros en la columna de perforación, se debe tener en cuenta un adecuado afilado de sus insertos, pues ellos son parte fundamental en la vida útil de los aceros. El afilado debe ser una rutina establecida y los insertos deben ser afilados cuando el desgaste del botón sea $\frac{1}{3}$ del diámetro original. El afilado de las brocas consiste en la restauración del inserto a su estado original, con la ayuda de una afiladora

- ✓ Se tiene una zona de afilado acondicionada para el trabajo, la afiladora semiautomática en buen estado.
- ✓ Para el afilado se requiere copas de 12 y 13mm para los centrales y periféricos respectivamente ya que la broca es de 64mm de diámetro.
- ✓ Se requiere tener un personal responsable para el afilado y poder hacer los trabajos de rectificación, a la fecha no hay personal que haga el trabajo (no hay continuidad en el afilado).
- ✓ El afilado de brocas se debe de realizar cuando se tenga un desgaste de $\frac{1}{3}$ de la media original del inserto.

Figura 59

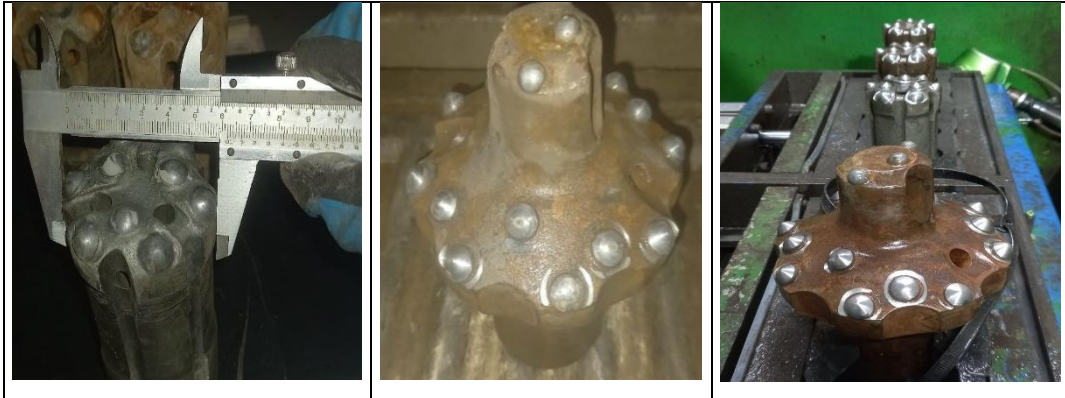
Diagrama de afilado de brocas



Nota: El afilado debe ser una rutina establecida y los insertos deben ser afilados cuando el desgaste del botón sea $\frac{1}{3}$ del diámetro original

Figura 60

Afilado de brocas



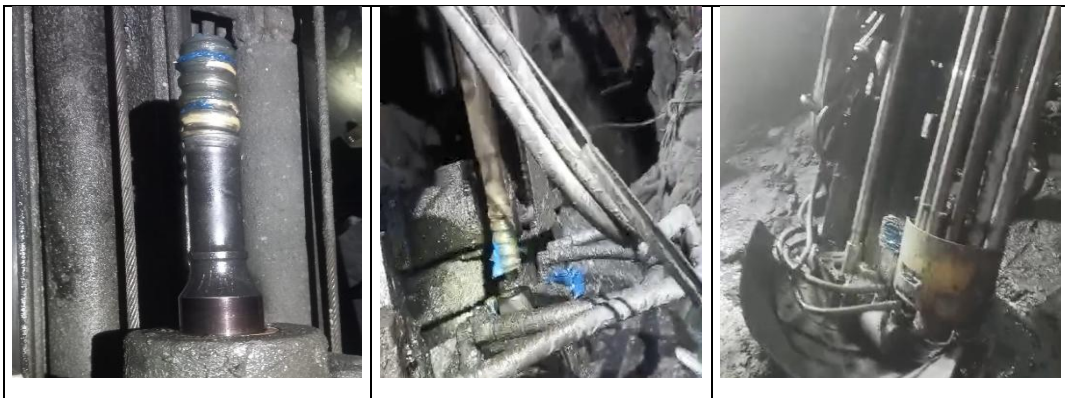
Nota. Para evitar los daños prematuros a la broca, se debe tener en cuenta un adecuado afilado de sus insertos, pues ellos son parte fundamental en la vida útil de la broca.

4.2.2 Engrase de los acoplamientos roscadas

La lubricación permanente prolonga la vida útil, minimiza el desgaste por rozamiento en el acoplamiento y disminuye las demoras operativas al facilitar el embonado y desembonado en las uniones roscadas:

Figura 61

Engrase de los acoplamientos roscadas



4.2.3 Asistencia técnica

Consiste en: corroborar y regular los parámetros de perforación, verificar el estado de boom de perforación (los pines, bocinas, los patines, los extingers, la mordaza, la cadena, etc.) que se encuentren en buen estado, el estado de los drivers, stop ring, holders, guide, alineamiento de la mesa de la perforadora entre la mordaza delantera y el shank, evaluar el tipo de terreno y la habilidad del operador.:

Figura 62

Asistencia tecnica



4.2.4 Presiones de trabajo del equipo Simba S7D

Se presenta el promedio de los parámetros de perforación de los equipos simba modelo S7D, marca Epiroc, identificados en plena actividad durante la investigación.

Tabla 9

Parámetros de perforación (taladros largos)

DESCRIPCION	PARÁMETROS DE PERFORACIÓN NOMINAL		PARÁMETROS DE PERFORACIÓN ENCONTRADOS EN LOS EQUIPOS											
			ZONA ALTA		ZONA MEDIA				ZONA BAJA					
			JUM-0319-YA		JUM-0321-YA		JUM-0324-YA		JUM-0327-YA		JUM-0318-YA		JUM-0322-YA	
EMBOQUILLADO (bar)	FULL PERFORACIÓN (bar)	BAJA (bar)	ALTA (bar)	BAJA (bar)	ALTA (bar)	BAJA (bar)	ALTA (bar)	BAJA (bar)	ALTA (bar)	BAJA (bar)	ALTA (bar)	BAJA (bar)	ALTA (bar)	
P. PERCUSIÓN	130-140	180-200	145	205	130	220	110	170	130	190	150	210	165	200
P. DE ROTACIÓN	25-55		55		50		35		55		65		70	
P. DE AVANCE	40	65-100	50	80	30	50	40	180	35	90	50	120	52	125
RPM B. 64MM	160		179		200		220		190		180		180	
RPM B127MM	125		125		160		140		138		125		125	
P. DE DAMPING	40	70	40	60	30	70	220	250	40	70	340	370	400	430
P. DE AIRE	7-10		10		8		8		9		6		5	
P. DE AGUA	3-14		6		10		12		12.5		13		12	
P. LUBRICACIÓN	2-3		2.5		2.5		2		2		2		3	
CARGA DE ACUM.	20-25	80-100	20	90	20	80	15	20	18	22	20	23	25	30

Como se puede observar al equipo que pertenece a la zona alta, Jum-319-YA. La presión de percusión, presión de rotación y presión de avance se encuentra con 205bar, 55bar y 80bar respectivamente, aparentemente dentro de los valores nominales, pero para el tipo de terreno regular a mala TIPO IIIB, RMR 46 y la dureza del mineral esfalerita según la escala de Mohs se registra 3.5 es muy elevado. Lo cual indica, las presiones de trabajo del equipo se deben realizar en el límite inferior de los valores nominales establecidos, razón por el cual se evidencia los desgates prematuros en los caeros de perforación, picadura en los hilos, barras dobladas, rotura de las barras, pérdida de insertos de las brocas por la excesiva percusión en el vacío.

Los equipos que pertenecen a la zona media, JUM-321-YA, JUM 324-YA y JUM-327-YA presentan los parámetros de perforación muy desviados con respecto a los valores nominales, la presión de percusión y RPM del JUM-321-YA se tiene muy elevado. El equipo JUM-324 YA su presión de rotación se encuentra en 35 bar muy baja a lo nominal y la presión de avance se tiene 180 bar, muy elevado al estándar, el RPM para broca 220 y RPM para rimadora 140 los cuales representan presiones muy elevadas del estándar, en la zona media el tipo de roca es Regular con presencia de cuarzo y pirita el cual requiere un ángulo de jiro y las demás presiones reguladas adecuadamente para romper la roca de manera eficiente.

En la zona baja, el tipo de roca es muy dura y competente con presencia de cuarzo y pirita, las presiones de rotación, presión de damping y el RPM de los equipos JUM-318-YA Y JUM-322-YA se encuentra elevados, tales desvíos generan fallas prematura y desgaste prematuro en toda la columna de perforación, se presenta por el alto RPM desgaste periférico y rotura de los insertos, alto presión de percusión genera picadura en los hilos y pérdida de los insertos de las brocas, alto presión de avance genera desviación de taladores y rotura de barra. Las fallas prematuras que se generan por tener las presiones de trabajo desviados se desarrollo con mayor detalle en las páginas anteriores.

4.2.5 Análisis causa – efecto de la vida de las brocas

A) Causas

Conocer las causas que afectan la vida útil de los aceros de perforación servirán como nexos para determinar qué acciones tomar.

- ✓ Recurso Humano: Causa rendimiento deficiente, por falta de capacitación en el uso de adecuado de los aceros de perforación y aspectos técnicos de los aceros.
- ✓ Recurso Material: Causa rendimiento deficiente, por falta de afilado de brocas de perforación.
- ✓ Recurso Tecnológico: Causa deficiente rendimiento, por falta de capacitación a operadores de equipos, RPM y presiones de trabajo inadecuadas.
- ✓ Entorno Laboral: Causa rendimiento deficiente, por falta de recomendación geomecánica de calidad del terreno. Genera rendimientos deficientes debido a la falta de disponibilidad de equipos y de repuestos de los equipos de perforación.

B) Acciones Correctivas

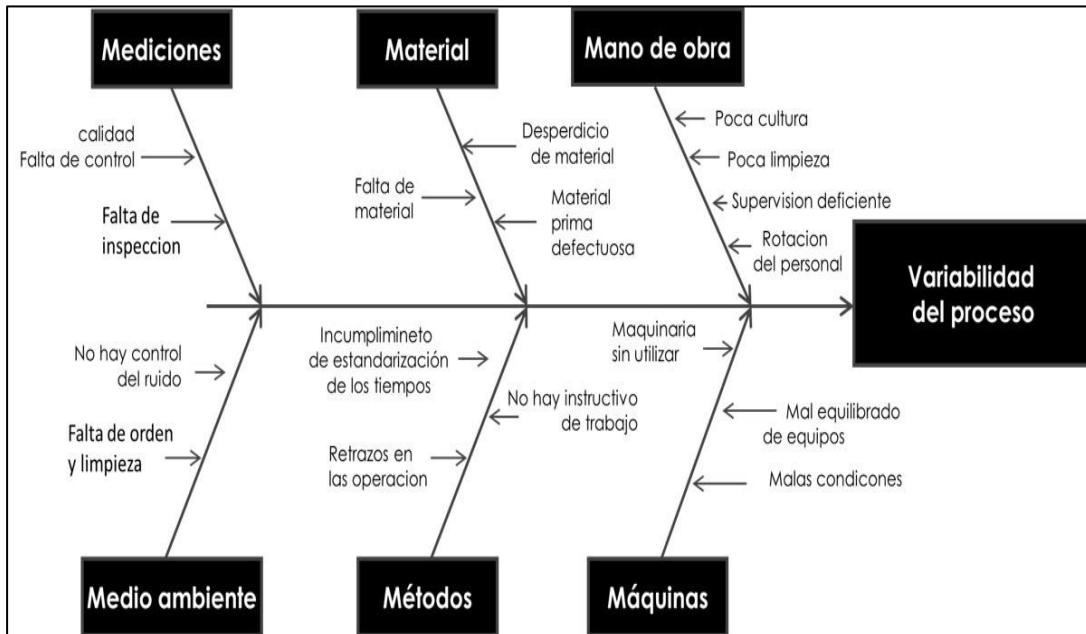
Luego de identificar las causas que afectan la vida útil de los aceros de perforación son el inicio de la toma de decisiones para mejorar este aspecto. Por ello se sugieren las siguientes acciones correctivas.

- ✓ Recurso Humano: Capacitación continua, por parte de personal calificado de la empresa en el área de perforación y voladura, así mismo, capacitación en el uso adecuado por parte de personal técnico del proveedor.
- ✓ Recurso Material: Retomar trabajos de afilado de brocas previa capacitación del personal técnico del proveedor. Usar guías en las perforaciones.
- ✓ Recurso Tecnológico: Realizar una auditoria con el respaldo del proveedor y personal mecánico para monitorear los equipos de perforación, para regular las RPM y presiones de trabajo de los equipos jumbo de perforación.

- ✓ Entorno Laboral: Mejorar la recomendación geomecánica por frente de perforación para así garantizar un óptimo en la vida útil de los aceros de perforación. Implementar horarios de mantenimiento de equipos proyectados a varios meses y tener stock de repuestos.

Figura 63

Diagrama de Ishikawa



Nota: Un diagrama de causa y efecto, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de Ishikawa.

4.3 Análisis de datos de la investigación

Los accesorios a evaluar en el presente trabajo de investigación son: shank, barra, broca y rimadora de equipos de perforación en taladros largos, simba modelo S7D, marca Epiroc.

4.3.1 Datos históricos

Tomados antes de realizar la investigación, tenemos los siguientes:

2.2.1.4 Equipos.

Los equipos utilizados en tajos de producción, taladros largos, son aquellos que a continuación se muestra en la tabla.

Tabla 10*Equipos de perforación, taladros largos.*

Equipo	Item	Modelo	Marca	Código Interno	Propiedad	Ubicación
Simba	1	S7D	Epiroc	JUM-0318-YA	Compañía	San Cristóbal
Simba	2	S7D	Epiroc	JUM-0319-YA	Compañía	San Cristóbal
Simba	3	S7D	Epiroc	JUM-0321-YA	Compañía	San Cristóbal
Simba	4	S7D	Epiroc	JUM-0322-YA	Compañía	San Cristóbal
Simba	5	S7D	Epiroc	JUM-0324-YA	Compañía	San Cristóbal
Simba	6	S7D	Epiroc	JUM-0327-YA	Compañía	San Cristóbal

2.2.1.5 Accesorios de la columna de perforación.

La distribución de los accesorios de la columna de perforación son los siguientes.

Tabla 11*Distribución de los accesorios de la columna de perforación.*

Item	Equipo	Código Interno	Tipo de Shank	Tipo de Barra	Tipo de Broca	Tipo de Rimadora
1	Simba	Jum-0318-Ya	Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	Broca Retractil T38 64mm 9ins -	Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot
2	Simba	Jum-0319-Ya	Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	Broca Retractil T38 64mm 9ins -	Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot
3	Simba	Jum-0321-Ya	Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	Broca Retractil T38 64mm 9ins -	Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot
4	Simba	Jum-0322-Ya	Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	Broca Retractil T38 64mm 9ins -	Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot

Item	Equipo	Código Interno	Tipo de Shank	Tipo de Barra	Tipo de Broca	Tipo de Rimadora
5	Simba	Jum-0324-Ya	Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	Broca Retractil T38 64mm - 9ins	Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot
6	Simba	Jum-0327-Ya	Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	Broca Retractil T38 64mm - 9ins	Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot

2.2.1.6 Precio unitario.

Es de vital importancia conocer los costos unitarios de los accesorios de la columna de perforación, ya que el objetivo final de toda empresa es la utilidad.

Tabla 12

Precio unitario de cada accesorio.

Accesorio De Perforación	PU/\$
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	120
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	115
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	110
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	90
Broca Retractil T38 64mm - 9ins	80
Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot	180

2.2.1.7 Datos del año 2022.

Metros perforados por unidad de cada accesorio de la columna de perforación y el rendimiento obtenido durante el año 2022, antes del estudio.

Tabla 13

Rendimiento obtenido durante el año 2022.

Descripción	Objetivo	Mperf/Und	Rendimiento
Shank	1,500	1327.65	89%
Barra	220	169.73	77%
Broca 64mm	260	219.62	84%
Rimadora 127	150	113.41	76%

Figura 64

Promedio metros perforados por unidad de accesorio durante el año 2022, antes.

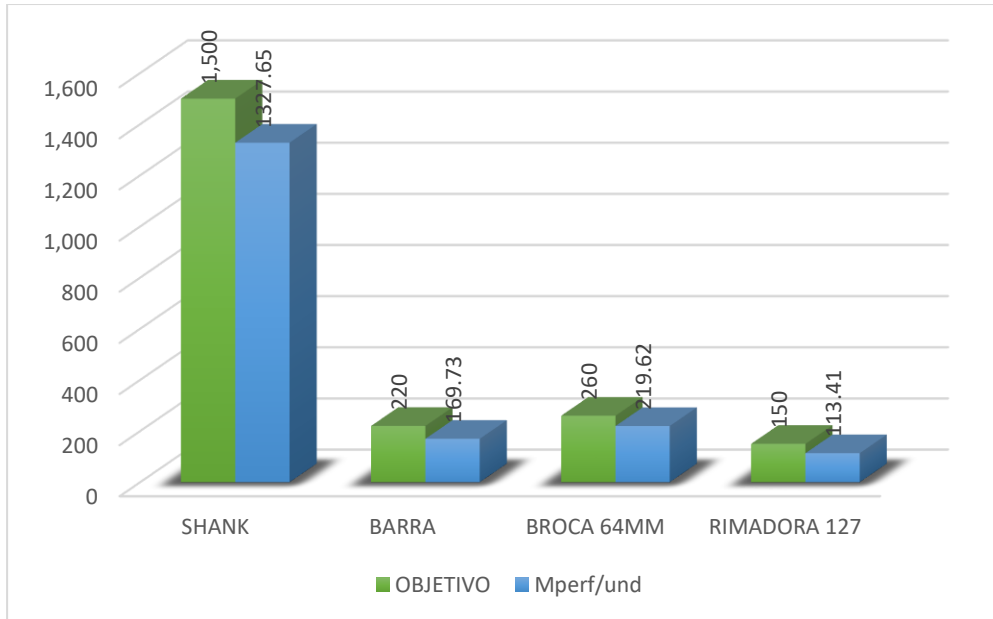
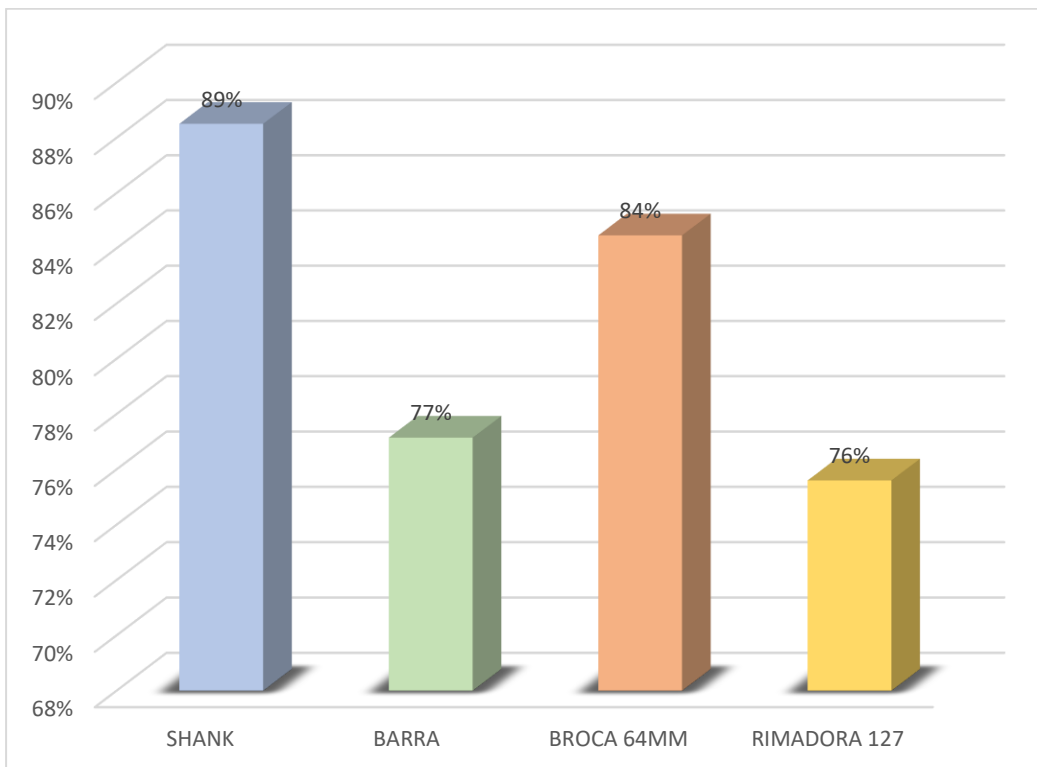


Figura 65

Rendimiento obtenido durante el año 2022.



4.3.2 Toma de datos

La empresa Rock Tools Perú viene manejando su base de datos en el libro Excel, toda la información que está en esta base de datos ha servido como input real para realizar la presente investigación, los reportes de metros perforados y salida de aceros son digitalizados diariamente, en los cuales se está implementando una hoja adicional en el libro de Excel para registrar las pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación, además se implementó formato de inspección técnica de acuerdo a las necesidades considerando los componentes más críticos que teniendo un pequeño desgaste ya genera fallas en toda la columna de perforación. Los siguientes datos son tomados diariamente mediante reportes y la asistencia técnica que se realiza in situ para corroborar cuales son las causas que genera las fallas prematuras de los accesorios de la columna de perforación. A continuación, se muestra los datos desde junio hasta diciembre de 2023, en los cuales se muestra una mejora progresiva desde el cuarto mes de la investigación.

