

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**“MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE PIES PERFORADOS Y SU
INFLUENCIA EN EL ALTO CONSUMO DE BROCAS EN LA RAMPA SANDRA
DE U.P SANTA MARÍA – CIA. MINERA PODEROSA – LA LIBERTAD”**

Presentado por:

Bach. Frank Anthony Alferes Meza

Para optar al título profesional de

Ingeniero de Minas

Asesor:

Mgt. Edmundo Alarcón Cáceres.

Cusco - Perú

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE PIES PERFORADOS Y SU INFLUENCIA EN EL ALTO CONSUMO DE BROCAS EN LA BOMBA SUMERGIDA DE LA UP. SANTA MARÍA - CIA. MINERA PODEROSA - LA LIBERTAD.

presentado por: FRANK ANTHONY ALFARÉS MEZA con DNI Nro.: 70577559

presentado por: con DNI Nro.:

para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO DE MINAS

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 05 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 14 de agosto de 2023

[Firma]
Firma
Post firma Ing. Eduardo Alarcón C.

Nro. de DNI 23838183

ORCID del Asesor 0000-0002-6890-4001

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: OID:29259:250629277

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis - Frank Alferes Meza FINAL_docx

AUTOR

Frank Alferes Meza

RECUENTO DE PALABRAS

27799 Words

RECUENTO DE CARACTERES

141782 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

169 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

16.7MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 2, 2023 8:49 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 2, 2023 8:51 PM GMT-5**● 5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, Francisco y Mary Luz, por su apoyo incondicional, porque siempre han estado conmigo en diferentes etapas de mi vida, por su maravilloso ejemplo de valores y porque sus consejos me ayudaron a tomar las decisiones correctas.

AGRADECIMIENTO

A mi familia: mis padres, hermanos, cuñada, sobrinos, primos y tíos por brindarme la motivación y enseñanzas de vida.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, mi alma mater, sobre todo a mi E. P de Ing. de Minas, donde tuve experiencias maravillosas durante los años de formación académica.

A la empresa Cía. Minera Poderosa S.A, especialmente a la empresa ECM Marose Contratistas Generales S.A.C por brindarme la confianza y facilidad de desarrollar la presente tesis, así como también favorecer en mi crecimiento profesional, al ingeniero Wilson Cruzado por el apoyo y consejos.

A mi asesor: Mgt. Edmundo Alarcón Cáceres, por su tiempo y dedicación brindada desde el primer día que solicité su apoyo, por la calidad de docente y profesional que es y por la seriedad y madurez en el proceso de ejecución de la presente tesis.

A mi novia Yajaida, por brindarme su apoyo en todos los momentos buenos y malos, por ser parte importante de la motivación en mis objetivos y metas.

A mis amigos: Alvaro, Marcelo, Jefferson, Eddy, Raúl y Vladimir por brindarme su apoyo y cariño en todos estos años de amistad.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN.....	3
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1. Descripción del problema	5
1.2. Formulación del problema	6
1.2.1. Problema General.....	6
1.2.2. Problemas específicos	6
1.3. Objetivos de investigación.....	7
1.3.1. Objetivo General.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Justificación e importancia de la investigación	8
1.5. Limitaciones de estudio	8
1.6. Delimitación de investigación.....	8
1.6.1. Delimitación temporal	8
1.6.1. Delimitación espacial.....	8
1.7. Hipótesis	9
1.7.1. Hipótesis General.....	9
1.7.2. Hipótesis Específicas	9
1.8. Variables de estudio.....	10
1.8.1. Operacionalización de variables	10
1.9. Método de la investigación	10
1.9.1. Tipo y nivel de investigación.....	10
1.10. Población y muestra de la investigación.....	11
1.10.1. Población.....	11
1.10.2. Muestra	11
1.11. Matriz de consistencia.....	12
CAPITULO II. MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	13

2.1 Antecedentes de la investigación	13
2.1.1. Antecedentes internacionales	13
2.1.2. Antecedentes nacionales	14
2.1.3. Antecedentes locales	15
2.2. Bases teóricas	16
2.2.1 Mecánica de rocas	16
2.2.2 La Capacidad de resistencia de rocas	16
2.2.3 Perforación de rocas	20
2.2.4 Métodos mecánicos de perforación	22
2.2.4.1 Perforación rotopercutiva	22
2.2.5 Equipos de perforación	23
2.2.5 Condiciones de perforación	24
2.2.6 Alineación de taladros de perforación	25
2.2.7 Tipos de corte o arranque	25
2.2.7.4.2 Corte cilíndrico tipo rectangular.	28
2.2.8 Diseño de perforación.	29
2.2.9 Aceros de perforación	30
2.2.10. Fragmentación de rocas	35
2.3. Marco conceptual	36
2.3.1. Perforación	36
2.3.2. Tipo de perforación según equipo:	37
2.3.3. Perforación según tipo de trabajo:	37
2.3.4. Explosivos	38
2.3.5. Fundamentos de los explosivos	38
2.3.6. Burden y burden efectivo	39
2.3.7. Espaciamiento y espaciamiento efectivo	39
2.3.8. Concentración de carga lineal	39
2.3.9. Diámetro crítico	39
2.3.10. Desacoplamiento	40
2.3.11. Malla de perforación	40

2.3.12. Jackleg.....	40
2.3.13. Botones	40
2.3.14. Percusión.....	40
2.3.15. Reducción de costos de brocas	40
2.3.16. Rendimiento de brocas.....	40
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN.	42
3.1. Descripción de la unidad de producción Santa María de la CIA. Minera Poderosa.....	42
3.1.1. Ubicación	42
3.1.2. Actividad economica	43
3.1.3. Acceso.....	44
3.1.4. Geología.....	44
3.1.5. Clima y relieve.....	49
3.1.6. Estratigrafía.....	49
3.2. Administración de la unidad de producción Santa María.....	51
3.3. Método de explotación en la unidad de producción Santa María.....	52
3.4. Operaciones unitarias en la U.P Santa María - CIA. minera poderosa.....	54
3.4.1. Perforación en la U.P Santa María - CIA minera poderosa.....	54
3.4.2. Voladura en La U.P Santa Maria – CIA minera poderosa.....	56
3.4.3. Ventilación en la U.P Santa Maria – CIA minera poderosa	64
3.4.4. Desatado de rocas en la U.P Santa Maria – CIA minera poderosa.....	67
3.4.5. Limpieza y acarreo.....	70
3.4.6. Sostenimiento.....	76
3.4.7. Procesamiento metalúrgico.....	80
CAPITULO IV. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE BROCAS EN LABORES DE AVANCE Y PRODUCCIÓN.....	82
4.1 Perforación.....	82
4.1.1. Perforación con jackleg.....	82
4.1.2. Aceros de perforación.....	87
4.1.3. Implementación de las brocas Sandvik en la perforación.....	100
4.1.4 Costos incurridos	116

CAPITULO V. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA	122
5.1. Análisis e interpretación de resultados	122
5.1.1 Fallas que intervienen en el rendimiento de las brocas de perforación	122
5.1.1.5. Mala presión de avance.....	128
5.1.2. Comparación de rendimiento mensual de brocas de la marca boart longyear y Sandvik	132
5.1.3. Comparación del consumo mensual de brocas de la marca boart longyear y Sandvik	134
5.1.4. Comparación de los costos mensuales de brocas de la marca boart longyear y Sandvik	136
5.2. Propuesta de mejora continua	138
5.2.1. Elección de la marca de broca con mayor rendimiento de pies perforados por broca y menor costo.....	138
5.2.2. Capacitación y entrenamiento al personal en el uso correcto de brocas en la operación	140
5.2.3. Inspección rutinaria de aceros de perforación durante y después de su uso.....	141
CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES.....	145
BIBLIOGRAFIA	146
ANEXOS	148