4.3.3 Datos tomados en el periodo junio 2023

Metros perforados, consumo de accesorios y perdidas prematuras por equipo

Junio

Tabla 14

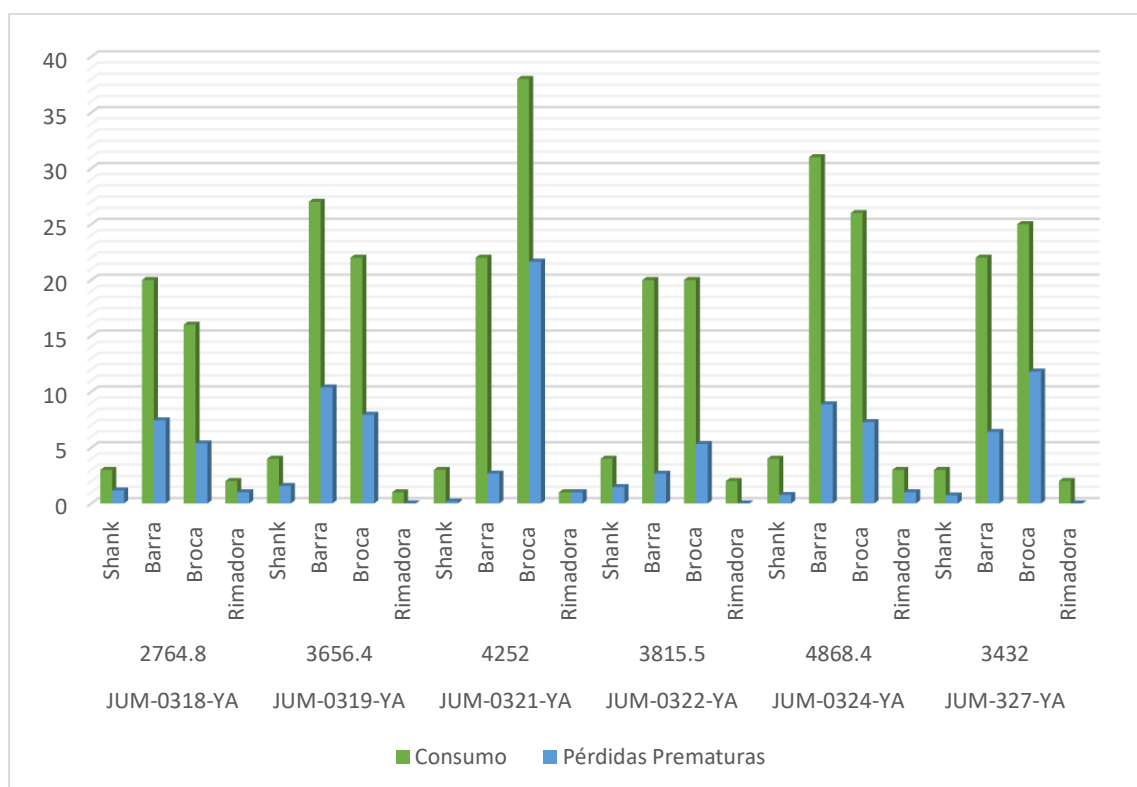
Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de junio, 2023.

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas Prematuras	Observaciones
JUM-0318-YA	2764.8	Shank	3	1	Rotura al final de la rosca del shank
		Barra	20	7	Rotura y picadura en los hilos
		Broca	16	5	Sobreperforacion, rotura longitudinal y saltado de insertos
		Rimadora	2	1	
JUM-0319-YA	3656.4	Shank	4	2	Desgaste en las aletas, contacto con stop ring
		Barra	27	10	
		Broca	22	8	Brocas sobreperforados, insertos rotos, rotura longitudinal
JUM-0321-YA	4252	Rimadora	1	0	
		Shank	3	0	
		Barra	22	3	
		Broca	38	22	Se solto en el taladador, sobreperforacion

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas Prematuras	Observaciones
JUM-0322-YA	3815.5	Rimadora	1	1	
		Shank	4	1	Rotura al final de los hilos
		Barra	20	3	Rotura al final de los hilos y picadura en los hilos
		Broca	20	5	Insertos rotos, desgaste diametral
		Rimadora	2	0	Sobreperforacion
JUM-0324-YA	4868.4	Shank	4	1	Desgaste en las aletas, contacto con stop ring
		Barra	31	9	Plantado por rotura
		Broca	26	7	Desgaste diametral, insertos rotos, se solto en el taladro
		Rimadora	3	1	
		Shank	3	1	Picadura en los hilos
JUM-327-YA	3432	Barra	22	6	Rotura en los hilos
		Broca	25	12	
		Rimadora	2	0	
		Total	22789.1		321

Figura 66

Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.



- Metros perforados, consumo y pérdidas prematuras por accesorio - Junio.

Tabla 15

Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de junio.

Accesorios	Metros perforados	Consumo	Pérdidas Prematuros
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	20024.3	18.00	5
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	2764.8	3.00	1
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	16367.9	95.00	21
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	6421.2	47.00	18
Broca Retractiv T38 64mm - 9ins	22789.1	147.00	59
Broca Escariadora T38 127mm (5")	995	11.00	2
Dom C/Pilot			

Figura 67

Metros perforados por accesorio de la columna de perforación en el mes de junio.

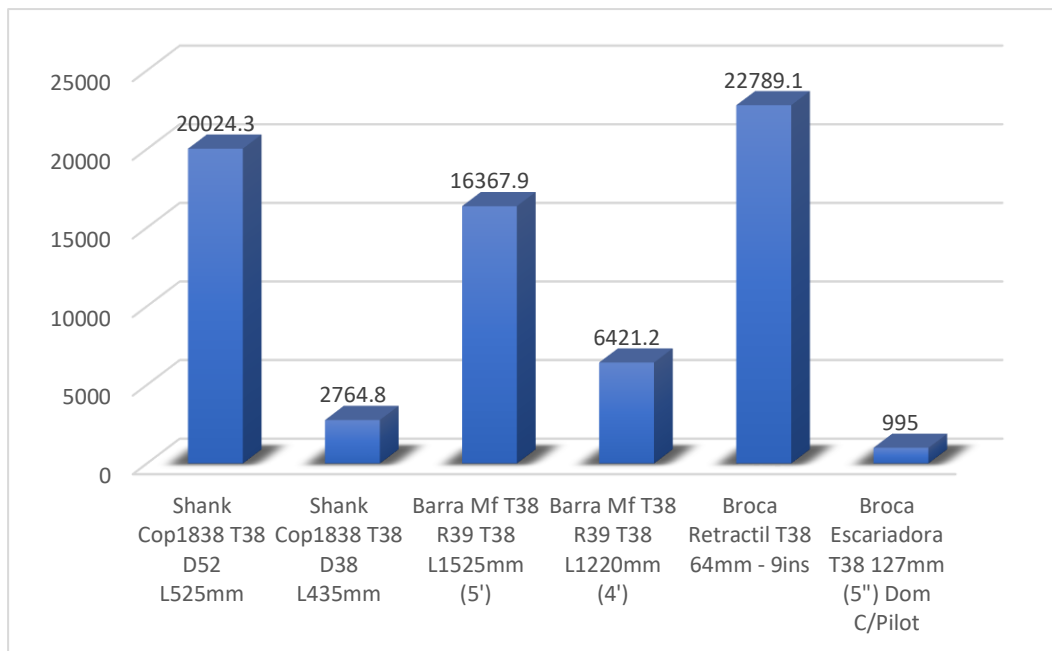
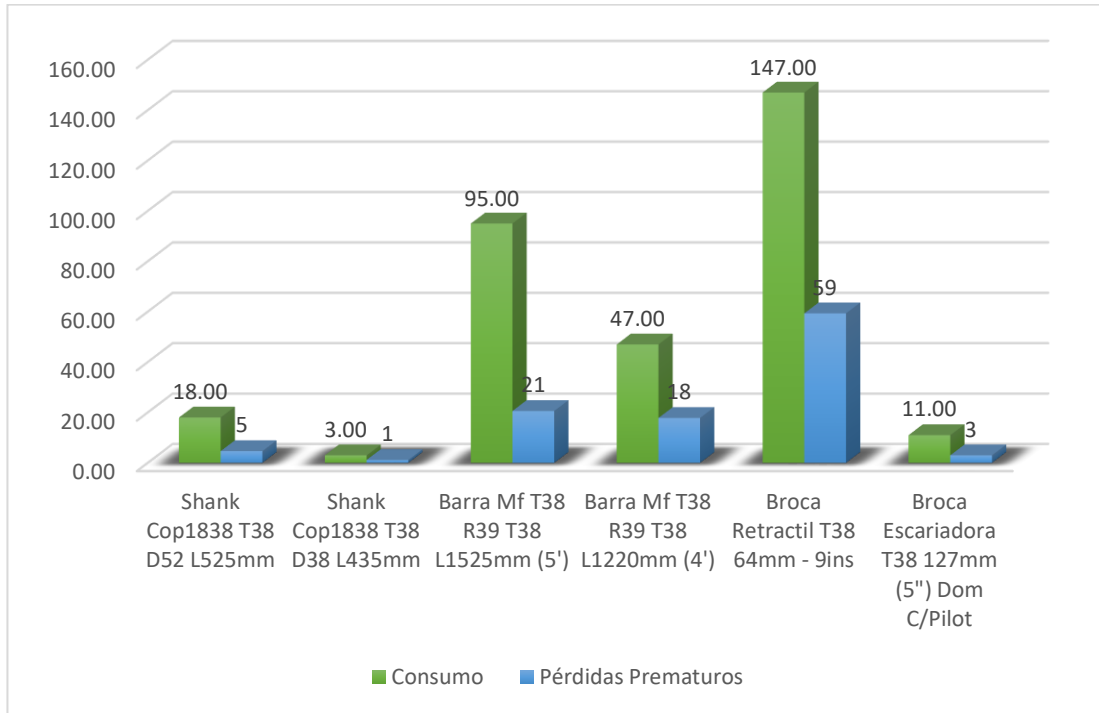


Figura 68

Consumo y pérdidas prematuras de los componentes de los accesorios de la columna de perforación.



- Metros perforados y el rendimiento obtenido por unidad de accesorio - Junio.

Tabla 16

Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorios de la columna de perforación durante el mes de junio.

Accesorios	Objetivo	Mperf/und	Rendimiento
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	1500	1112.5	74%
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	1500	921.6	61%
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	220	172.3	78%
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	220	136.6	62%
Broca Retractable T38 64mm - 9ins	260	155.0	60%
Broca Escariadora T38 127mm (5'') Dom C/Pilot	150	90.5	60%

Figura 69

Comparativo entre metros perforado por unidad de accesorio y el objetivo o vida útil durante el mes de Junio.

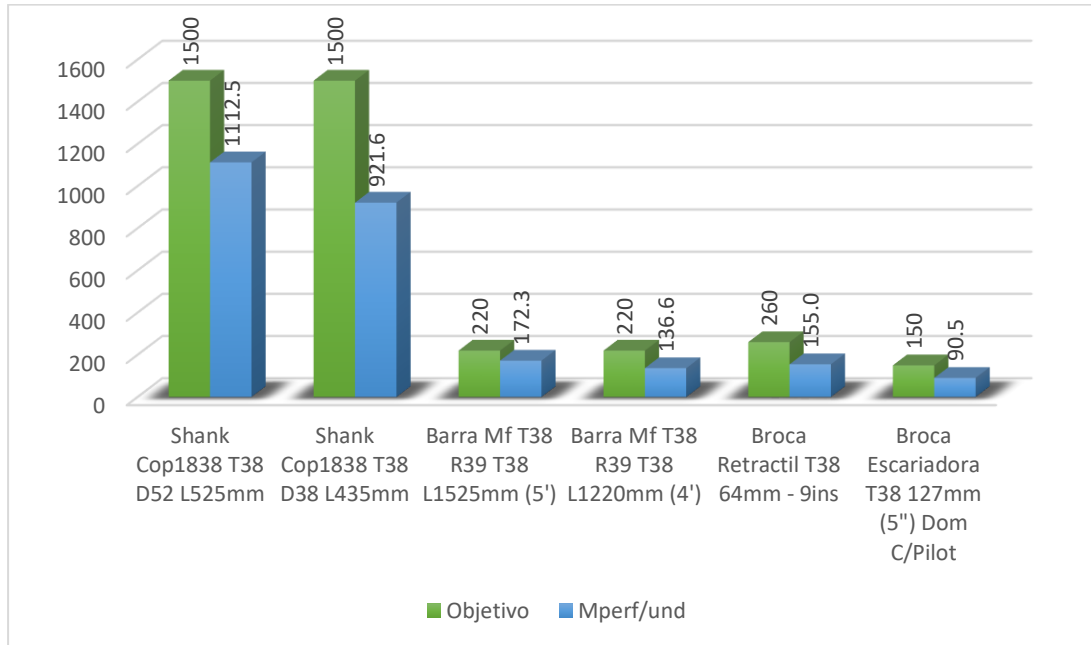
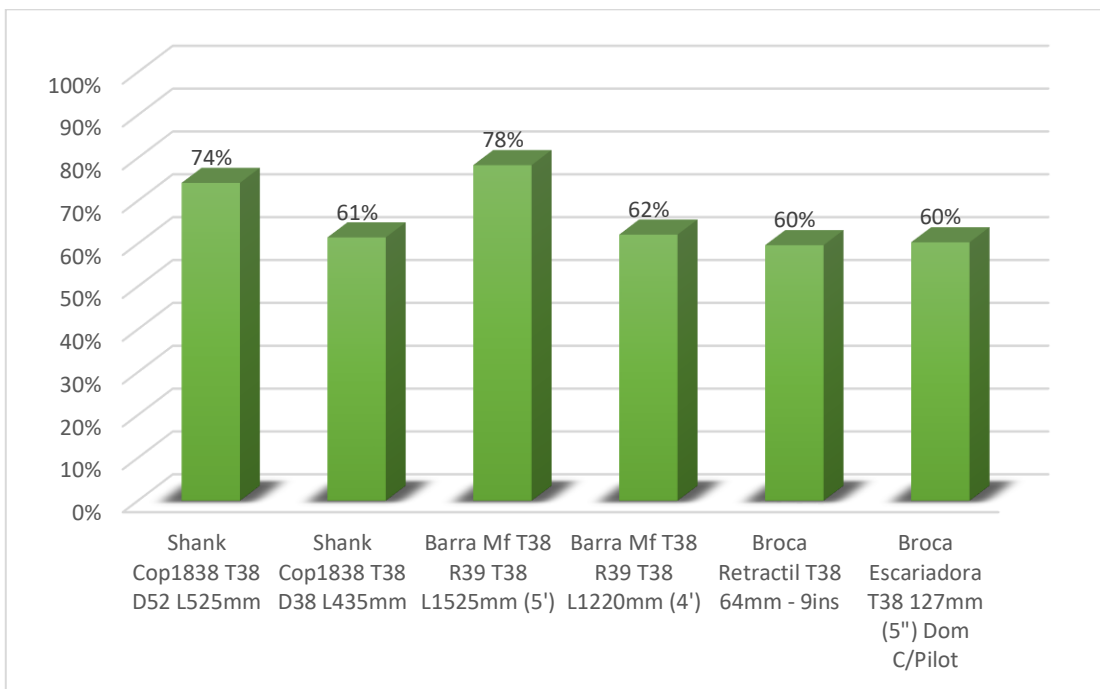


Figura 70

Rendimiento por unidad de accesorios de la columna de perforación durante el mes de julio.



4.3.4 Datos tomados en el periodo julio 2023

Metros perforados, consumo de accesorios y perdidas prematuras por equipo

Julio

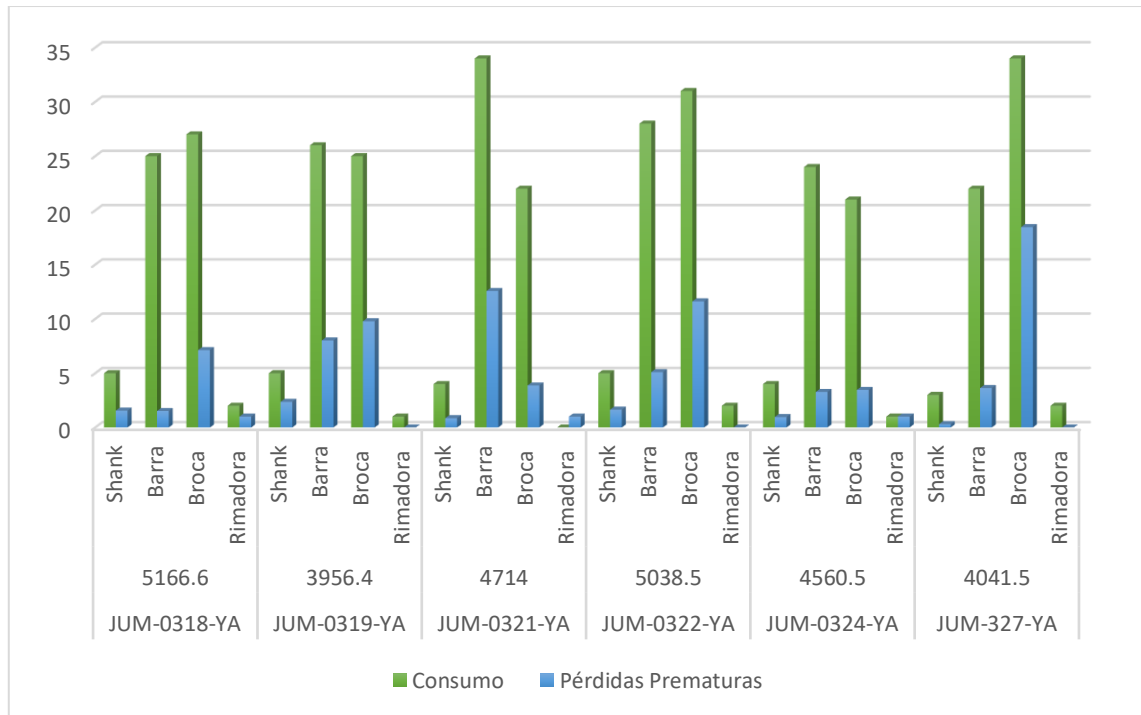
Tabla 17

Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de julio, 2023.

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas Prematuras	Observaciones
JUM-0318-YA	5166.6	Shank	5	2	Desgaste en las aletas en el contacto con stop ring
		Barra	25	2	Rotura en el cuerpo y picadura en los hilos
		Broca	27	7	Sobreperforacion, Rotura y saltado de insertos
		Rimadora	2	1	Sobreperforación
JUM-0319-YA	3956.4	Shank	5	2	Rotura transversal en los hilos
		Barra	26	8	Plantado y picado de hilos
		Broca	25	10	Brocas sobreperforados, insertos rotos, rotura longitudinal en el cuerpo
		Rimadora	1	0	
JUM-0321-YA	4714	Shank	4	1	Desgaste en las aletas y picadura en los hilos
		Barra	34	13	Atascamiento
		Broca	22	4	desgaste diametral, rotura de insertos, sobreferforacion
		Rimadora	0	1	Desgaste en los hilos
JUM-0322-YA	5038.5	Shank	5	2	Rotura a la mitad de los hilos
		Barra	28	5	Rotura en la copa y picadura en los hilos
		Broca	31	12	Insertos rotos, desgaste diametral
		Rimadora	2	0	
JUM-0324-YA	4560.5	Shank	4	1	
		Barra	24	3	Plantado por rotura
		Broca	21	3	Desgastes diametrales, insertes rotos, se solto en el taladro, sobreperforacion
		Rimadora	1	1	Rotura en los hilos
JUM-327-YA	4041.5	Shank	3	0	
		Barra	22	4	Desgaste en los hilos
		Broca	34	18	Saltado de insertos, desgaste en lo longitudinal.
		Rimadora	2	0	
Total	27477.5		353	99	

Figura 71

Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.



- Metros perforados, consumo y perdidas prematuras por accesorio - Julio.

Tabla 18

Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de julio.