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Operacionalización de variables	10
Cuadro 2 Índice de calidad de roca	16
Cuadro 3 Rango de calificaciones de RMR de 0 a 100	19
Cuadro 4 Parámetros y su rango de valores	19
Cuadro 5 Características básicas de los equipos de perforación	32
Cuadro 6 Acceso a la Unidad de Producción Santa María- Cía. Minera Poderosa S.A.	44
Cuadro 7 Características técnicas del Emulnor	57
Cuadro 8 Características técnicas del Fanel	59
Cuadro 9 Escala de tiempos nominales de retardo	60
Cuadro 10 Características técnicas de componentes del Carmex.....	61
Cuadro 11 Características técnicas del Pentacord	62
Cuadro 12 Características técnicas de la mecha rápida.....	63
Cuadro 13 Diámetro y longitud de las mangas de ventilación.....	65
Cuadro 14 Uso de mangas de ventilación	65
Cuadro 15 Longitud de barrerillas según la sección y tipo de labor	69
Cuadro 16 Longitud de barrerillas según la sección y tipo de labor horizontal	69
Cuadro 17 Longitud de perno helicoidal según la sección.....	78
Cuadro 18 Longitud de perno helicoidal según la sección.....	87
Cuadro 19 Longitud de los Split set según la sección	87
Cuadro 20 Pies perforados por etapa & año-mes.	89
Cuadro 21 Pies perforados por categoría de actividad de servicios y sostenimiento por año-mes.	90
Cuadro 22 Cantidad de brocas usadas por año-mes.....	91
Cuadro 23 Rendimiento de pies perforados por broca.....	93
Cuadro 24 Barras acodadas y cónicas marca Boart longyear.....	96
Cuadro 25 Cantidad de barras usadas por tamaño mensual	97
Cuadro 26 Rendimiento de pies perforados por barra.....	98
Cuadro 27 Distancia entre taladros en función a la dureza de la roca.....	102
Cuadro 28 Relación de la dureza de la roca con el coeficiente	102
Cuadro 29 Seguimiento de avance por día y su cumplimiento de meta del mes de abril	104
Cuadro 30 Seguimiento de avance por día y su cumplimiento de meta del mes de Mayo.....	107
Cuadro 31 Seguimiento de avance por día y su cumplimiento de meta del mes de Junio	109
Cuadro 32 Seguimiento de avance por día y su cumplimiento de meta del mes de Julio	111
Cuadro 33 Rendimiento de pies perforados mensual por broca Sandvik en la Rampa Sandra	114
Cuadro 34 Estructura de costos de perforación y voladura en la Rampa Sandra	117
Cuadro 35 Costo mensual.....	121
Cuadro 36 Comparación de fallas en la barrenación con alto volumen de agua en el barrido	123

Cuadro 37 <i>Comparación de fallas en el uso de brocas gastadas</i>	125
Cuadro 38 <i>Comparación de fallas en la selección inadecuada de broca</i>	126
Cuadro 39 <i>Comparación de fallas en el mal emboquillamiento y percusión en vacío</i>	127
Cuadro 40 <i>Comparación de fallas con la presión de avance</i>	129
Cuadro 41 <i>Comparación de fallas con la baja resistencia de tensión y compresión en botones</i>	130
Cuadro 42 <i>Comparación de fallas en barrenación en roca dura y uso de brocas con botón desgastado</i>	132
Cuadro 43 <i>Comparación de rendimiento mensual de brocas en la Rp Sandra</i>	133
Cuadro 44 <i>Consumo de brocas mensual</i>	135
Cuadro 45 <i>Costo mensual en brocas en la Rampa Sandra</i>	137
Cuadro 46 <i>Seguimiento de comportamiento de brocas en la rampa sandra</i>	139