Accesorios	Metros perforados	Consumo	Pérdidas Prematuras
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	22310.9	21.00	6
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	5166.6	5.00	2
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	18354.5	108.00	25
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	9123	51.00	10
Broca Retractil T38 64mm - 9ins	27477.5	127.00	54
Broca Escariadora T38 127mm (5")	995	8.00	2
Dom C/Pilot			

Figura 72

Metros perforado por accesorio durante el mes de julio

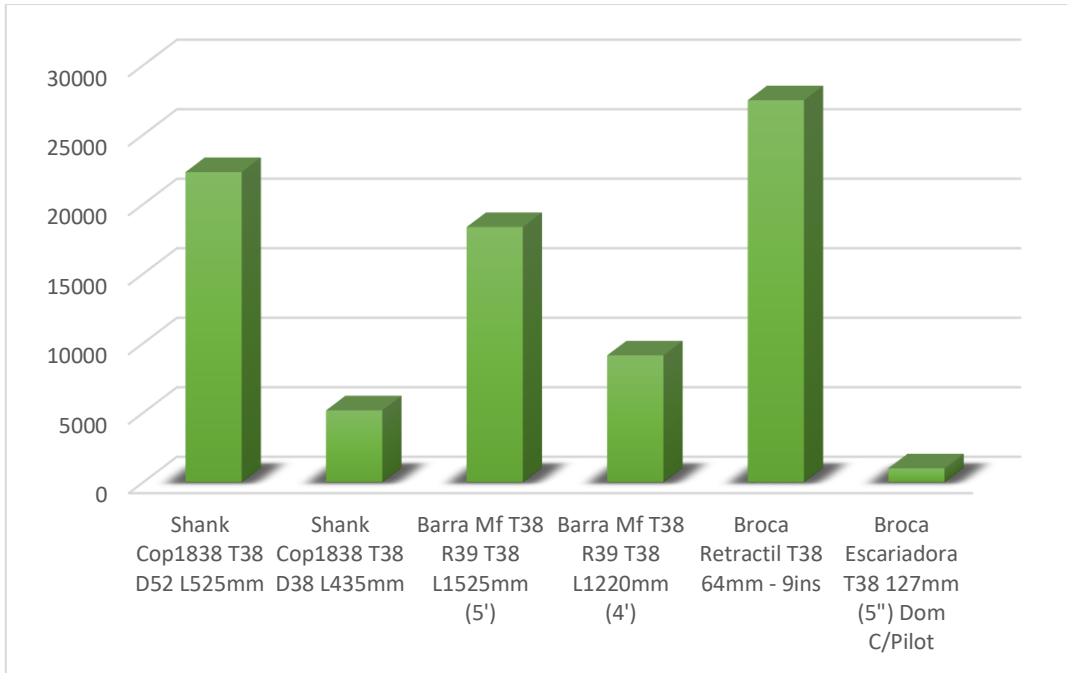
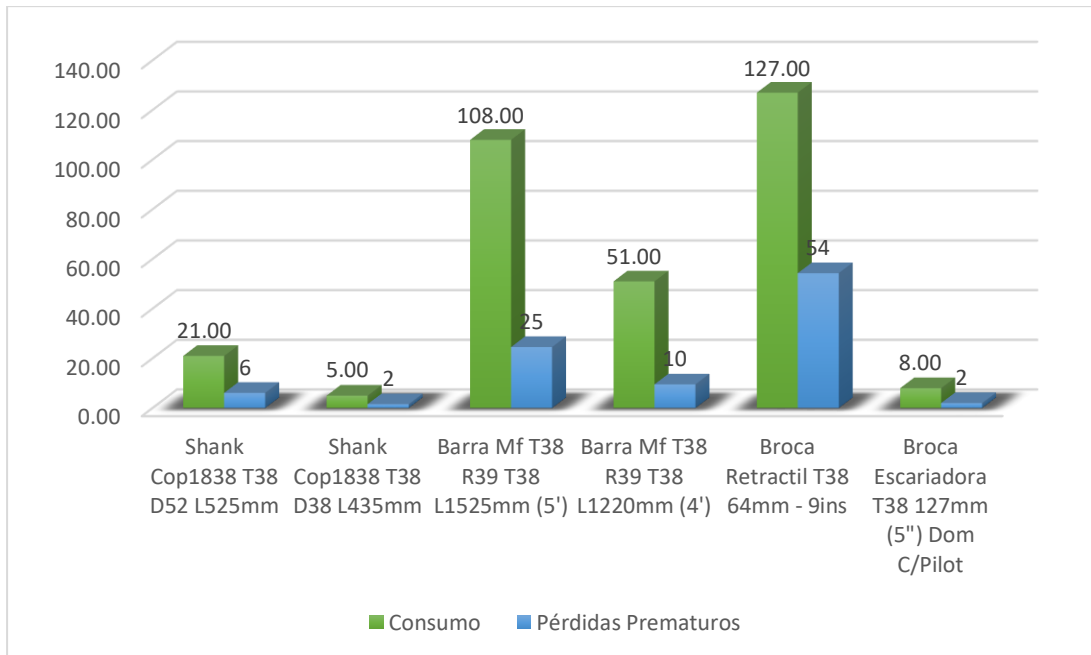


Figura 73

Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de julio.



- Metros perforados y el rendimiento obtenido por unidad de accesorio - Julio.

Tabla 19

Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de julio.

Accesorios	Objetivo	Mperf/und	Rendimiento
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	1500	1062.4	71%
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	1500	1033.3	69%
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	220	169.9	77%
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	220	178.9	81%
Broca Retractiva T38 64mm - 9ins	260	216.4	83%
Broca Escariadora T38 127mm (5")	150	124.4	83%
Dom C/Pilot			

Figura 74

Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de julio

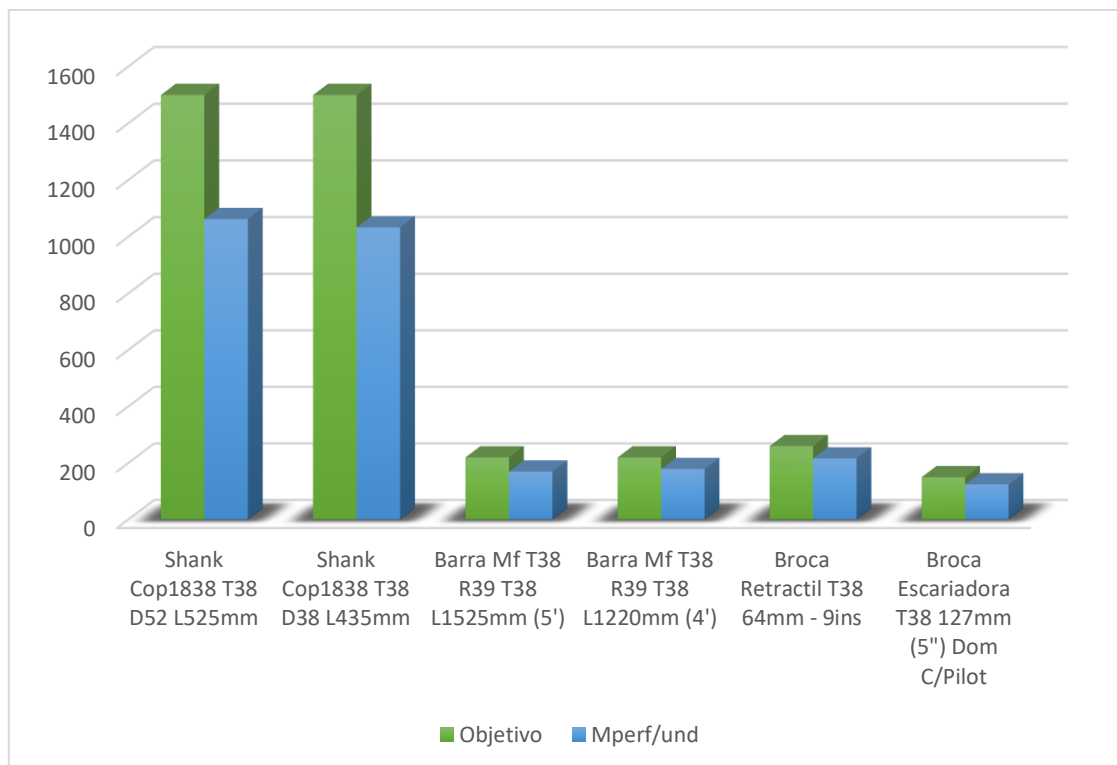
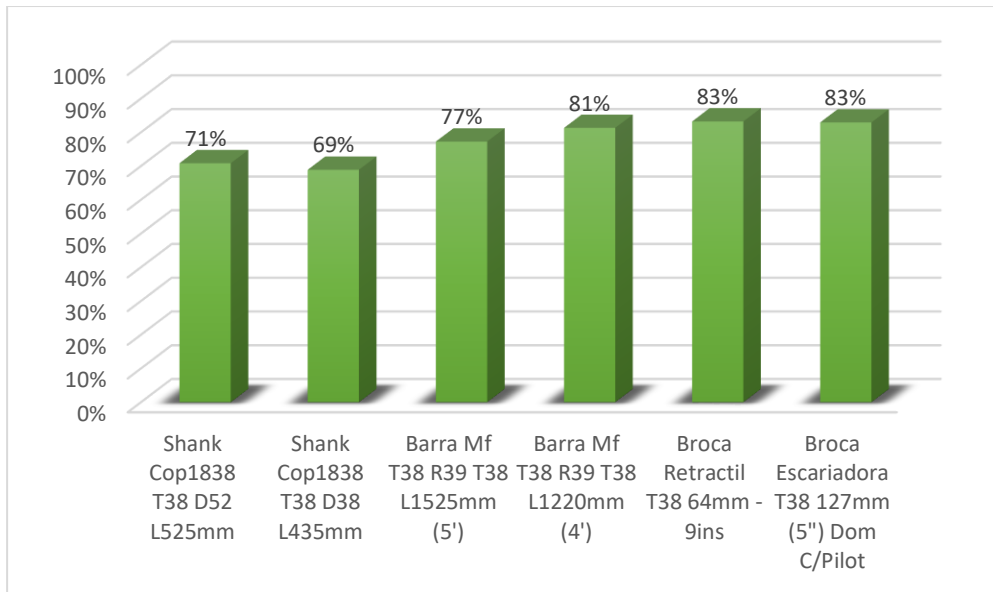


Figura 75

Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de julio



4.3.5 Datos tomados en el periodo agosto 2023

Metros perforados, consumo de accesorios y perdidas prematuras por equipo

Agosto

Tabla 20

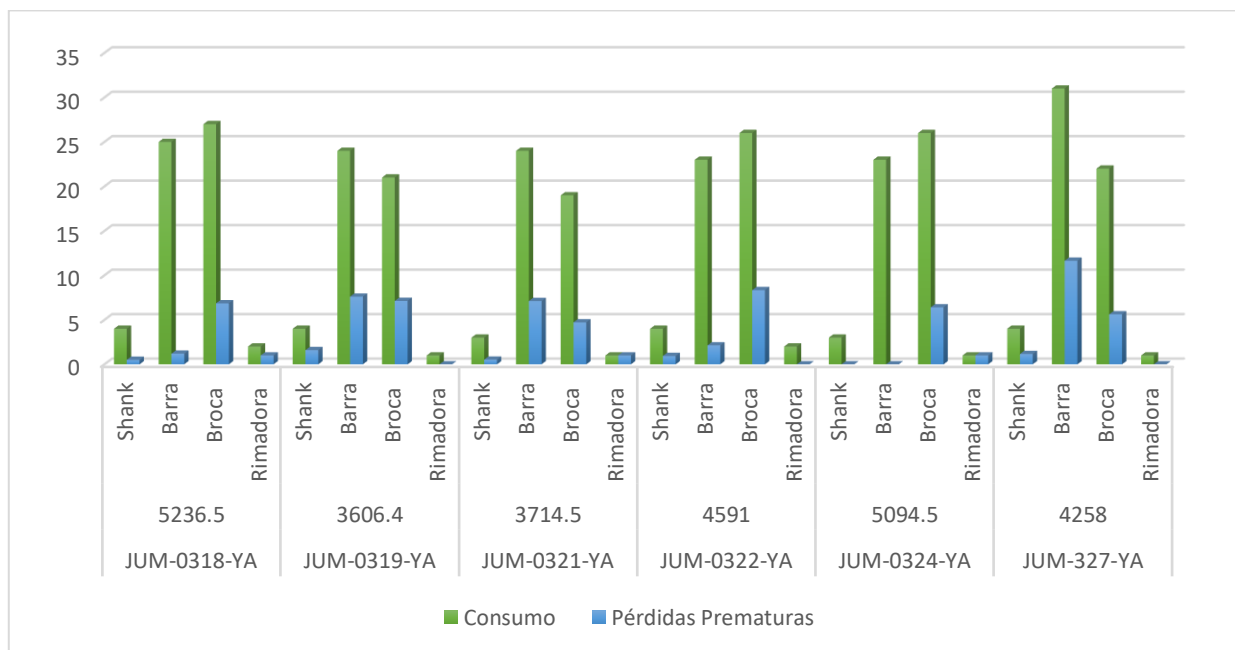
Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de agosto, 2023.

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas Prematuras	Observaciones
JUM-0318-YA	5236.5	Shank	4	1	Desgaste en las aletas en el contacto con stop ring
		Barra	25	1	Rotura en el cuerpo y picadura en los hilos
		Broca	27	7	Sobreperforacion, Rotura y saltado de insertos
		Rimadora	2	1	Sobreperforación
JUM-0319-YA	3806.4	Shank	4	1	Rotura transversal en los hilos
		Barra	24	7	Plantado y picado de hilos
		Broca	21	6	Brocas sobreperforados, insertos rotos, rotura longitudinal en el cuerpo
		Rimadora	1	0	

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas Prematuras	Observaciones
JUM-0321-YA	3714.5	Shank	3	1	Desgaste en las aletas y picadura en los hilos
		Barra	24	7	Atascamiento
		Broca	19	5	desgaste diametral, rotura de insertos, sobreperforacion
		Rimadora	1	1	Desgaste en los hilos
JUM-0322-YA	4591	Shank	4	1	Rotura a la mitad de los hilos
		Barra	23	2	Rotura en la copa y picadura en los hilos
		Broca	26	8	Insertos rotos, desgaste diametral
		Rimadora	2	0	
JUM-0324-YA	5094.5	Shank	3	0	
		Barra	23	0	Plantado por rotura
		Broca	26	6	Desgastes diametrales, insertos rotos, se solto en el taladro, sobreperforacion
JUM-327-YA	4258	Rimadora	1	1	Rotura en los hilos
		Shank	4	1	Rotura al final de los hilos
		Barra	31	12	desgaste en los hilos
		Broca	22	6	Saltado de insertos
Total	26700.9		321	74	

Figura 76

Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.



- Metros perforados, consumo y pérdidas prematuras por accesorio - Agosto.

Tabla 21

Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de agosto.

Accesorios	Metros perforados	Consumo	Pérdidas Prematuros
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	21464.4	18.00	4
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	5236.5	4.00	1
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	17658	101.00	21
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	9042.9	49.00	8
Broca Retractable T38 64mm - 9ins	26700.9	127.00	38
Broca Escariadora T38 127mm (5")	980	8.00	3
Dom C/Pilot			

Figura 77

Metros perforado por accesorio durante el mes de agosto.

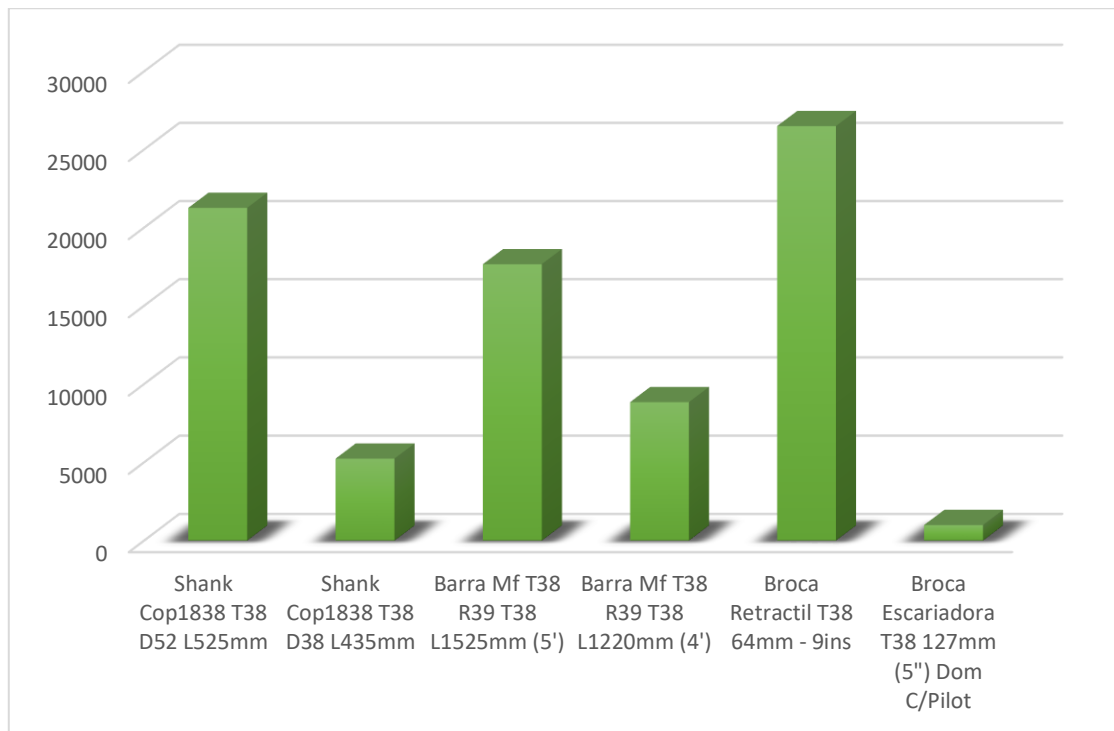
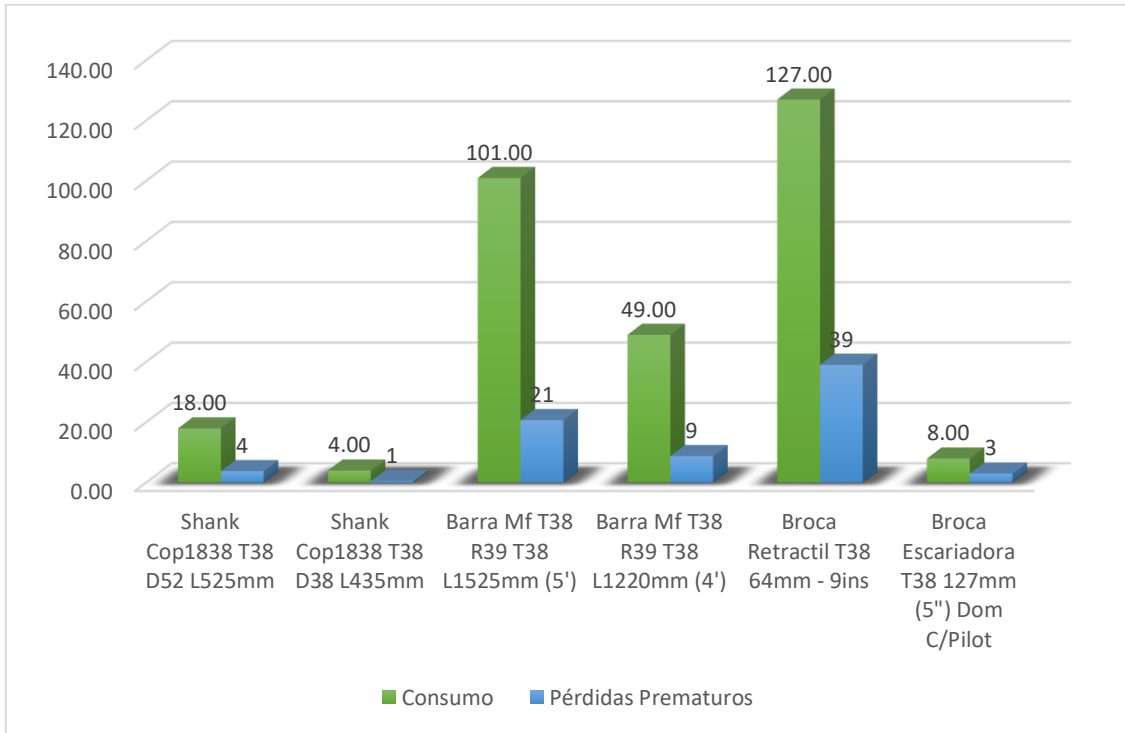


Figura 78

Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de agosto.



- Metros perforados y el rendimiento obtenido por unidad de accesorio – Agosto.

Tabla 22

Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de agosto.

Accesorios	Objetivo	Mperf/und	Rendimiento
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	1500	1192.5	79%
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	1500	1309.1	87%
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	220	174.8	79%
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	220	184.5	84%
Broca Retractable T38 64mm - 9ins	260	210.2	81%
Broca Escariadora T38 127mm (5'') Dom C/Pilot	150	122.5	82%

Figura 79

Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de agosto.

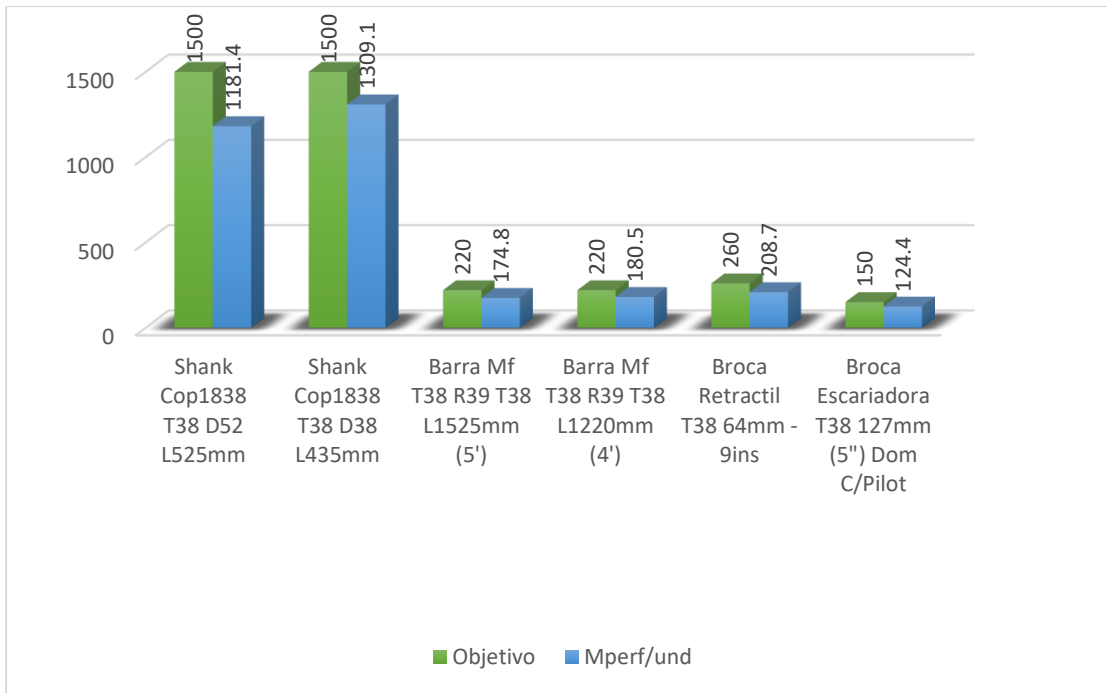
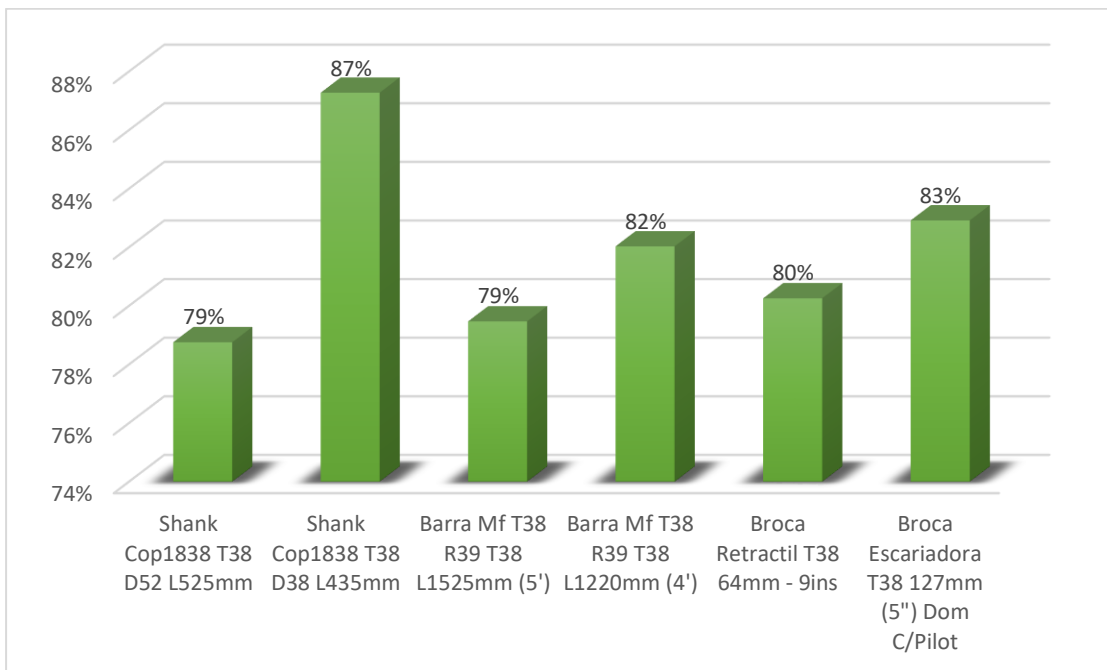


Figura 80

Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de agosto.



4.3.6 Datos tomados en el periodo septiembre 2023

Metros perforados, consumo de accesorios y perdidas prematuras por equipo

Septiembre.

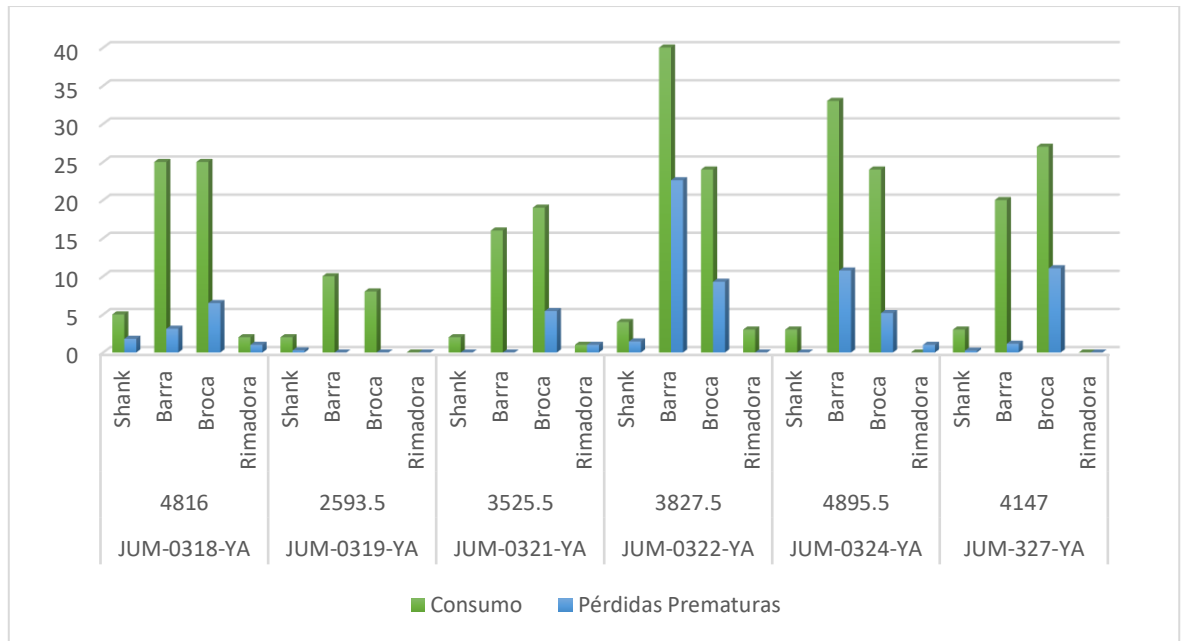
Tabla 23

Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de setiembre, 2023.

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas prematuras	Observaciones
JUM-0318-YA	4816	Shank	5	2	Desgaste en las aletas en el contacto con stop ring
		Barra	25	3	Rotura en el cuerpo y picadura en los hilos
		Broca	25	6	Sobreperforacion, Rotura y saltado de insertos
		Rimadora	2	1	Sobreperforación
JUM-0319-YA	2593.5	Shank	2	0	Rotura transversal en los hilos
		Barra	10	0	
		Broca	8	0	
		Rimadora	0	0	
		Shank	2	0	
JUM-0321-YA	3525.5	Barra	16	0	
		Broca	19	5	desgaste diametral, rotura de insertos, sobreferforacion
		Rimadora	1	1	Desgaste en los hilos
		Shank	4	1	Rotura a la mitad de los hilos
JUM-0322-YA	3827.5	Barra	40	23	Rotura en la copa, plantado de barras y picadura en los hilos
		Broca	24	9	Insertos rotos, desgaste diametral
		Rimadora	3	0	
		Shank	3	0	
		Barra	33	11	Plantado por rotura
JUM-0324-YA	4895.5	Broca	24	5	Desgastes diametrales, insertes rotos, se solto en el taladro, sobreperforacion
		Rimadora	0	1	Rotura en los hilos
		Shank	3	0	
		Barra	20	1	desgaste en los hilos
JUM-327-YA	4147	Broca	27	11	Saltado de insertos
		Rimadora	0	0	
Total	23805		296	81	

Figura 81

Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.



- Metros perforados, consumo y perdidas prematuras por accesorio - Setiembre.

Tabla 24

Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de setiembre.

Accesorios	Metros perforados	Consumo	Pérdidas Prematuras
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	18989	14.00	1
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	4816	5.00	2
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	16395.5	109.00	34
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	7409.5	35.00	3
Broca Retractil T38 64mm - 9ins	23805	127.00	37
Broca Escariadora T38 127mm (5")	735	6.00	3
Dom C/Pilot			

Figura 82

Metros perforados por accesorio durante el mes de setiembre.

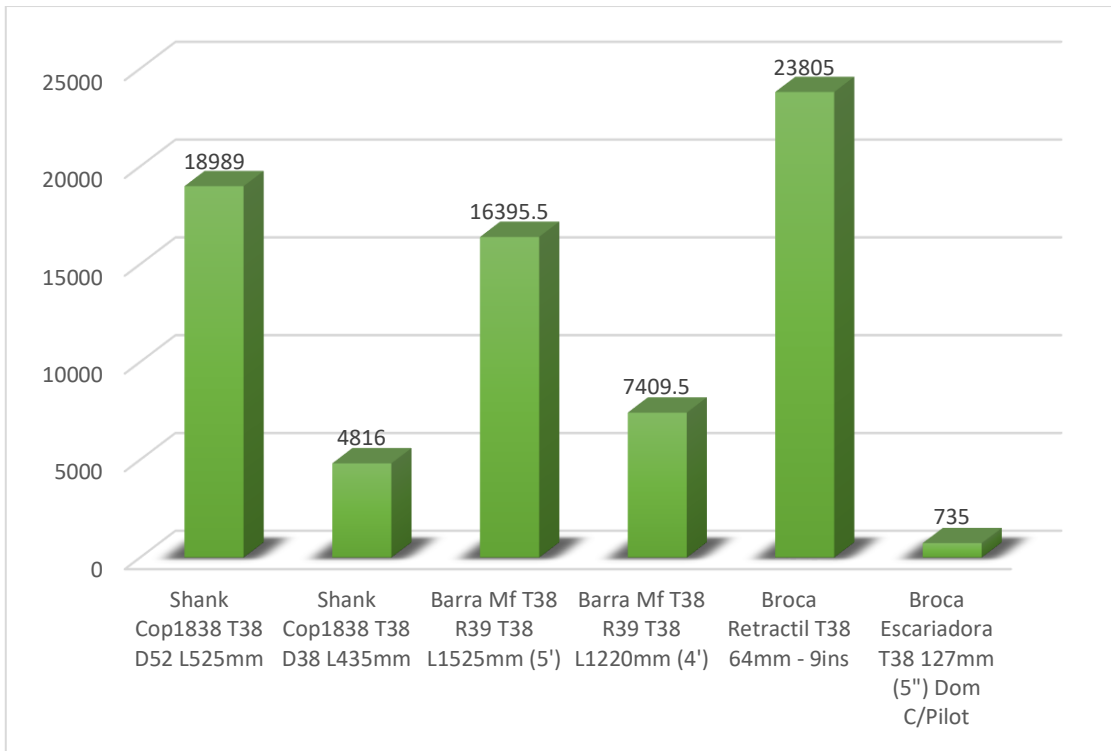
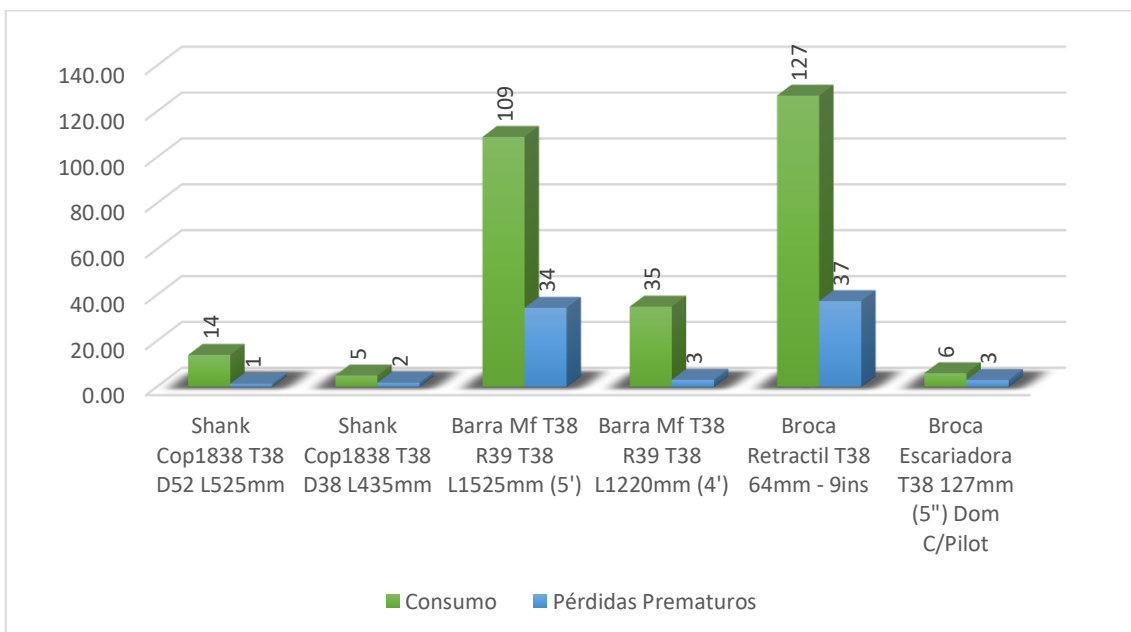


Figura 83

Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de setiembre.



4.3.7 Datos tomados en el periodo octubre 2023

Metros perforados, consumo de accesorios y perdidas prematuras por equipo
Octubre.

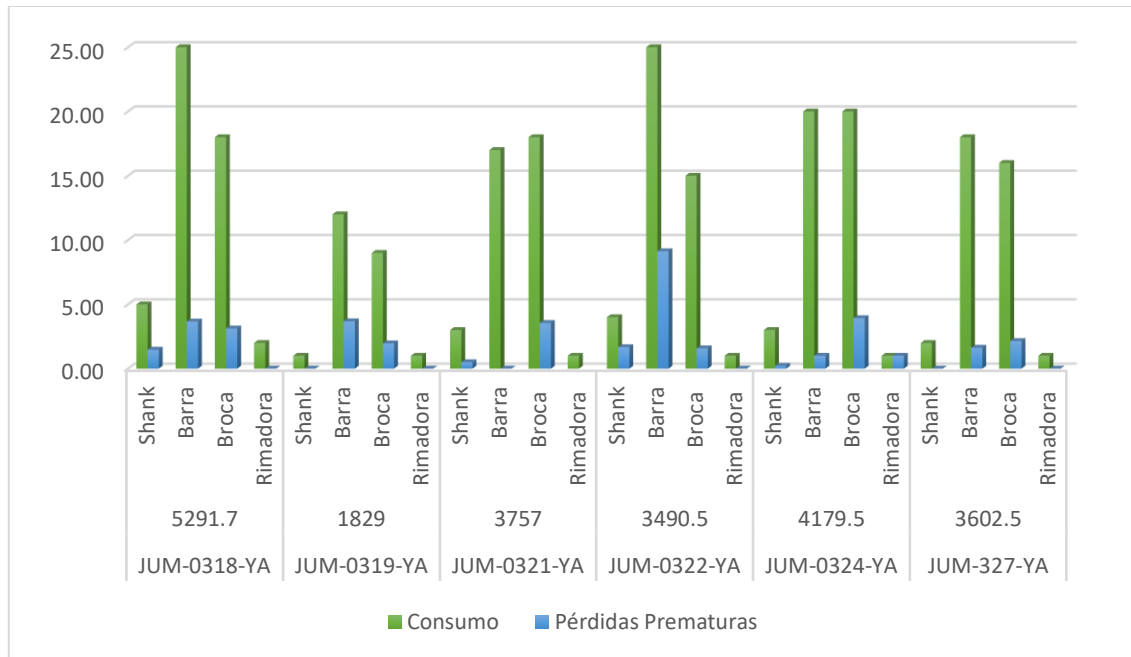
Tabla 25

Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de octubre, 2023.

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas Prematuras	Observaciones
JUM-0318-YA	5291.7	Shank	5	1	Rotura al inicio del las rosca
		Barra	25	4	Rotura y doblado de barras
		Broca	18	3	
		Rimadora	2	0	
		Shank	1	0	
JUM-0319-YA	1829	Barra	12	4	Plantado y picado de hilos
		Broca	9	2	Brocas sobreperforados, insertos rotos, rotura longitudinal en el cuerpo
		Rimadora	1	0	
		Shank	3	0	
		Barra	17	0	
JUM-0321-YA	3757	Broca	18	4	desgaste diametral, rotura de insertos, sobreferforacion
		Rimadora	1		Desgaste en los hilos
		Shank	4	2	
		Barra	25	9	Rotura en la copa y picadura en los hilos
		Broca	15	2	Insertos rotos, desgaste diametral
JUM-0322-YA	3490.5	Rimadora	1	0	
		Shank	3	0	
		Barra	20	1	Plantado por rotura
		Broca	20	4	Desgastes diametrales, insertes rotos, se solto en el taladro, sobreperforacion
		Rimadora	1	1	Rotura en los hilos
JUM-0324-YA	4179.5	Shank	2	0	
		Barra	18	2	desgaste en los hilos
		Broca	16	2	Saltado de insertos
		Rimadora	1	0	
JUM-327-YA	3602.5				
Total	22150.2		238	40	

Figura 84

Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.



- Metros perforados, consumo y perdidas prematuras por accesorio - Octubre.

Tabla 26

Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de octubre.

Accesorios	Metros perforados	Consumo	Pérdidas Prematuros
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	16858.5	13.00	2
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	5291.7	5.00	1
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	15029.5	80.00	12
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	7120.7	37.00	7
Broca Retractable T38 64mm - 9ins	22150.2	96.00	16
Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot	950	7.00	1

Figura 85

Metros perforado por accesorio durante el mes de octubre.

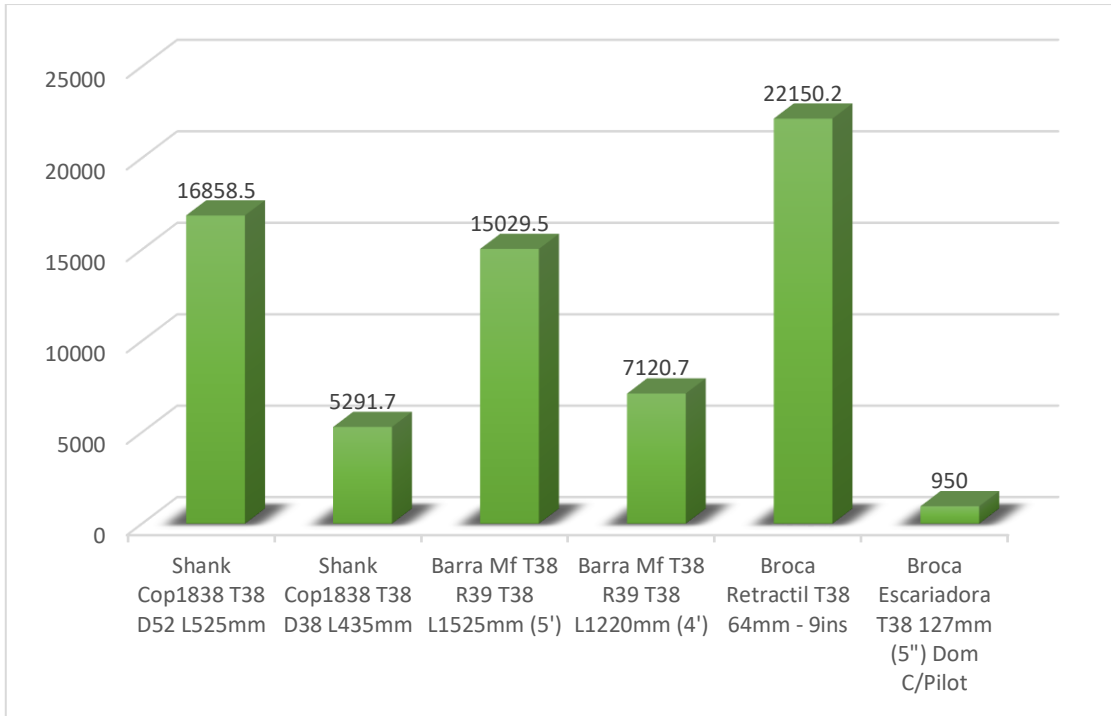
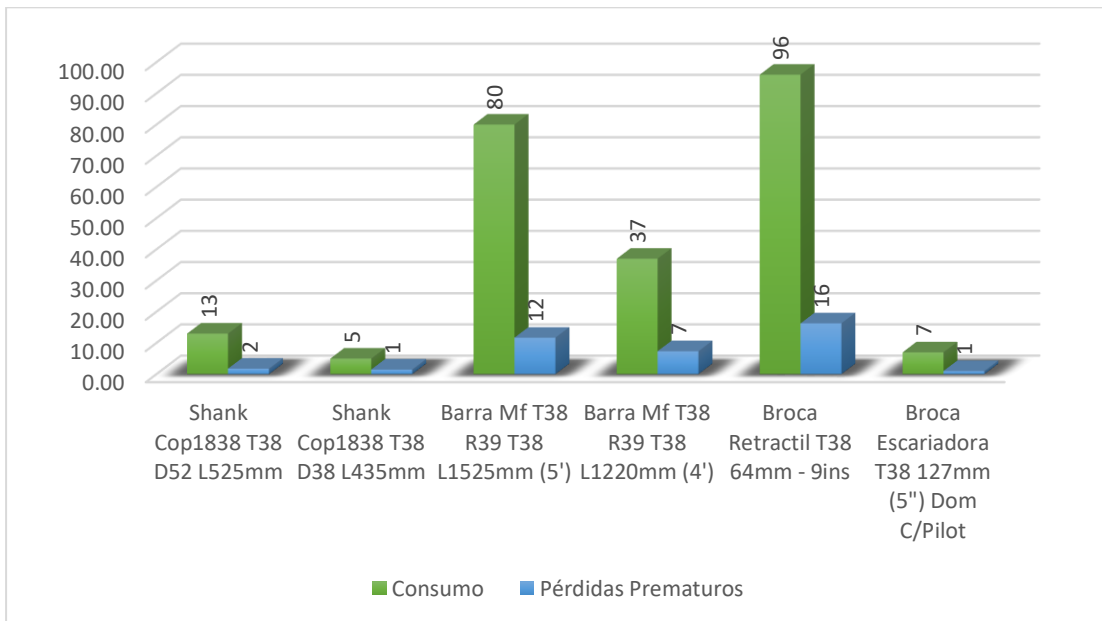


Figura 86

Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de octubre.