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Puntaje RQD de testigos de interrogatorio	17
Imagen 2 Estimación de JV y su clasificación del tamaño de bloque basado en la distancia de juntas y el número de familias.	18
Imagen 3 Velocidad de penetración VS empuje.....	21
Imagen 4 Reglas de perforación de roca	21
Imagen 5 Principios que intervienen en la perforación de rocas	22
Imagen 6 Perforadora RNP Jack Leg Modelo RNS83FX - FL7.....	24
Imagen 7 Corte pirámide o diamante.	26
Imagen 8 Corte quemado o paralelo.	26
Imagen 9 Corte tipo cuña	27
Imagen 10 Arranque cilíndrico tipo hexagonal para una sección de 3.5mx3.5m	28
Imagen 11 Arranque cilíndrico tipo rectangular para una sección de 3.5mx3.5m	28
Imagen 12 Zonas en un frente de avance.....	30
Imagen 13 Accesorios de perforación	31
Imagen 14 Brocas de perforación Sandvik.....	33
Imagen 15 Adaptador piloto y broca escariadora.....	34
Imagen 16 Acción del explosivo	36
Imagen 17 Ubicación de la U.P Santa María de la Compañía Minera Poderosa S.A	43
Imagen 18 Geología y formación de yacimiento por edades.	47
Imagen 19 Columna esquemática de la parte oeste del valle de río marañón.	51
Imagen 20 Máquina perforadora marca RNP/Tipo Jack Leg Modelo RNS83FX – FL7.....	56
Imagen 21 Instalación de manga de ventilación y alcayata	64
Imagen 22 Instalación de manga de ventilación en sección de 2.5mx2.7m vista Perfil	67
Imagen 23 Juego de barretillas	68
Imagen 24 Winche de rastrillaje Modelo FF -211.....	70
Imagen 25 Cámara de winche eléctrico de 30 HP	71
Imagen 26 Rastrillo	73
Imagen 27 Plano general de limpieza con pala neumática	74
Imagen 28 Locomotora a batería	75
Imagen 29 Inflado de Jackpack	76
Imagen 30 Cuadro de madera en galería, rampa y cortada.....	77
Imagen 31 Instalación de perno helicoidal y detalle de tuerca y placa de sujeción.....	79
Imagen 32 Sostenimiento con cimbras metálicas en secciones de 2.5mx2.5m	80
Imagen 33 Planta de beneficio Santa Maria – Cia Minera Poderosa.....	80
Imagen 34 Vista de perfil de plataforma con caballete en una sección de 2.50mx2.70m	83
Imagen 35 Malla de perforación en labores horizontales de sección 2.50mx2.70m	84

Imagen 36 <i>Malla de perforación en tajos</i>	85
Imagen 37 <i>Broca de botones conicos de 32mm y 34mm Boart longyear</i>	88
Imagen 38 <i>Barreno gastado con rotura de botones</i>	123
Imagen 39 <i>Broca gastada con agrietamiento</i>	124
Imagen 40 <i>Broca con agrietamiento entre botones</i>	125
Imagen 41 <i>Broca con rajadura completa</i>	127
Imagen 42 <i>Broca con pérdida de botones</i>	128
Imagen 43 <i>Broca con pérdida del botón bajo el nivel del cuerpo</i>	130
Imagen 44 <i>Broca con pérdida de botón al nivel de la base</i>	131
Imagen 45 <i>Capacitación a personal involucrado en la perforación de frentes de trabajo</i>	141
Imagen 46 <i>Medición de longitud de perforación</i>	142
Imagen 47 <i>Barra de acero de la marca bort longyear</i>	148
Imagen 48 <i>Instalación de manga de ventilación en sección de 2.5mx2.7m vista Perfil</i>	148
Imagen 49 <i>Cantidad de cartuchos de cemento y resina empleadas por longitud de perno</i>	149
Imagen 50 <i>Sostenimiento con perno helicoidal y malla en sección 2.5mx2.7m con malla metálica de 2.00m</i>	150
Imagen 51 <i>Sostenimiento con Sostenimiento con cimbras metálicas en secciones de 2.5mx2.5m</i>	151
Imagen 52 <i>Ventilador Auxiliar Removex</i>	152
Imagen 53 <i>Medición de avance por disparo en frente de trabajo</i>	153
Imagen 54 <i>Charla de seguridad con trabajadores de la empresa Marose</i>	154
Imagen 55 <i>Capacitación a perforista en frente de trabajo</i>	154
Imagen 56 <i>Plano geomecánico en labores de explotación</i>	155
Imagen 57 <i>Plano de la Rampa Sandra</i>	156

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1 <i>Avance disparo por guardia vs Prog. diario – Abril 2021</i>	106
Gráfica 2 <i>Avance disparo por día vs Prog. diario – Mayo 2021</i>	108
Gráfica 3 <i>Avance disparo por día vs Prog. diario – Junio 2021</i>	110
Gráfica 4 <i>Avance disparo por día vs Prog. diario – Julio 2021</i>	112
Gráfica 5 <i>Resumen de avance mensual vs Avance programado en Rampa Sandra</i>	113
Gráfica 6 <i>Pies perforados por mes vs Cantidad de brocas usadas por mes en la Rampa Sandra</i>	115
Gráfica 7 <i>Rendimiento brocas Sandvik mensual</i>	116
Gráfica 8 <i>Costos directos de perforación y voladura</i>	120
Gráfica 9 <i>Costo mensual de brocas en la rampa Sandra</i>	121
Gráfica 10 <i>Rendimiento mensual de brocas en la Rp Sandra</i>	134
Gráfica 11 <i>Consumo mensual brocas en la Rampa Sandra</i>	136
Gráfica 12 <i>Costo mensual de brocas en la Rampa Sandra</i>	138
Gráfica 13 <i>Seguimiento de comportamiento de brocas en la rampa Sandra</i>	140

INTRODUCCIÓN

En la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa S.A, la empresa ECM MAROSE CONTRATISTAS GENERALES S.A.C viene incrementado sus trabajos en labores de avance y producción en diferentes niveles de la mina de la veta Samy, dando lugar a mayor demanda de insumos para las diferentes actividades que se realizan, tales como perforación, voladura, ventilación, acarreo y sostenimiento. Dentro del cálculo de requerimiento de insumos de perforación por parte del área de operaciones y logística se identificó una gran demanda en brocas descartables de 36 mm los cuales son utilizados en taladros de producción, y a su vez brocas descartables de 32 mm utilizados en taladros de sostenimiento, las brocas mencionadas son utilizadas empleando perforadoras convencionales Jackleg.

Los aceros de perforación, tiene una gran importancia dentro de las actividades desarrolladas operativamente, pues tiene un porcentaje del 14 % dentro de la estructura de los costos de Perforación y voladura. Dando la importancia que requiere se identificó que los consumos excesivos de brocas a causa del bajo rendimientos de estos incrementaron los costos de perforación, dando así paso a un replanteo de nuevas alternativas de elección en brocas.

Es importante mencionar también que para el presente estudio será necesario reconocer la calidad del macizo rocoso, pues este influye en la elección y diseño de la malla de perforación, el cual definirá el número de taladros según sea el resultado del RMR. Por lo mencionado la cantidad de pies perforados por broca que será nuestro rendimiento de perforación, variará según el resultado de la evaluación.

Para el seguimiento y control de nuevas alternativas de brocas, se dará como opción la elección en prueba de un nuevo producto, dando lugar a un análisis en campo donde los resultados fueron favorables técnico económicamente a comparación de lo que se había utilizado hasta el

momento.