- Metros perforados y el rendimiento obtenido por unidad de accesorio – Octubre.

Tabla 27

Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de octubre.

Accesorios	Objetivo	Mperf/und	Rendimiento
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	1500	1296.8	86%
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	1500	1058.3	71%
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	220	187.9	85%
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	220	192.5	87%
Broca Retractiv T38 64mm - 9ins	260	230.7	89%
Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot	150	135.7	90%

Figura 87

Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de octubre.

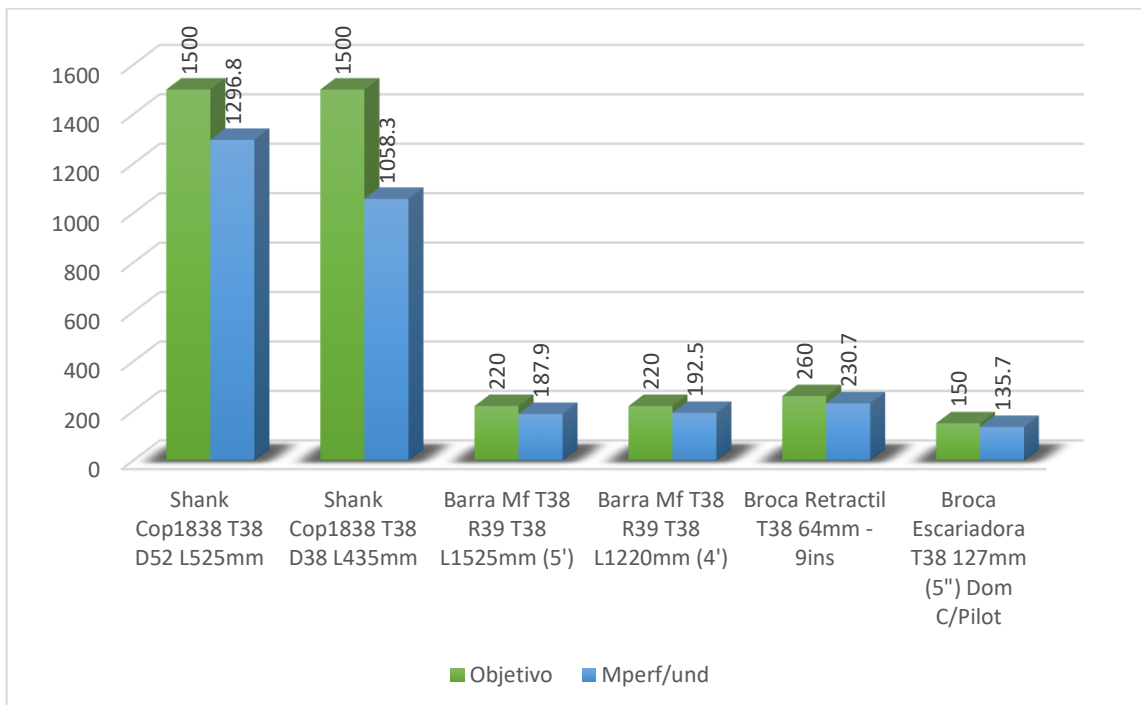
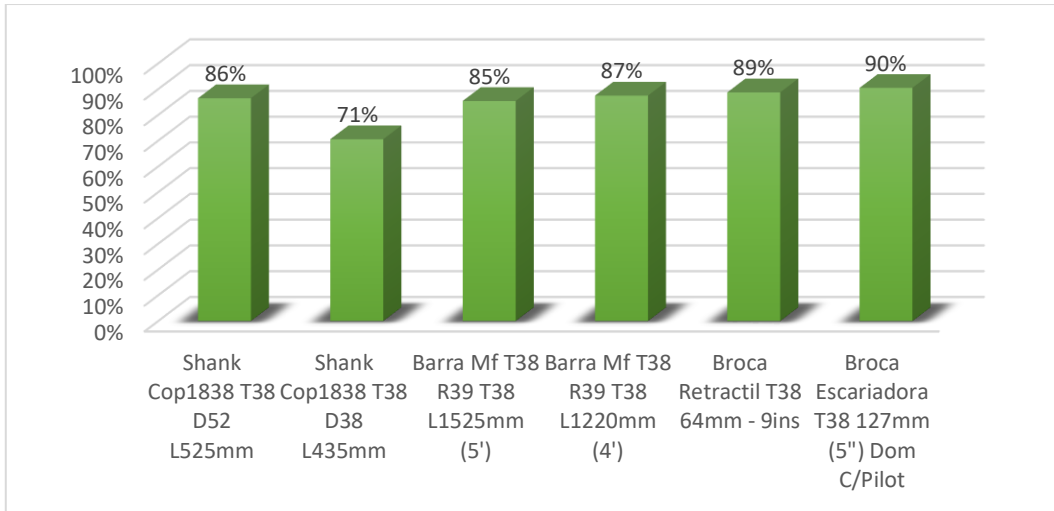


Figura 88

Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de octubre



4.3.8 Datos tomados en el periodo noviembre 2023

Metros perforados, consumo de accesorios y perdidas prematuras por equipo

Noviembre

Tabla 28

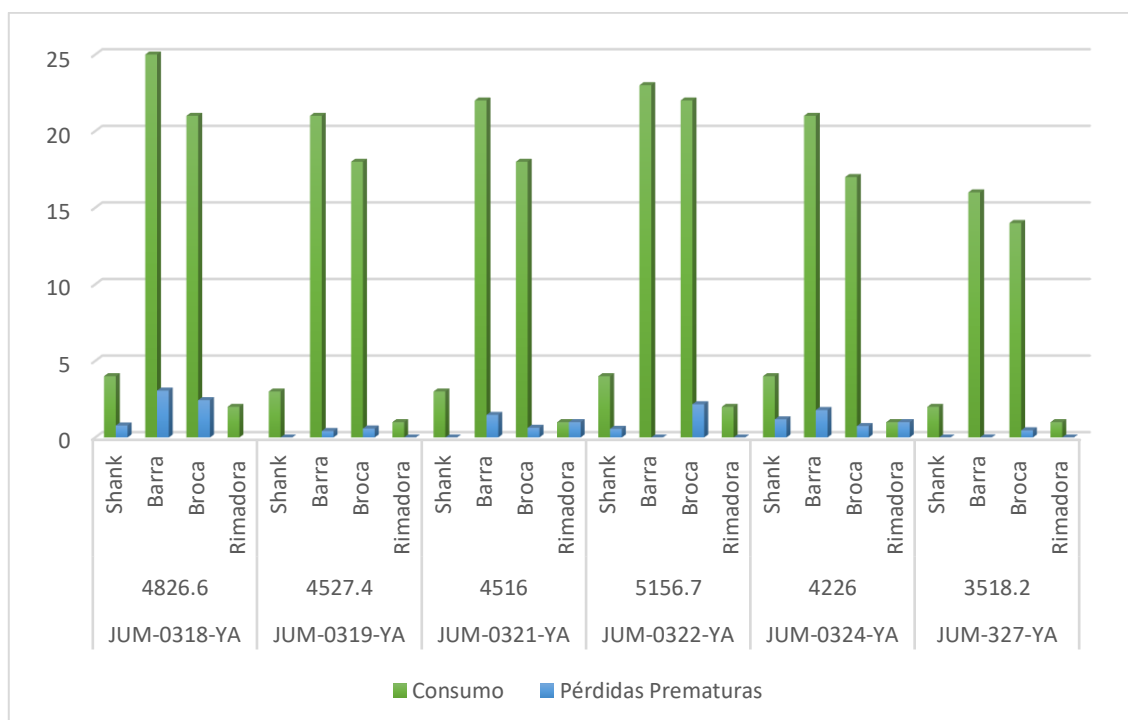
Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de noviembre, 2023.

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas Prematuras	Observaciones
JUM-0318-YA	4826.6	Shank	4	1	Desgaste en las aletas en el contacto con stop ring
		Barra	25	3	Rotura en el cuerpo y picadura en los hilos
		Broca	21	2	Sobreperforacion, Rotura y saltado de insertos
		Rimadora	2	0	
JUM-0319-YA	4527.4	Shank	3	0	
		Barra	21	0	
		Broca	18	1	Rotura longitudinal en el cuerpo
		Rimadora	1	0	
4516	Shank	3	0		
	Barra	22	1	Atascamiento	

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas Prematuras	Observaciones
JUM-0321-YA		Broca	18	1	desgaste diametral, rotura de insertos, sobreferforacion
		Rimadora	1	1	Desgaste en los hilos
		Shank	4	1	Rotura a la mitad de los hilos
JUM-0322-YA	5156.7	Barra	23	0	
		Broca	22	2	Insertos rotos, desgaste diametral
		Rimadora	2	0	
JUM-0324-YA	4226	Shank	4	1	
		Barra	21	2	Plantado por rotura
		Broca	17	1	Insertes rotos.
JUM-327-YA	3518.2	Rimadora	1	1	Rotura en los hilos
		Shank	2	0	
		Barra	16	0	
Total	26770.9	Broca	14	0	
		Rimadora	1	0	

Figura 89

Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.



- Metros perforados, consumo y pérdidas prematuras por accesorio - Noviembre.

Tabla 29

Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de noviembre.

Accesorios	Metros perforados	Consumo	Pérdidas Prematuros
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	21944.3	16.00	1
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	4826.6	4.00	1
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	17416.9	82.00	3
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	9354	46.00	3
Broca Retractable T38 64mm - 9ins	26770.9	110.00	7
Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot	1125	8.00	1

Figura 90

Metros perforado por accesorio durante el mes de noviembre

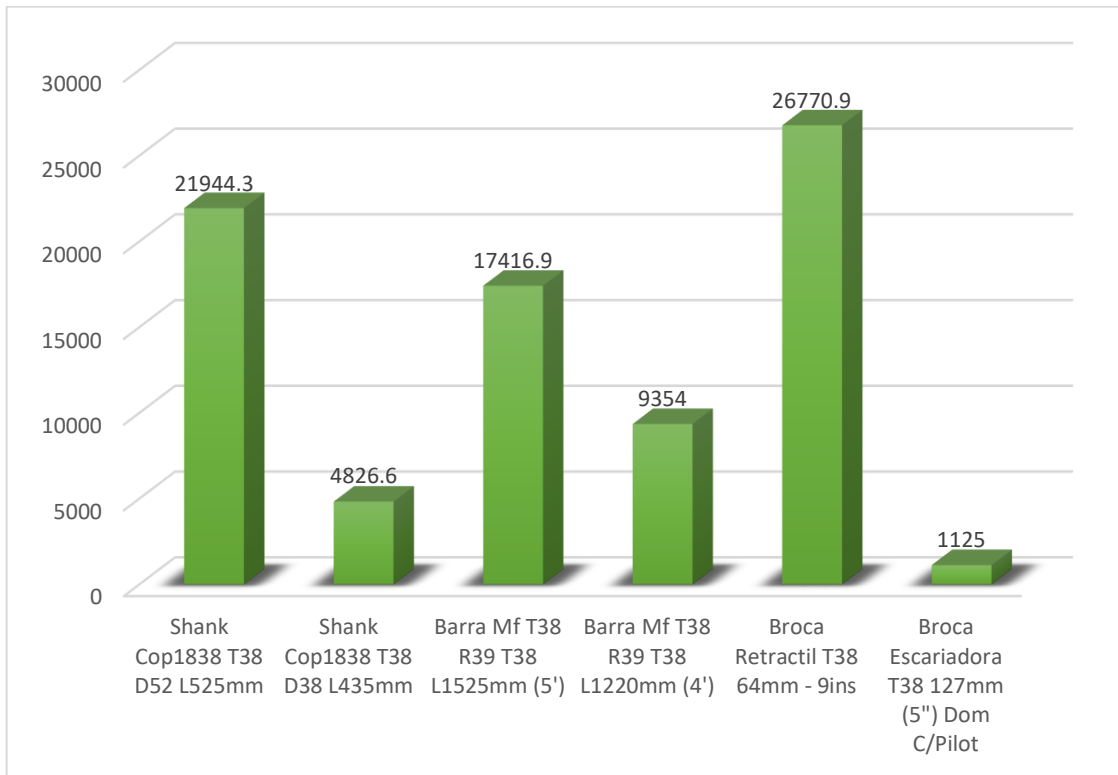
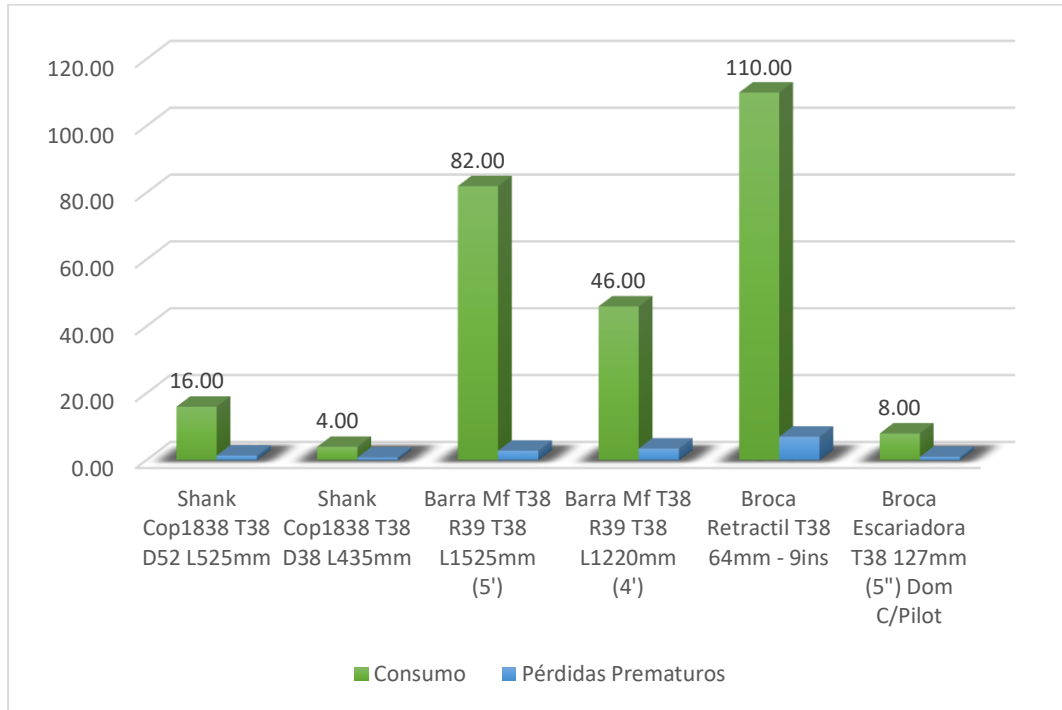


Figura 91

Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de noviembre.



- Metros perforados y el rendimiento obtenido por unidad de accesorio - Noviembre.

Tabla 30

Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de noviembre.

Accesorios	Objetivo	Mperf/und	Rendimiento
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	1500	1371.5	91%
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	1500	1206.7	80%
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	220	212.4	97%
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	220	203.3	92%
Broca Retractable T38 64mm - 9ins	260	243.4	94%
Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot	150	140.6	94%

Figura 92

Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de noviembre.

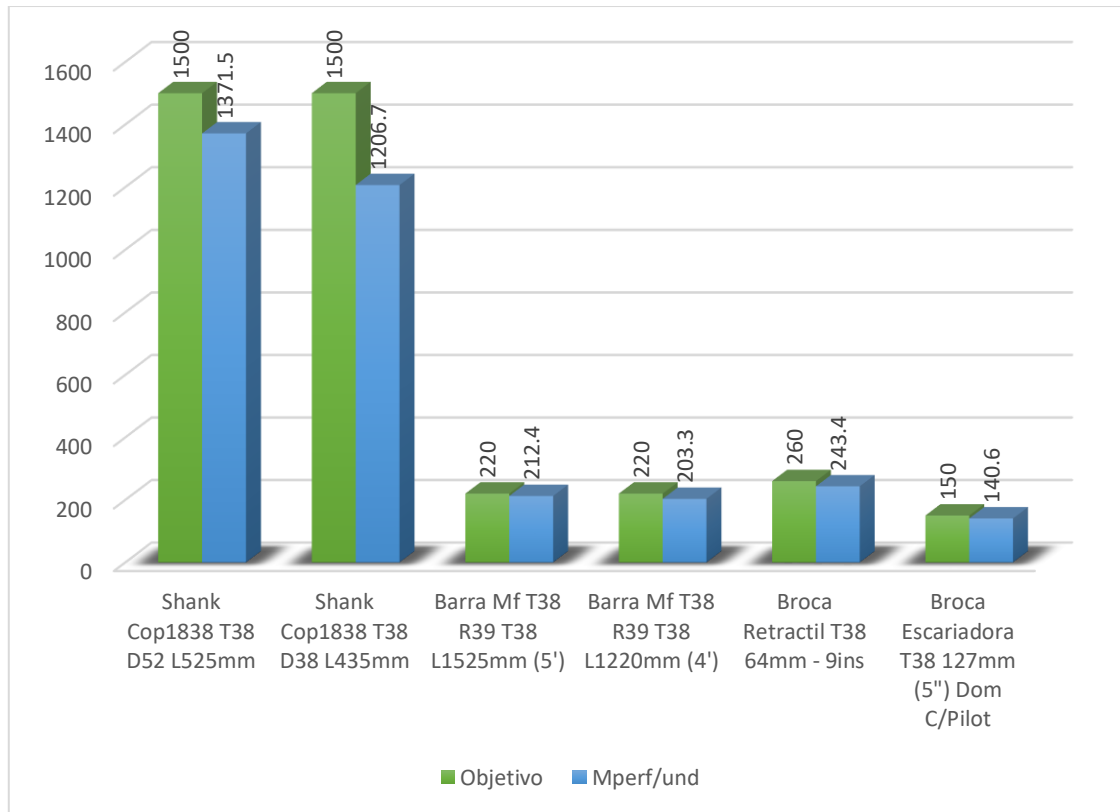
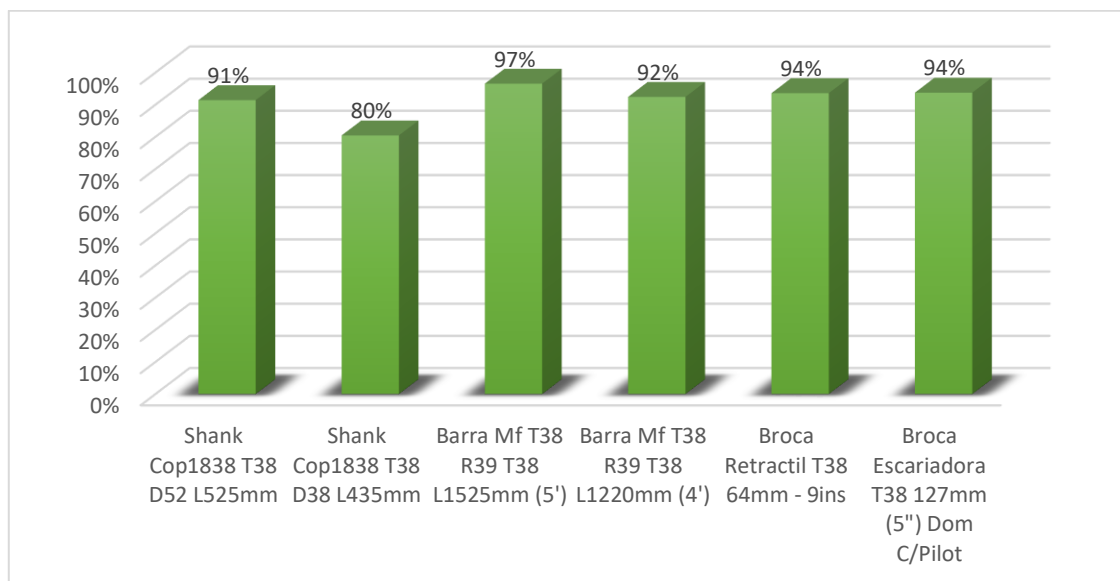


Figura 93

Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de noviembre.