El propósito de este estudio será mejorar el rendimiento de brocas en la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa S.A., mediante la selección óptima de estas, para lo cual se pondrá a prueba dos productos diferentes, considerando un análisis en resultados de consumo mensual y comportamiento de estas. Todo lo mencionado va de la mano con un adecuado uso de buenas prácticas de perforación y aplicabilidad del estándar operativo de perforación con perforadora Jack Leg para labores de producción y avance.

En el capítulo I se describe el marco metodológico, donde mencionamos los problemas, objetivos, alcances, hipótesis, métodos de investigación, población y muestras y matriz de consistencia.

El capítulo II trata de los antecedentes teóricos en los que se describe el contexto de la investigación y los conceptos clave para explicar los diferentes aspectos de la investigación.

El Capítulo III describe la unidad de estudio, en este caso la unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa SA

El capítulo IV detalla el procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo V describo la implementación de las brocas Sandvik en la perforación, donde se detalla el tipo de brocas, estándares operacionales, rendimientos y costos incurridos.

En el capítulo VI se describe el análisis, interpretación de resultados y propuesta de mejora continua.

RESUMEN

Compañía Minera Poderosa es una empresa minera aurífera que opera en Pataz, aproximadamente a 320 Km de la ciudad de Trujillo, entre 1250 a 3000 m.s.n.m. en La Libertad, Perú.

La explotación se realiza mediante una combinación de métodos tradicionales y método trackless. Debido a la naturaleza de la mina, en la limpieza se hace uso de winches eléctricos llevando el mineral a punto de acopio (cámaras), en este punto se recoge el mineral con equipos de bajo perfil para finalmente sean evacuados en vagones. Para la explotación del mineral se emplea el método corte y relleno ascendente y lonja vertical combinada con cámara y pilares. La relación de mineral y ganga es de 1 a 1. Roca estéril y los materiales cuaternarios de las canteras se utilizan como rellenos hidráulicos.

Las cajas se sujetan con pernos de anclaje, malla electrosoldada, cimbras y cuadros de madera y shotcrete, dependiendo de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, durante la exploración, desarrollo y explotación. Las máquinas que se usan en la minería subterránea son más pequeñas que las que se usan en las canteras debido a las limitaciones de tamaño y otros desafíos.

Para la perforación se utiliza perforadoras manuales Jackleg en labores habituales de 2.5mx2.7m, se utilizan brocas de 32mm y 36mm, el tipo de roca en las labores del nivel 2635 es de RMR entre 60 y 80. Después de la implementación de brocas de la marca Sandvik de 36 mm existe una mejora en el rendimiento de perforación de las brocas en comparación de brocas de la marca Boart longyear teniendo así la finalidad del siguiente estudio.

Palabras clave: Rendimiento, brocas descartables, perforación y pies perforados.

ABSTRACT

Cia Minera Poderosa is a gold mining company that operates in the province of Pataz, almost 320 kilometers from the city of Trujillo, at an altitude of 1,250 to 3,000 meters above sea level. in La Libertad, Peru.

Exploitation is carried out by a combination of traditional methods and trackless method. Due to the nature of the mine, when cleaning pits and sublevels, electric winches are used to accumulate the ore in chambers, from where the ore is extracted using low-profile equipment without rails or in hoppers to be vented in mining carts. The most used extraction methods are the ascending cut and vertical slice combined with chamber and pillars. The ratio of ore and gangue is 1:1, that is, to put a ton of ore in the concentrator plant, one ton of waste (clearance) is extracted. Waste rock and quaternary materials from quarries are used as hydraulic fills.

The boxes are fastened with anchor bolts, electro-welded mesh, falsework and wooden and shotcrete frames, depending on the geomechanical properties of the rock mass, during exploration, development and exploitation. Machines used in underground mining are smaller than those used in quarries due to size limitations and other challenges.

For drilling, manual Jackleg drills are used in usual tasks of 2.5mx2.7m, 32mm and 36mm bits are used, the type of rock in the works of level 2635 is RMR between 60 and 80. After the implementation of drill bits With the 36 mm Sandvik brand there is an improvement in the drilling performance of the bits compared to the Boart longyear brand bits, thus having the purpose of the following study.

CAPITULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La Compañía Minera Poderosa S.A.C es una organización especializada en la exploración, explotación, extracción y extracción de minerales auríferos, el método de explotación se lleva a cabo mediante una combinación de métodos tradicionales (sobre rieles) y métodos mecanizados (sin rieles). En las labores de avance y producción se realizan trabajos de perforación y voladura en rocas de 60 a 80 de RMR, se usan barras hexagonales y también se usan brocas cónicas desechables de 36 mm para perforación y perforación de producción, explosivo de 25,1 mm de diámetro iniciados con faneles de periodo largo, brocas descartables de botones de 32 mm para perforación de sostenimiento con pernos helicoidales.

Actualmente se emplean brocas descartables de botones de 36 mm para trabajos de avance y producción. La perforación dentro de las operaciones de la Unidad de Producción Santa María

de la Cia. Minera Poderosa por parte de ECM Marose Contratistas Generales S.A.C no viene teniendo la importancia que debería, donde los rendimientos de las brocas oscilan en 143 pies perforados por broca en labores de avance y producción, indicador menor al objetivo que se tiene que es de 200 pies perforados como mínimo por broca.

Los problemas más comunes que influyen en el rendimiento de las brocas en los trabajos de avance y producción son el desgaste prematuro del cuerpo de la broca, las rajaduras en el borde o faldón, grietas entre los botones y agujeros de barrido, pérdida de botones y presencia de grietas en los botones, todo ello acompañadas de prácticas inapropiadas de trabajo.

Todo lo mencionado influye en el agotamiento de reservas de brocas descartables por parte del área de Almacén y logística de manera constante incrementando el requerimiento de estas por parte del área de operaciones mina.

Por lo indicado en líneas arriba, se requiere realizar un estudio y análisis para mejorar la vida útil de las brocas con marca diferente a las boart longyear y mejorar el rendimiento de los mismos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿A qué se debe el bajo rendimiento de pies perforados por broca de la marca boart longyear y cómo influye en el alto consumo mensual de estas y cuál sería el rendimiento con las brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las principales causas que generan las deficiencias en los componentes de las brocas de la marca boart longyear en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?

- b) ¿Cuáles son los efectos que se producen por las practicas inapropiadas de trabajo con brocas de la marca boart longyear en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?
- c) ¿Cuál sería el mejoramiento del rendimiento de perforación con las brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?
- d) ¿A qué se debe el alto consumo mensual de brocas de la marca boart longyear y como esto influye en el alto costo mensual de brocas y cuál sería la reducción de los costos con brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar el bajo rendimiento de pies perforados por broca de la marca boart longyear y cómo esto influye en el alto consumo mensual, y analizar el rendimiento con las brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Identificar las principales causas que generan las deficiencias en los componentes de las brocas de la marca boart longyear en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.
- b) Determinar los efectos que se producen por las practicas inapropiadas de trabajo con brocas de la marca boart longyear en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.
- c) Analizar el mejoramiento del rendimiento de perforación con las brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa Maria de la Cia. Minera Poderosa.

- d) Identificar el alto consumo mensual de brocas de la marca boart longyear y cómo influye en el alto costo mensual de brocas y analizar la reducción de costos con brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

Para los trabajos de perforación en rocas de RMR entre 60 y 80 se utilizan brocas de la marca boart longyear de 36 mm para taladros de producción y alivio y 32 mm para taladros de sostenimiento, enfocados en obtener buen rendimiento al menor costo posible.

Para tal fin, necesitamos obtener rendimientos mayores a 200 pies perforados por broca, sin tener éxito con las brocas actuales.

El consumo elevado de brocas, las constantes fallas en sus componentes y su elevado costo mensual nos lleva a buscar una nueva opción de requerimiento en brocas para los trabajos de avance en la Unidad de producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.