4.3.9 Datos tomados en el periodo diciembre 2023

Metros perforados, consumo de accesorios y perdidas prematuras por equipo

Diciembre

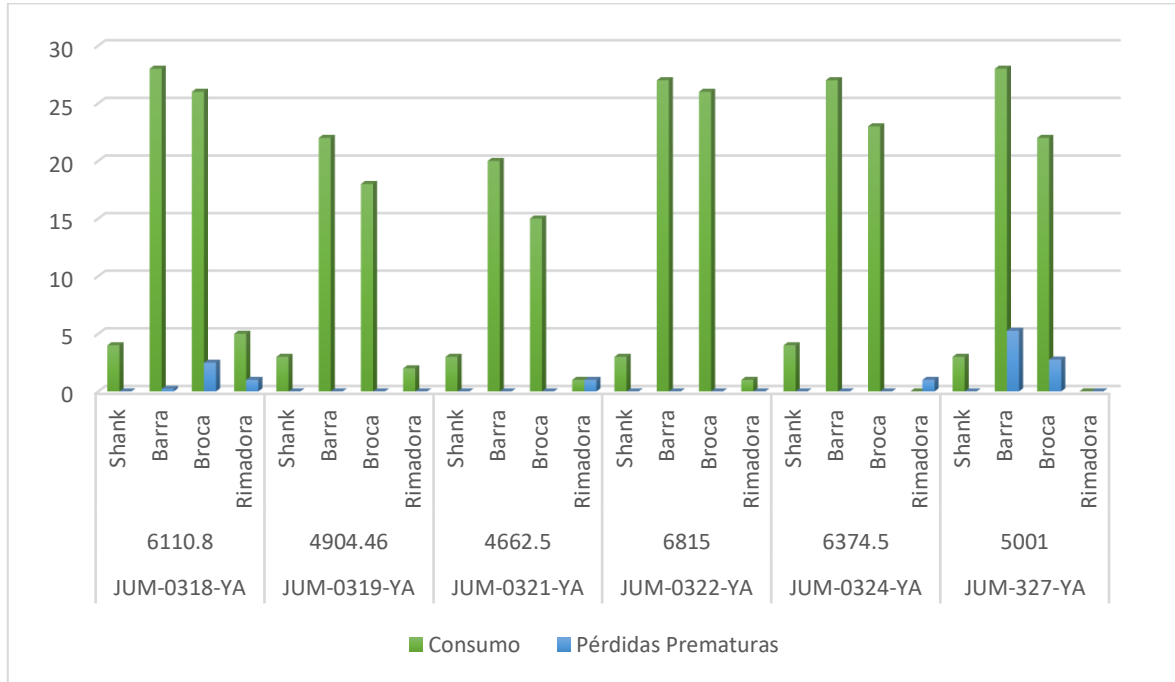
Tabla 31

Metros perforado por equipo, consumo de accesorios de la columna de perforación y las pérdidas prematuras en el mes de diciembre, 2023

Equipos	Metros perforados	Accesorios	Consumo	Pérdidas Prematuras	Observaciones
JUM-0318-YA	6110.8	Shank	4	0	
		Barra	28	0	
		Broca	26	2	Sobreperforacion
		Rimadora	5	1	Sobreperforación
JUM-0319-YA	4904.46	Shank	3	0	
		Barra	22	0	Plantado y picado de hilos
		Broca	18	0	
		Rimadora	2	0	
JUM-0321-YA	4662.5	Shank	3	0	
		Barra	20	0	
		Broca	15	0	
		Rimadora	1	1	Desgaste en los hilos
JUM-0322-YA	6815	Shank	3	0	
		Barra	27	0	
		Broca	26	0	
		Rimadora	1	0	
JUM-0324-YA	6374.5	Shank	4	0	
		Barra	27	0	
		Broca	23	0	
		Rimadora	0	1	Rotura en los hilos
JUM-327-YA	5001	Shank	3	0	
		Barra	28	5	rotura en el cuerpo
		Broca	22	3	Saltado de insertos y sobreperforados
		Rimadora	0	0	
Total	33868.26		311	12	

Figura 94

Representación gráfica de los datos obtenidos del seguimiento realizado por equipo.



- Metros perforados, consumo y perdidas prematuras por accesorio - Diciembre.

Tabla 32

Metros perforado por accesorios de la columna de perforación, consumo y pérdidas prematuras en el mes de diciembre.

Accesorios	Metros perforados	Consumo	Pérdidas Prematuros
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	27757.46	16.00	0
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	6110.8	4.00	0
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	22853	102.00	5
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	11015.26	50.00	0
Broca Retractable T38 64mm - 9ins	33868.26	127.00	5
Broca Escariadora T38 127mm (5")	1404	9.00	0
Dom C/Pilot			

Figura 95

Metros perforado por accesorio durante el mes de diciembre.

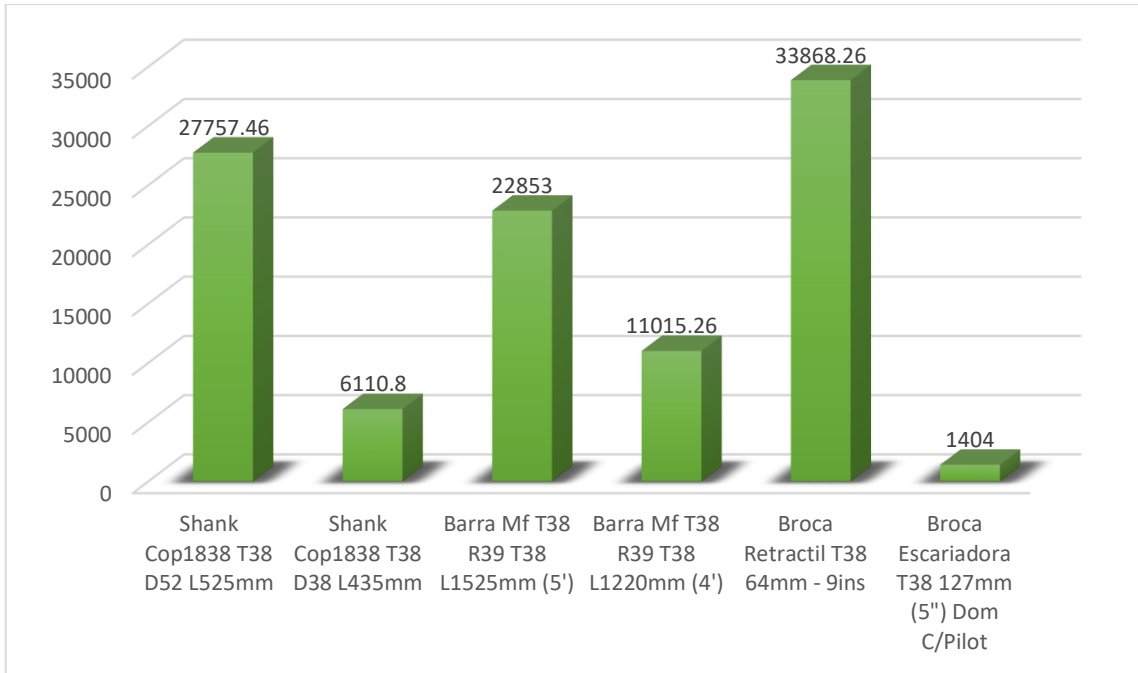
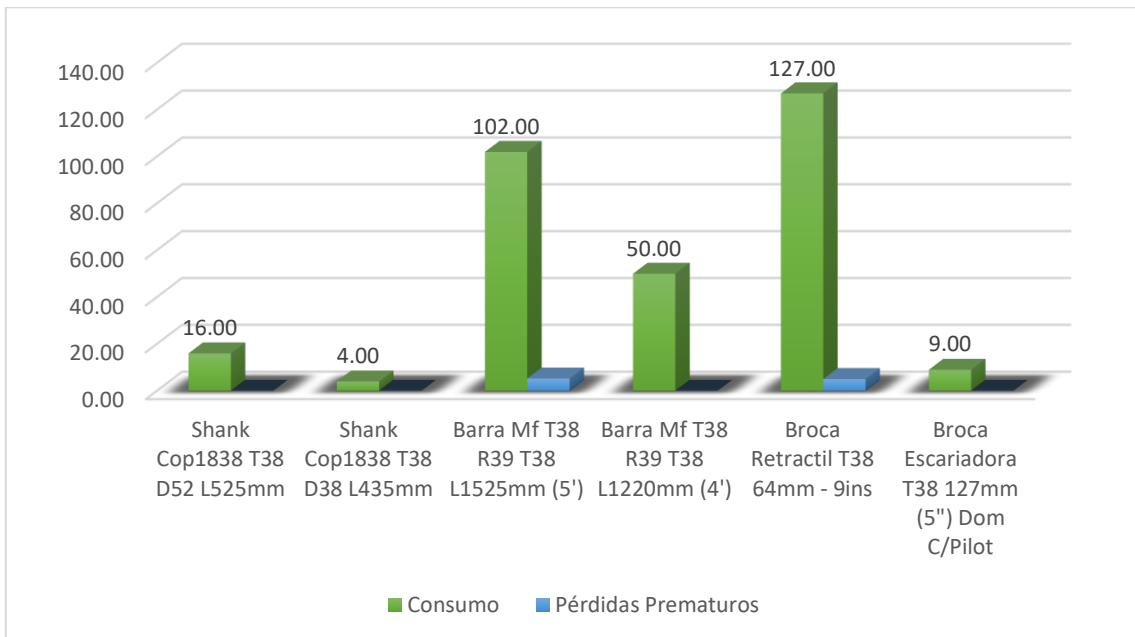


Figura 96

Consumo y pérdidas prematuras de los accesorios de la columna de perforación en el mes de diciembre.



- Metros perforados y el rendimiento obtenido por unidad de accesorio - Diciembre.

Tabla 33

Metros perforado y el rendimiento por unidad de accesorio de la columna de perforación en el mes de diciembre.

Accesorios	Objetivo	Mperf/und	Rendimiento
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	1500	1734.8	116%
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	1500	1527.7	102%
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	220	224.0	102%
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	220	220.3	100%
Broca Retractil T38 64mm - 9ins	260	266.7	103%
Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot	150	156.0	104%

Figura 97

Comparativo entre los metros perforado y el objetivo durante el mes de diciembre.

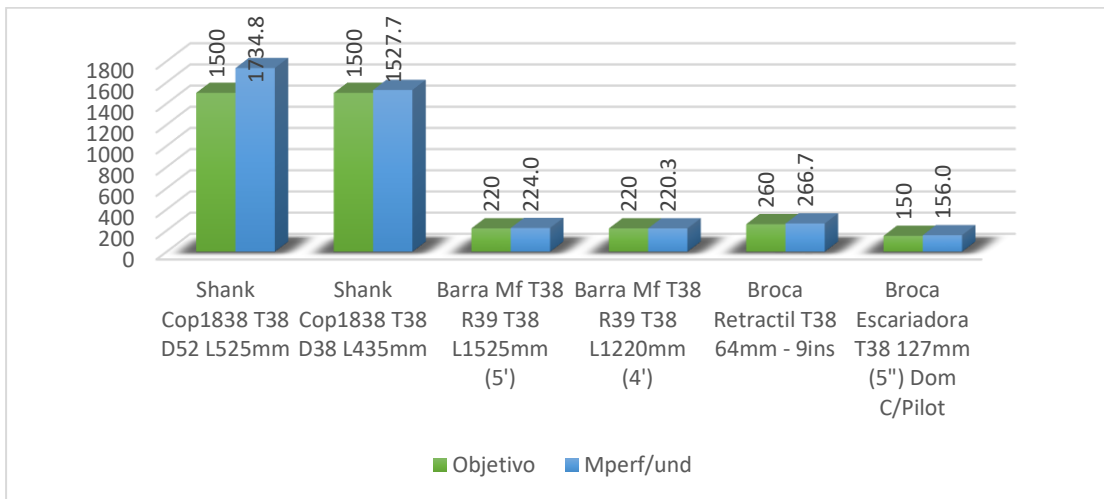
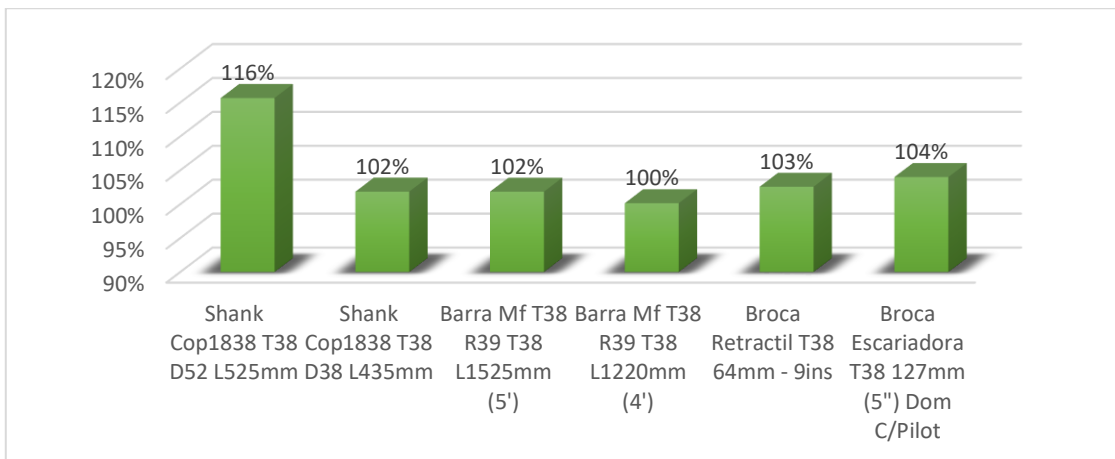


Figura 98

Rendimiento de los accesorios de la columna de perforación durante el mes de diciembre.



4.4 Discusión de resultados

4.4.1 Rendimiento de la columna de aceros de perforación

A partir de los procesos de control de los aceros se pudo evidenciar mejoras en el rendimiento de los aceros de la columna de perforación.

Tabla 34

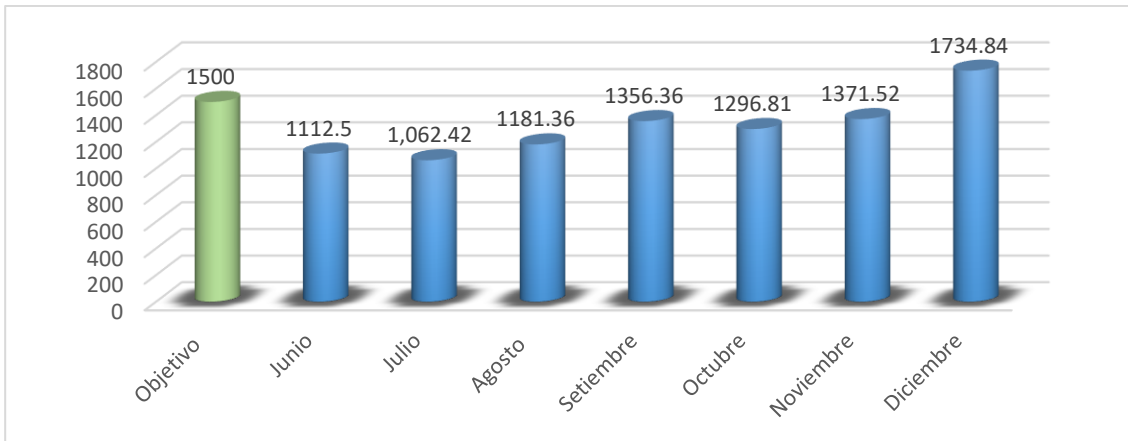
Resumen de rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.

Accesorios	Objetivo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	1500	1112.5	1,062.42	1192.47	1356.36	1296.81	1371.52	1734.84
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	1500	921.6	1,033.32	1309.13	963.20	1058.34	1206.65	1527.70
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	220	172.3	169.95	174.83	150.42	187.87	212.40	224.05
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	220	136.6	178.88	184.55	211.70	192.45	203.35	220.31
Broca Retractil T38 64mm - 9ins	260	155.0	216.36	210.24	187.44	230.73	243.37	266.68
Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot	150	90.5	124.38	124.38	122.50	135.71	140.63	156.00

La evolución del rendimiento de todos los accesorios de la columna de perforación fue de manera creciente durante el tiempo de investigación, las mejoras se fueron dando progresivamente, el mes de diciembre, donde se visualiza un resultado óptimo y esperado. Cada vez que se presentaba fallas o desgastes prematuras de los componentes de la columna de perforación se identifica y se corrige el desvío en in situ. Las causas que generan las roturas o desgastes prematuros son los siguientes; caracterización física de macizo rocoso, los parámetros de perforación del equipo mal regulados, los componentes de boom de perforación en mal estados o muy desgastado y falta de mantenimiento oportuno y adecuado de las brocas y engrase de los acoplamientos de la columna de perforación. Además, indicar que los componentes interiores de la perforadora en mal estados (Stop ring, Driver, sellos de agua, Guide y el aceite de lubricación) generan desgaste en las aletas y cuerpo del shank adapter. Aquellos desvíos son corregidos oportunamente por lo cual se obtiene una mejora en el rendimiento de los aceros de perforación y se garantiza la vida útil de los aceros de perforación.

Tabla 35*Rendimiento de Shank Cop1838 T38 D52 L525mm*

	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
MP	1112.5	1062.42	1192.5	1356.4	1296.8	1371.5	1734.8
Consumo	18	21	18	14	13	16	16
Pérdidas Pr.	5	6	4	1	2	1	0
Rendimiento	74%	71%	79%	90%	86%	91%	116%

Figura 99*Rendimiento de Shank Cop1838 T38 D52 L525mm***Interpretación de los resultados obtenidos del control de los aceros de perforación:**

Se tiene 06 equipos SIMBA modelo S7D que fueron parte del elemento de la investigación; JUM-0312-YA, JUM-0318-YA, JUM-0320-YA, JUM-0321-YA, JUM-0322-YA, JUM-0324-YA, que vienen operando en las tres zonas que establece la unidad minera San Cristobal, donde; el mes de junio se tuvo un consumo total de 18 Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, con 05 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 74%, el mes de julio se tuvo un consumo un total de 21 Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, con 06 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 71%, el mes de agosto se tuvo un consumo total de 18 Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, con 04 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 79%, el mes de setiembre se tuvo un consumo total de 14 Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, con 01 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 90%, el mes de octubre se tuvo un consumo un total de 13 Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, con 02 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 86%, el mes de noviembre se tuvo un consumo total de 16 Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, con 01 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 91%, el mes de diciembre se tuvo un consumo total de 16 Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, con 00 de perdidas prematuras, alcanzando un rendimiento máximo esperado de 116%.

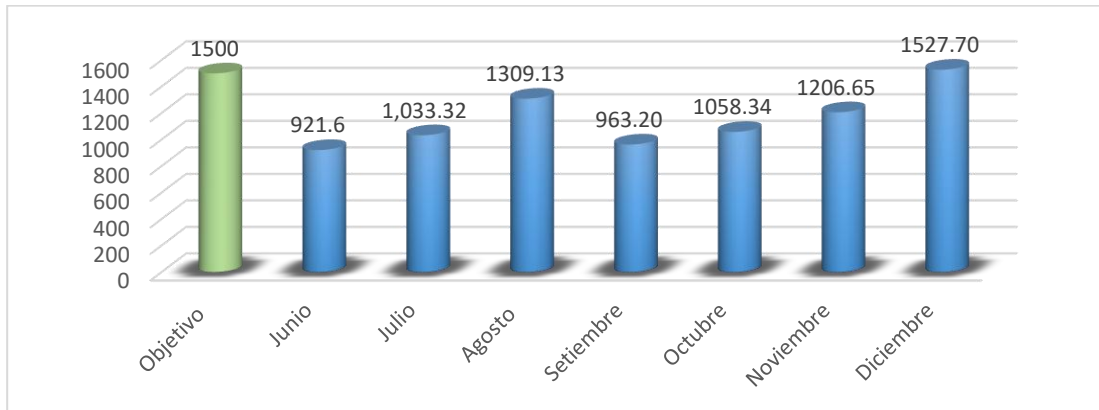
Tabla 36

Rendimiento de Shank Cop1838 T38 D52 L435mm

	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
MP	921.6	1033.30	1309.1	963.2	1058.3	1206.7	1527.7
Consumo	3	5	4	5	5	4	4
Pérdidas Pr.	1	2	1	2	1	1	0
Rendimiento	61%	69%	87%	64%	71%	80%	102%

Figura 100

Rendimiento de Shank Cop1838 T38 D52 L435mm



Interpretación de los resultados obtenidos del control de los aceros de perforación:

Se tiene 06 equipos SIMBA S7D que fueron parte del elemento de la investigación; JUM-0312-YA, JUM-0318-YA, JUM-0320-YA, JUM-0321-YA, JUM-0322-YA, JUM-0324-YA, que vienen operando donde, el mes de junio se tuvo un consumo total de 03 Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, con 01 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 61%, el mes de julio se tuvo un consumo total de 05 Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, con 02 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 69%, el mes de agosto se tuvo un consumo total de 04 Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, con 01 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 87%, el mes de setiembre se tuvo un consumo total de 05 Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, con 02 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 64%, el mes de octubre se tuvo un consumo un total de 05 Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, con 01 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 71%, el mes de noviembre se tuvo un consumo total de 04 Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, con 01 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 80%, el mes de diciembre se tuvo un consumo un total de 04 Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, con 00 de perdidas prematuras, alcanzando un rendimiento optimo esperado de 102%.