1.5. Limitaciones de estudio

Este estudio se enfoca en aspectos técnicos operativos, por lo que se puede argumentar lo siguiente: Miedo de los empleados de la empresa a salir de sus zonas de confort para innovar métodos modernos de perforación.

1.6. Delimitación de investigación

1.6.1. Delimitación temporal

El trabajo de investigación fue realizado entre enero del 2021 hasta julio 2022.

1.6.1. Delimitación espacial

En la rampa Sandra en el nivel 2635 de la veta Samy de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa S.A.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General

El bajo rendimiento de la broca boart longyear genera alto costo mensual, e implementando el uso de brocas de la marca Sandvik, mejorará el rendimiento y reducirá sus costos mensuales en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.

1.7.2. Hipótesis Específicas

- a) Realizando un análisis técnico de las deficiencias en los componentes de las brocas de la marca boart longyear nos ayudara a buscar soluciones para mejorar el rendimiento con la implementación de las brocas de la marca Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.
- b) Identificando las practicas inapropiadas en el uso de brocas de la marca boart longyear nos ayudará a analizar las desviaciones que interfieren en el rendimiento de la perforación en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.
- c) Realizando un seguimiento de las brocas Sandvik identificaremos la mejora que existe en el rendimiento de perforación en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.
- d) El consumo mensual de brocas de la marca boart longyear genera altos costos mensuales y con el cambio al uso de brocas de marca Sandvik se logrará mejorar el rendimiento y reducir los costos mensuales en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.

1.8. Variables de estudio

1.8.1. Operacionalización de variables

Cuadro 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	SUBVARIABLES	INDICADORES
DEPENDIENTES (X)		
Condiciones Geomecánicas del terreno	Dureza de la roca	RMR
		GSI
Marca y tipo de broca	Boart Longyear	36mm para taladros de producción y alivio, y 32 mm para taladros de sostenimiento con perno.
	diámetro	
Bajo rendimiento de brocas	Vida Útil de brocas	Pies perforados / broca
	Agotamiento prematuro de brocas	consumo de brocas / mes
Desgaste prematuro y falla de brocas	Patrones de desgaste y falla en brocas	Desgaste prematuro del cuerpo de la broca
		Rajaduras en el borde o faldón
		Grietas entre los botones y agujeros de barrido
		Perdida de botones
Costo por consumo de brocas	Costo total de consumo de brocas por mes	Presencia de grietas en los botones
		\$ / mes
INDEPENDIENTE (Y)		
Implementación de nueva marca de brocas	Mejora de rendimiento de brocas	Sandvik

Nota. Elaboración propia

1.9. Método de la investigación

1.9.1. Tipo y nivel de investigación

1.9.1.1. Nivel de estudio

Por su nivel de conocimiento, es de naturaleza descriptiva y analítica, ya que su objetivo

es conocer las características dominantes a través de la descripción de actividades, ya que su propósito es predecir y determinar las relaciones que pueden tener dos o más variables. Determinando así el comportamiento de las brocas más eficientes en la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa considerando estudios previos de geomecánica (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006).

1.9.1.2. Tipo de estudio

La investigación aplicada es un tipo de investigación que tiene como objetivo resolver problemas concretos y prácticos de la sociedad o las empresas (Sampieri, 2014). El tipo de investigación será aplicada, pues lo que se busca es resolver un problema enfocándonos en la búsqueda de conocimientos para su aplicación.

1.10. Población y muestra de la investigación

1.10.1. Población

Nivel 2635 de la veta de nombre Samy de la Unidad de Producción Santa María de Cía. Minera Poderosa - ECM Marose Contratistas Generales S.A.C.

1.10.2. Muestra

Brocas de perforación de la marca boart longyear y Sandvik empleadas en la rampa Sandra del nivel 2635 de la veta Samy (ver en Anexo N° 11) de la Unidad de Producción Santa María de Cía. Minera Poderosa – ECM Marose Contratistas