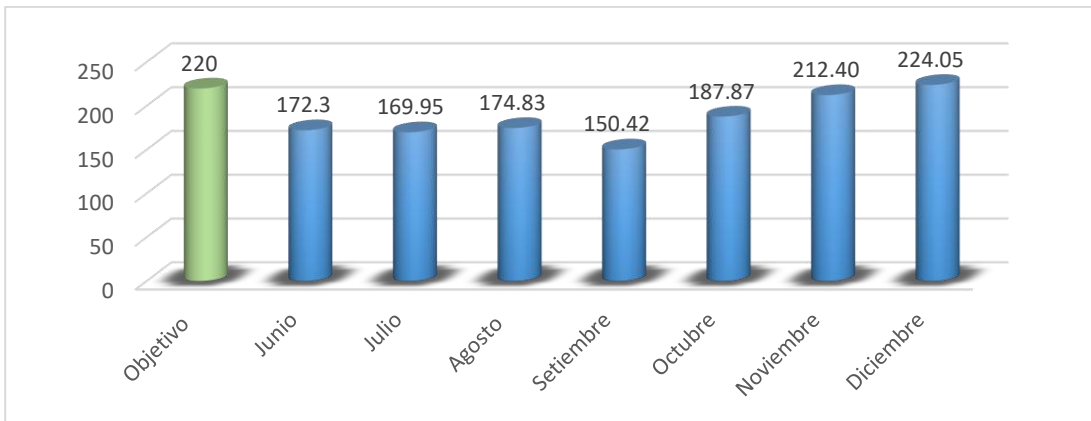
Tabla 37

Rendimiento de Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')

	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
MP	172.3	169.90	174.8	150.4	187.9	212.4	224
Consumo	95	108	101	109	80	82	102
Pérdidas Pr.	21	25	21	34	12	3	5
Rendimiento	78%	77%	79%	68%	85%	97%	102%

Figura 101

Rendimiento de Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')



Interpretación de los resultados obtenidos del control de los aceros de perforación:

Se tiene 06 equipos SIMBA modelo S7D que fueron parte del elemento de la investigación; JUM-0312-YA, JUM-0318-YA, JUM-0320-YA, JUM-0321-YA, JUM-0322-YA, JUM-0324-YA, que vienen operando. El mes de junio se tuvo un consumo total de 95 Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), con pérdidas prematuras de 21 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 78%, el mes de julio se tuvo un consumo total de 108 Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), con pérdidas prematuras de 25 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 77%, el mes de agosto se tuvo un consumo total de 101 Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), con pérdidas prematuras de 21 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 79%, el mes de setiembre se tuvo un consumo total de 109 Barras Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), con pérdidas prematuras de 34 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 68%, el mes de octubre se tuvo un consumo total de 80 Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), con pérdidas prematuras de 12 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 85%, el mes de noviembre se tuvo un consumo total de 82 Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), con pérdidas prematuras de 3 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 97%, el mes de diciembre se tuvo un consumo total de 102 Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), con pérdidas prematuras de 5 barras, alcanzando un rendimiento optimo esperado de 102%.

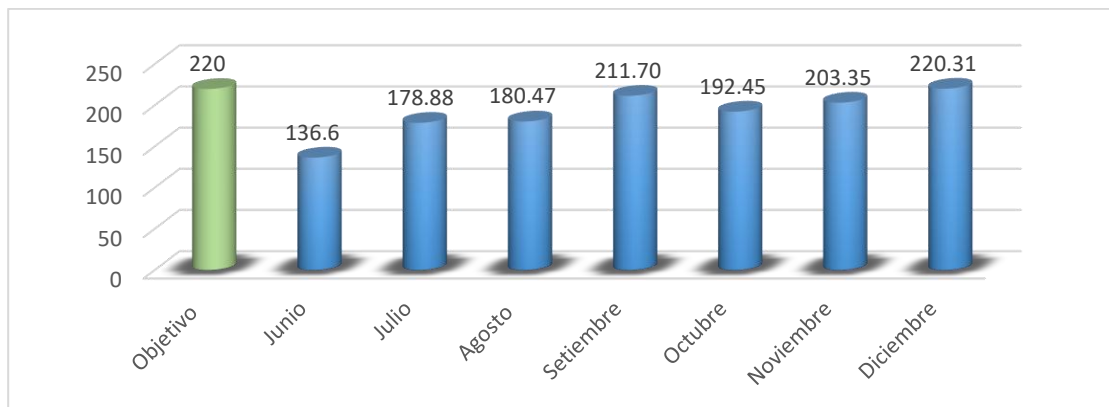
Tabla 38

Rendimiento de Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')

	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
MP	136.6	178.90	184.5	211.7	192.5	203.3	220.3
Consumo	47	51	49	35	37	46	50
Pérdidas Pr.	18	10	8	3	7	3	0
Rendimiento	62%	81%	84%	96%	87%	92%	100%

Figura 102

Rendimiento de Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')



Interpretación de los resultados obtenidos del control de los aceros de perforación:

Se tiene 06 equipos SIMBA modelo S7D que fueron parte del elemento de la investigación; JUM-0312-YA, JUM-0318-YA, JUM-0320-YA, JUM-0321-YA, JUM-0322-YA, JUM-0324-YA, que vienen operando. El mes de junio se tuvo un consumo total de 48 Barra Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4'), con pérdidas prematuras de 18 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 62%, el mes de julio se tuvo un consumo total de 51 Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4'), con pérdidas prematuras de 10 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 81%, el mes de agosto se tuvo un consumo total de 49 Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4'), con pérdidas prematuras de 8 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 84%, el mes de setiembre se tuvo un consumo total de 35 Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4'), con pérdidas prematuras de 3 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 96%, el mes de octubre se tuvo un consumo total de 37 Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4'), con pérdidas prematuras de 7 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 87%, el mes de noviembre se tuvo un consumo total de 46 Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4'), con pérdidas prematuras de 3 barras, alcanzando solamente un rendimiento de 92%, el mes de diciembre se tuvo un consumo total de 50 Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4'), con pérdidas prematuras de 0.0 barras, alcanzando un rendimiento optimo esperado de 100%.

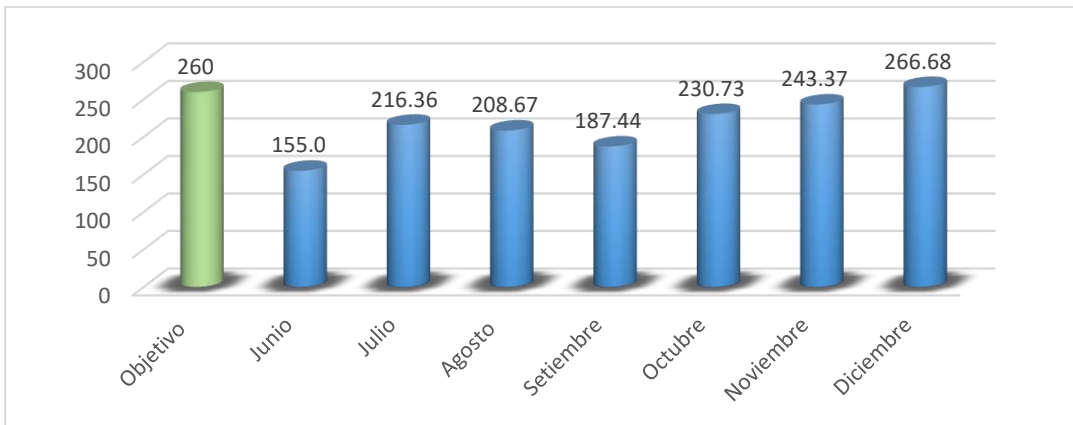
Tabla 39

Rendimiento de Broca Retractil T38 64mm - 9ins

	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mp	155.0	216.40	201.2	187.4	230.7	234.4	266.7
Consumo	147	127	127	127	96	110	127
Pérdidas	59	54	38	37	16	7	3
Rendimiento	60%	83%	81%	72%	89%	94%	103%

Figura 103

Rendimiento de Broca Retractil T38 64mm - 9ins



Interpretación de los resultados obtenidos del control de aceros de perforación:

Se tiene 06 equipos SIMBA modelo S7D que fueron parte del elemento de la investigación JUM-0312-YA, JUM-0318-YA, JUM-0320-YA, JUM-0321-YA, JUM-0322-YA, JUM-0324-YA, que vienen operando. El mes de junio se tuvo un consumo total de 147 Broca Retractil T38 64mm - 9ins, con pérdidas prematuras de 59 brocas, alcanzando solamente un rendimiento de 60%, el mes de julio se tuvo un consumo total de 127 Broca Retractil T38 64mm - 9ins, con pérdidas prematuras de 54 brocas, alcanzando solamente un rendimiento de 83%, el mes de agosto se tuvo un consumo total de 127 Broca Retractil T38 64mm - 9ins, con pérdidas prematuras de 38 brocas, alcanzando solamente un rendimiento de 81%, el mes de setiembre se tuvo un consumo total de 127 Broca Retractil T38 64mm - 9ins, con 37 de perdidas prematuras, alcanzando solamente un rendimiento de 72%, el mes de octubre se tuvo un consumo total de 96 Broca Retractil T38 64mm - 9ins, con pérdidas prematuras de 16 brocas, alcanzando solamente un rendimiento de 89%, el mes de noviembre se tuvo un consumo total de 110 Broca Retractil T38 64mm - 9ins, con pérdidas prematuras de 07 brocas, alcanzando solamente un rendimiento de 94%, el mes de diciembre se tuvo un consumo total de 127 Broca Retractil T38 64mm - 9ins, con pérdidas prematuras de 3 brocas, alcanzando un rendimiento optimo esperado de 103%.

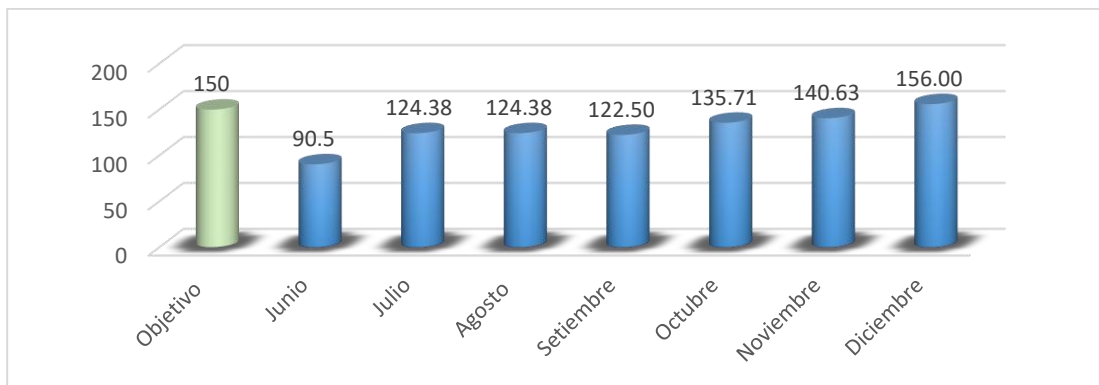
Tabla 40

Rendimiento de Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot

	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
MP	90.5	124.40	124.4	122.5	135.7	140.6	156
Consumo	11	8	8	6	7	8	9
Pérdidas Pr.	2	2	2	3	1	1	0
Rendimiento	60%	83%	83%	82%	90%	94%	104%

Figura 104

Rendimiento de Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot



Interpretación de los resultados obtenidos del control de aceros de perforación: Se tiene 06 equipos SIMBA modelo S7D que fueron parte del elemento de la investigación; JUM-0312-YA, JUM-0318-YA, JUM-0320-YA, JUM-0321-YA, JUM-0322-YA, JUM-0324-YA, que vienen operando. El mes de junio se tuvo un consumo total de 11 Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, con pérdidas prematuras de 02 rimadoras, alcanzando solamente un rendimiento de 60%, el mes de julio se tuvo un consumo total de 8 Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, con pérdidas prematuras de 02 rimadora, alcanzando solamente un rendimiento de 83%, el mes de agosto se tuvo un consumo total de 8 Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, con pérdidas prematuras de 02 rimadoras, alcanzando solamente un rendimiento de 83%, el mes de setiembre se tuvo un consumo total de 06 Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, con pérdidas prematuras de 03 rimadoras, alcanzando solamente un rendimiento de 82%, el mes de octubre se tuvo un consumo total de 07 Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, con pérdidas prematuras de 01 rimadoras, alcanzando solamente un rendimiento de 90%, el mes de noviembre se tuvo un consumo total de 08 Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, con pérdidas prematuras de 01 rimadoras, alcanzando solamente un rendimiento de 94%, el mes de diciembre se tuvo un consumo total de 09 Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, con pérdidas prematuras de 00 rimadoras, alcanzando un rendimiento optimo esperado de 104%.

4.4.2 Evaluación de los costos de aceros de perforación

A través de los controles implementados como la asistencia técnica, reconocimiento de las características físicas del macizo rocoso, controles de los componentes de boom de perforación, controles de presión de perforación del equipo, mantenimiento de la columna de aceros de perforación, , capacitación al personal y supervisión enfocados al control de la columna de perforación se puede apreciar en la siguiente tabla el descenso de los costos en perdida que la empresa enfrenta hasta el mes de junio del año 2023.

Tabla 41

Resumen de perdida de costos por meses del año 2023

Accesorios	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Shank Cop1838 T38 D52 L525mm	-1116,1	- 1,470,26	-917,70	-321,76	-422,64	-328,91	1734,84
Shank Cop1838 T38 D38 L435mm	-266,1	- 357,79	-117,07	963,20	1058,34	1206,65	1527,70
Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')	-3296,1	- 3,931,27	-3317,82	150,42	187,87	212,40	224,05
Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')	-3206,3	- 1,715,73	-1584,90	211,70	192,45	203,35	220,31
Broca Retractil T38 64mm - 9ins	-7122,0	- 4,538,08	-3848,82	187,44	230,73	243,37	266,68
Broca Escariadora T38 127mm (5")	-1105,0	- 505,00	-655,00	122,50	135,71	140,63	156,00
Dom C/Pilot							

Dentro de los aceros que mayor relevancia, se tiene el ahorro de Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, como se puede apreciar en la tabla donde a partir del mes de setiembre a diciembre se tiene una ganancia en mes de diciembre de 1527 \$ y el de menor recuperación se tiene a la Broca Escariadora T38 127mm (5") se tiene una ganancia en mes de diciembre de 156 \$, así mismo se puede apreciar que dentro de los elementos de la columna de acero el componente de mayor perdida correspondió al uso de la Broca Retractil T38 64mm - 9ins con una pérdida de 7122 \$

Figura 105

Costos de Shank Cop1838 T38 D52 L525mm

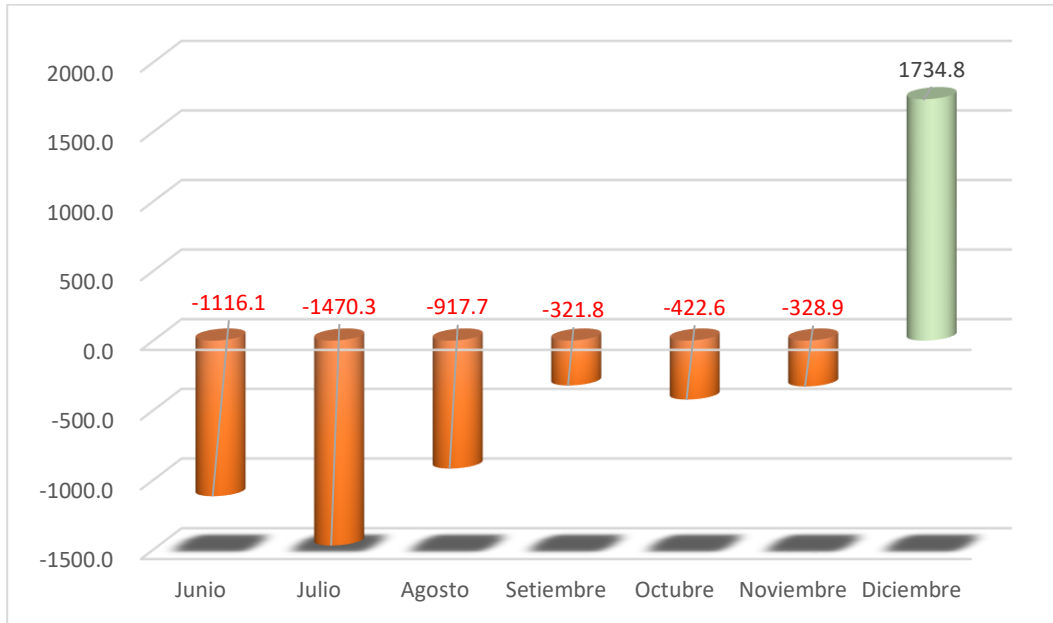


Figura 106

Costos de Shank Cop1838 T38 D38 L435mm

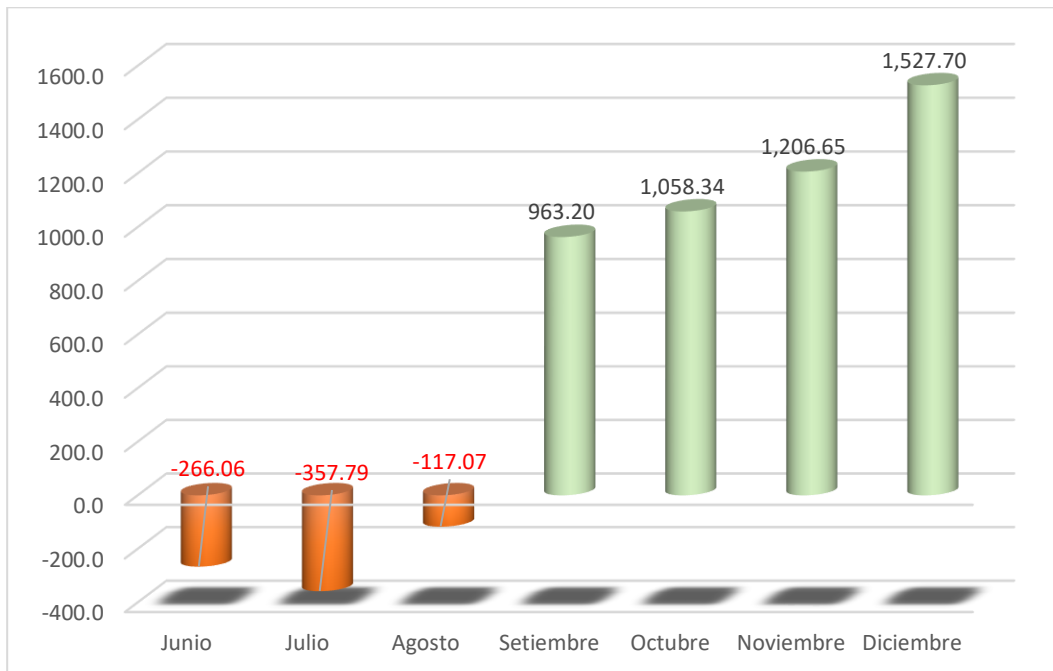


Figura 107

Costos de Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5')

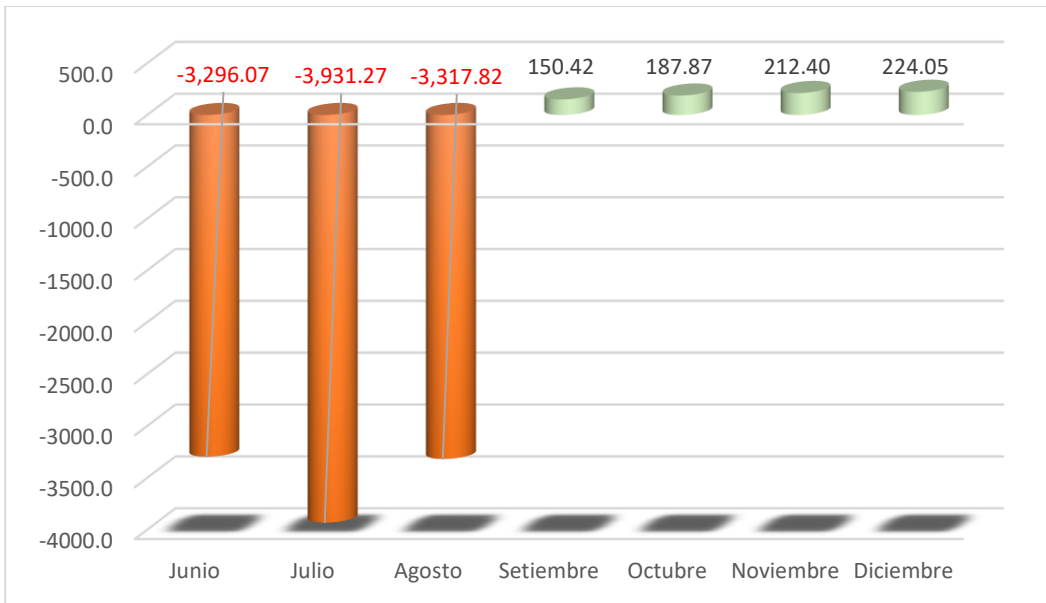


Figura 108

Costos de Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4')

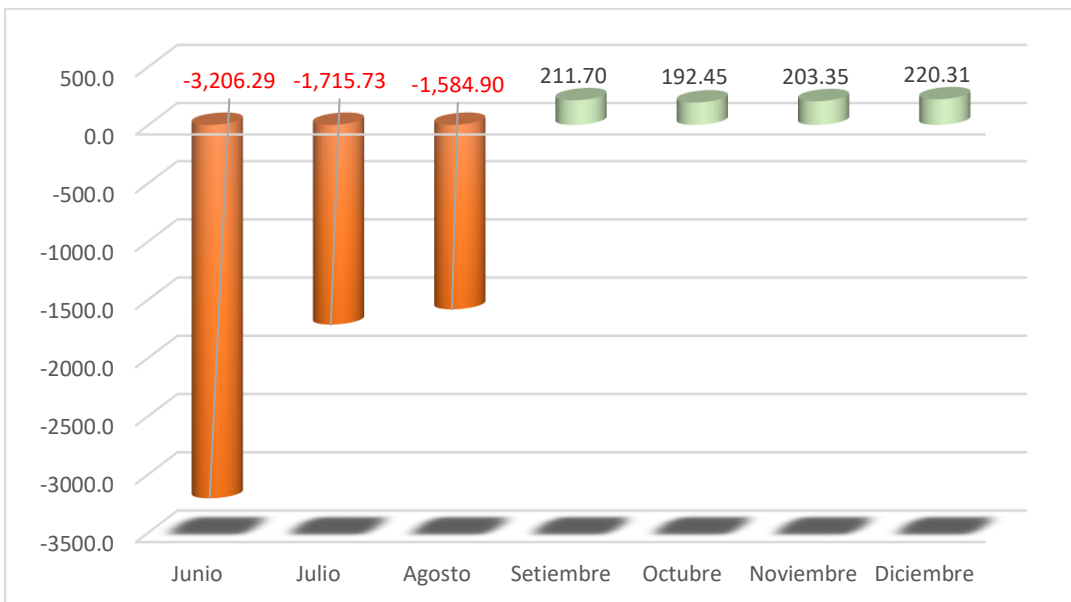


Figura 109

Costo de Broca Retractil T38 64mm – 9 ins

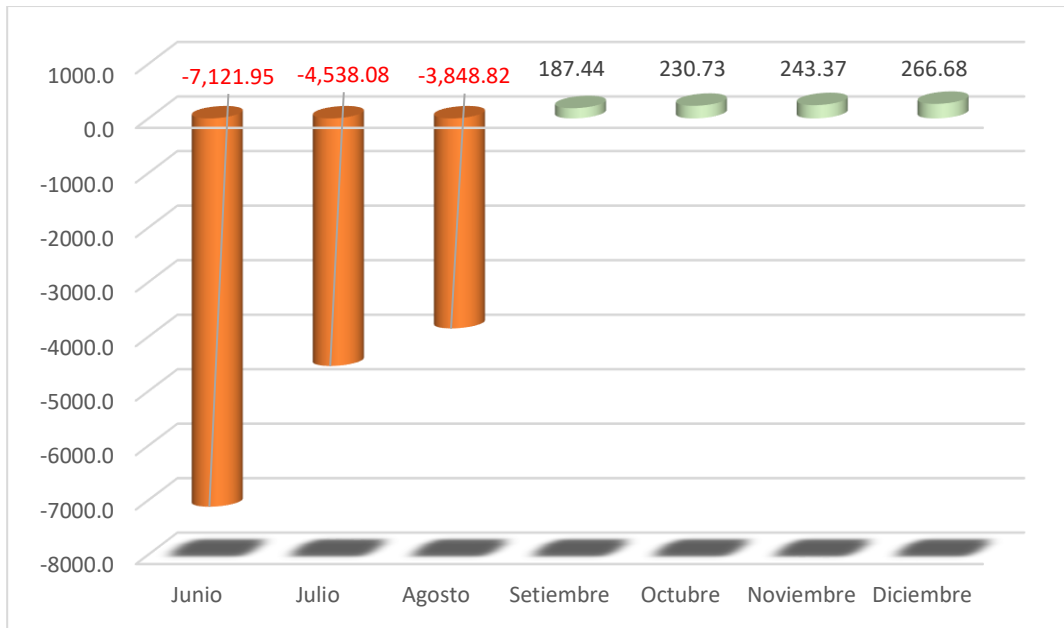
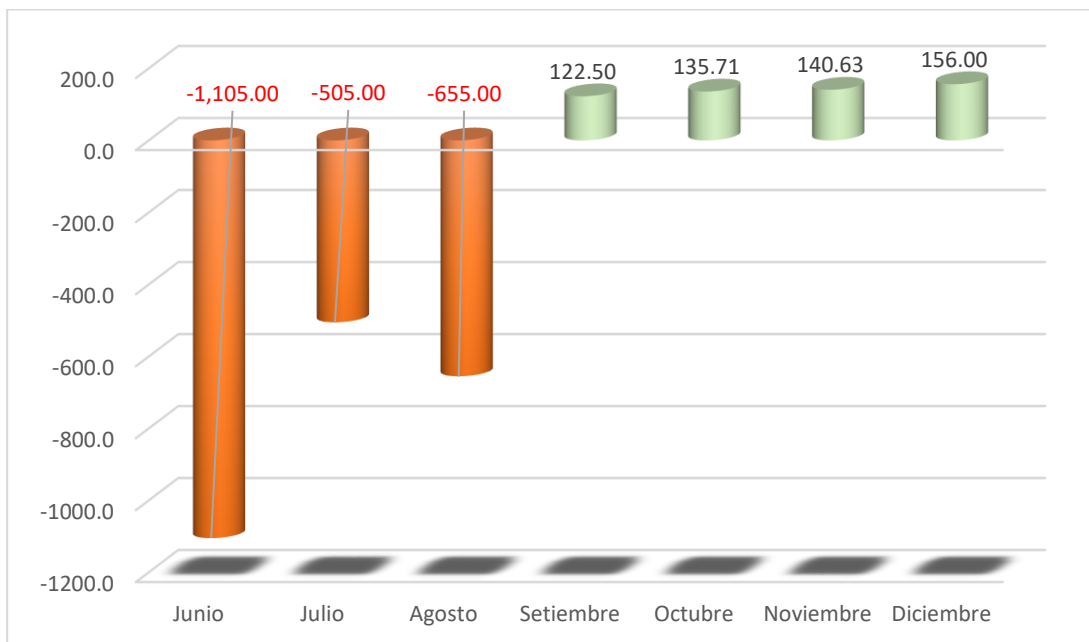


Figura 110

Costos de Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot



4.4.3 Prueba de normalidad

Sahpiro – Wilk, aplicamos por que los datos son menores a 50 datos, para verificar si se tiene o no una distribución normal

Tabla 42

Pruebas de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Shank_L525	,384	4	.	,774	4	,063
Shank_L435	,221	4	.	,930	4	,594
Barra_5tf	,217	4	.	,941	4	,660
Barra_4ft	,155	4	.	,994	4	,977
Broca_retractil	,234	4	.	,964	4	,803
Broca_escariadora	,195	4	.	,990	4	,955

a. Corrección de la significación de Lilliefors

De acuerdo a la tabla se puede observar los valores de p

- Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, p=0.063
- Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, p=0.594
- Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), p= 0.660
- Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4'), p=0.977
- Broca Retractil T38 64mm - 9ins, p=0.803
- Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, p=0.955

Los valores de p en todos los componentes son mayores a α , donde $\alpha=0.05$, por lo tanto, los componentes tienen distribución normal

4.4.4 Prueba de hipótesis

Hipótesis de investigación: La evaluación de las pérdidas prematuras mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la unidad operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. 2023.

Para poder realizar la prueba se analizó cada componente de la columna de aceros de perforación, que se muestran en la siguiente figura para lo cual se realiza la prueba T

Tabla 43*Prueba de hipótesis para Shank Cop1838*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 1500						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Shank_L435	-2,518	3	,086	-311,02750	-704,1239	82,0689
Shank_L525	-,603	3	,589	-60,11750	-377,1919	256,9569

Tabla 44*Prueba de hipótesis para Barra Mf T38 R39 T38*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 220						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Barra_5tf	-1,617	3	,204	-26,31500	-78,1048	25,4748
Barra_4ft	-2,194	3	,116	-13,04750	-31,9704	5,8754

Tabla 45*Prueba de hipótesis para Broca Retractil T38 64mm - 9ins*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 260						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Broca_retractil	-1,680	3	,191	-27,94500	-80,8730	24,9830

Tabla 46*Prueba de hipótesis para Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 150						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Broca_escariadora	-1,632	3	,201	-11,29000	-33,3079	10,7279

El grado de confianza es de 95% por lo que el grado de error es 0.05, de acuerdo a las figuras anteriores e, se puede observar los valores de α son:

- Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, $\alpha = 0.086$
- Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, $\alpha = 0.589$
- Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), $\alpha = 0.204$
- Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4'), $\alpha = 0.116$
- Broca Retractable T38 64mm - 9ins, $\alpha = 0.191$
- Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, $\alpha = 0.201$

Los valores de p en todos los componentes son mayores a α , es decir mayor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis, concluyendo que la evaluación de las pérdidas prematuras y los controles aplicados a partir de setiembre 2023, muestran resultados favorables en la reducción de costos y rendimientos de los accesorios de la columna de perforación

Conclusiones

- La evaluación de las pérdidas prematuras se realizó a partir del mes de junio del 2023, los controles implementados permitieron optimizar la vida útil de la columna de aceros de perforación en un 104 % para el mes de diciembre.
- Es de importancia conocer las características físicas del macizo rocoso, esta caracterización permite hacer una relación de resistencia y determinar la vida útil de los accesorios de perforación en función al tipo de roca, la data obtenida nos da como resultado que para Shank Cop1838 T38 D52 L525mm, llega a una vida útil de 1734 m, para el Shank Cop1838 T38 D38 L435mm, llega a una vida útil de 1527 m, para la Barra Mf T38 R39 T38 L1525mm (5'), llega a una vida útil de 224 m, para la Barra Mf T38 R39 T38 L1220mm (4') , llega a una vida útil de 220 m, para la Broca Retractil T38 64mm - 9ins, llega a una vida útil de 266 m, para la Broca Escariadora T38 127mm (5") Dom C/Pilot, llega a una vida útil de 156 m, los cuales indican que los controles implementados mejora significativamente el rendimiento de aceros de perforación.
- El control de los parámetros de perforación del equipo Simba modelo S7D, se debe mantener dentro de; para presión de rotación debe ser 45 bar, presión de percusión en baja 135bar y en alta 180bar, presión de avance en baja 40bar y alta 100bar, RPM para broca de 64mm con 160 y para rimadora de 127mm con 125, presión de barrido en 12bar de agua y 10bar de aire, los cuales mejora significativamente el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos, como resultado, un rendimiento óptimo.
- Cambiar oportunamente el los componetes de boom de perforación o módulo de perforación; Driver, Stop Ring, Guide, Sellos de agua, Slide bar, slide piece, Pines y bocinas, Centralizar la mesa de perforadora con la mordaza, etc. mejora significativamente el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos de SIMBA modelo S7D.
- Uno de los controles fundamental para garantizar el rendimiento de los accesorios de la comuna de perforación es la inspección técnica frecuente realizada IN SITU, que sin duda se reconoce las anomalías que generan fallas o desgastes prematuros de los aceros y permite tomar decisiones oportunas para la mejora del rendimiento de los mismos.
- El mantenimiento de los aceros y aguzado de las brocas, con un control estricto y oportuno permite mejorar el rendimiento de los aceros de la columna de perforación, para lo cual es importante disponer de ambientes equipados y equipos adecuados.
- Para el tipo de roca III, que es frecuente en la Unidad Operativa San Cristóbal el recomendable el uso de tipo de broca con insertos esféricas.

Recomendaciones

- Es importante realizar el seguimiento frecuente al cambio del tipo de roca en las labores, para determinar la dureza, Resistencia a la Compresión, abrasividad, textura, estructura, etc. Para designar una calidad específica de accesorio de perforación que tenga en su composición metalúrgica para terrenos como la de la in situ en particular, con lo cual garantizar la vida útil de los accesorios en función a la caracterización del macizo rocoso.
- Realizar seguimiento minucioso a todos los equipos de perforación, en coordinación con el mantenimiento mecánico, regular los parámetros de perforación de acuerdo al tipo de terreno, regular o realizar cambio de los componentes de boom o módulo de perforación que se encuentran muy dañados o muy desgastados.
- Realizar capacitaciones y entrenamientos a todo el personal involucrados a perforación con equipos en cuestión a fin de cumplir con los parámetros de perforación, revisión de componentes del equipo y su mantenimiento respectivo.
- Se debe de automatizar el seguimiento a los desvíos y inspecciones técnicas realizadas en campo a fin de garantizar el cumplimiento de objetivos programados.
- Implementar taller en interior mina para aguzado de brocas, equipos y herramientas de control, recursos para el mantenimiento de la columna de perforación, con lo cual garantizar el rendimiento de aceros.
- Es necesario realizar pruebas con distintos tipos de diseño de broca en los diversos frentes de trabajo a fin de practicar la mejora continua y determinar el diseño óptimo para cada tipo de roca.

Referências Bibliográficas

- Aima Jalisto, J. (2021). *Optimización de la perforación mediante la ampliación del diámetro de taladros largos en el método tajeo por subniveles en la mina Marcapunta Norte – El Brocal – Pasco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Obtenido de renati: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5596>
- Aparco Huillcas, A., & Garcia de la Cruz, J. A. (2019). *Optimización de la vida útil de los aceros de perforación para la reducción de los costos en Mina San Vicente - CIA San Ignacio de Morococha S.A.A* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Obtenido de Repositorio UNH: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3180>
- Carrasco, S. (2006). *Métodos de la investigación científica*. San Marcos .
- Cerron Acosta, O. (2020). *Evaluación geomecánica del macizo rocoso para la elección de los aceros de perforación en taladros largos de la Unidad Minera Carahuacra, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Obtenido de Repositorio Institucional Continental: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/9777>
- Cordova, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial* (5ta ed.). MOSHERA S.R.L.
- Cosme Camarena, D. A. (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.*[Tesis para Optar el Título de ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Centro del Perú] . Obtenido de Repositorio UNCP: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3167>
- Epiroc Minería e Ingeniería Civil España S.L.U. (2023). *Simba S7, Una precisión que cambia las reglas del juego*. Obtenido de Simba S7 - Epiroc: <https://www.epiroc.com/es-es/products/drill-rigs/production-drill-rigs/simba-s7>
- Epiroc Rock Drills AB. (26 de 06 de 2020). *Manual de Mantenimiento Simba S7 D*. Obtenido de Epiroc Rock Drills AB: <https://www.epiroc.com>
- Epiroc Rock Drills AB. (22 de 10 de 2021). *Maintenance COP 1838HD + VER. F Hydraulic Rock Drill*. Obtenido de Epiroc Rock Drills AB: <http://www.epiroc.com>
- Espinoza Bonilla, O. F. (2018). *Optimización de la rentabilidad en las operaciones de las vetas San Cristóbal Sur Oeste de la mina San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion]. Obtenido de Repositorio Institucional UNDAC: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/961/1/T026_71198104_T.pdf
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGRAW-HILL.

- Jáuregui Aquino, O. A. (2011). *Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]*. Obtenido de PUCP: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/696>
- López Jimeno, C., López Jimeno, E., & García Bermúdez, P. (2003). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid: IGME Rios Rosas, 23.
- Mayoral Fernández, R. (2012). *Optimización técnico-económica de perforación de barrenos en terrenos homogéneos : búsqueda de leyes de desgaste para bocas de perforación [Tesis de doctorado, Universidad de Oviedo]*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo: <http://hdl.handle.net/10651/13154>
- Ore Acuña, C. (9 de 12 de 2019). *Optimización del uso de aceros de perforación para el método de minado Bench and Fill en la Veta Mary unidad minera Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A.Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas,Universidad Continental, Huancayo, Perú*. Obtenido de Repositorio Institucional Continental: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7019>
- Quito M., C. J., & Babilonia J., R. (2020). *Análisis de la vida útil de aceros de perforación para evaluar costos operativos en galerías Compañía Minera San Cristobal S.A.A [Titulo de pregrado, Universidad Continental]*. Obtenido de Repositorio Institucional Continental: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8523>
- Sandvik Rock Tools. (01 de 11 de 2020). *Guía de análisis de fallas en aceros de perforación*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com>
- Sandvik Rock Tools. (s.f.). *Manual de perforacionde rocas, Teoria y Tecnica*. Suecia, Suecia: Gavle Offset AB.
- Solorza Vasquez, D. (s.f.). *Manual de perforacion radial*. Chile: CODELCO Mina El Teniente-Superintendencia Mina . Obtenido de <https://es.scribd.com/document/415174091/Operacion-de-Perforadoras-Jumbo-Radial>
- Solorza Vasquez, D. (s.f.). *Manual de Perforacion Radial*. Obtenido de MAQUINARIAS PESADAS.org: www.MAQUINARIASPESADAS.org
- Villalta Colca, R. (2018). *Aplicación del método de explotación por taladros largos en veta virginia de la Unidad San Cristobal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]*. Obtenido de Repositorio Institucional - UNAP: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/8198>

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: Evaluación de pérdidas prematuras y su incidencia en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la UO San Cristóbal, CIA Minera Volcan S.A.A. 2023

Problema	Objetivo	Hipotesis	Variables	Metodología de Investigación
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	V. Dependiente	
¿Cómo influye las pérdidas prematuras en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la unidad operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. 2023?	Evaluar las pérdidas prematuras para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la unidad operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. 2023.	La evaluación de las pérdidas prematuras mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la unidad operativa San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A. 2023.	V. dependiente <ul style="list-style-type: none"> Rendimiento de accesorios de la columna de perforación. indicadores: Metros perforados (Und)	Método de investigación Científico Tipo de investigación Aplicada Nivel de investigación Cuasi-experimental Diseño de investigación Experimental Universo Unidad minera San Cristóbal. Población Tajos de producción de la mina Muestra Zona Alta - Nv 300 “ferramina”. TAJO Zona Media – Nv 840 TAJO Zona Baja – Nv 1370 TAJO
Problema Especifico	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	V. Independiente	
¿Como influyen las características mecánicas en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación?	Verificar las características mecánicas para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.	Conocer adecuadamente las características mecánicas mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.	<ul style="list-style-type: none"> Pérdidas prematuras de los aceros de perforación. Indicadores: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Caracterización mecánica. ✓ Parámetros de perforación del equipo. ✓ Estado de los componentes de módulo de perforación. ✓ Mantenimiento preventivo de los accesorios. 	
¿De qué manera los parámetros de perforación del equipo afectan en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación?	Precisar cómo influye los parámetros de perforación de los equipos para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.	Regular adecuadamente los parámetros de perforación mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.		
¿Por qué el estado de los componentes de módulo de perforación afecta en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación?	Identificar el estado de los componentes de módulo de perforación para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.	Los componentes de módulo de perforación en óptimas condiciones mejor el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.		
¿En qué medida el mantenimiento preventivo de los aceros mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación?	Diagnosticar el tiempo de mantenimiento de los aceros para mejorar el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.	El mantenimiento preventivo mejora el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación.		




Samsung Camera
Sacada con mi R. Mequias



Samsung Camera
Sacada con mi R. Mequias



Samsung Camera
Sacada con mi R. Mequias



Samsung Camera
Sacada con mi R. Mequias







ANEXOS



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 011-2025-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal No 087-2025-FIMGC-D**, a los seis días del mes de **mayo de 2025**, siendo las **4:00 p.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas**, bajo la presidencia del **Dr. Indalecio QUISPE RODRÍGUEZ**, y los miembros: **MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO**, **Dr. Ing. Andrés PORTUGAL PAZ** y **MSc. Ing. Edmundo CAMPOS ARZAPALO**, actuando como secretario docente el **MSc. Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero de Minas**, del bachiller en Ciencias de Ingeniería de Minas:

Ramon Mequias CHAVEZ ORELLANA

Quien presentó la tesis denominada:

Evaluación de pérdidas prematuras y su incidencia en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la UO San Cristóbal, CIA Minera Volcan S.A.A., 2023

Los señores miembros del jurado luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

Aprobado con dieciséis (16)

Siendo las **5:30 p.m.** del día **06 de mayo del 2025**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad de lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

Dr. Indalecio QUISPE RODRÍGUEZ
Presidente

MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO
Miembro

Dr. Ing. Andrés PORTUGAL PAZ
Miembro

MSc. Ing. Edmundo CAMPOS ARZAPALO
Miembro - Asesor

MSc. Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ
Secretario docente de la FIMGC

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151



UNSCH

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe; en mi calidad de Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación y encargado de certificar la originalidad de la tesis abajo indicado y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de pregrado en primera instancia, en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación UNSCH, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : CHAVEZ ORELLANA, Ramon Mequias
- Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Título de la Tesis : Evaluación de pérdidas prematuras y su incidencia en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la UO San Cristóbal, CIA Minera Volcan S.A.A., 2023
- Evaluación de la originalidad : 22% de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente la constancia de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 22 de mayo de 2025

.....
MBA Ing° Leonil Fernando Quispe Aronés
Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación

Evaluación de pérdidas prematuras y su incidencia en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la UO San Cristóbal, CIA Minera Volcan S.A.A., 2023

por Ramon Mequias Chavez Orellana

Fecha de entrega: 22-may-2025 09:49p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2682682579

Nombre del archivo: TESIS_RAMON_MEQUIAS_CHAVEZ_ORELLANA.pdf (8.36M)

Total de palabras: 33358

Total de caracteres: 183744

Evaluación de pérdidas prematuras y su incidencia en el rendimiento de los accesorios de la columna de perforación en taladros largos en la UO San Cristóbal, CIA Minera Volcan S.A.A., 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
3	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	1library.co Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
10	pdfcoffee.com Fuente de Internet	1%
11	core.ac.uk Fuente de Internet	

<1 %

12

www.epiroc.com

Fuente de Internet

<1 %

13

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

14

www.inacap.cl

Fuente de Internet

<1 %

15

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

16

Submitted to uni

Trabajo del estudiante

<1 %

17

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

18

vsip.info

Fuente de Internet

<1 %

19

repositorio.uni.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

20

repositorio.unamba.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

21

riaa-tecno.unca.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

22

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

vbook.pub

Fuente de Internet

<1 %

24

idoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

25

Stratabound Ore Deposits in the Andes, 1990.

Publicación

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo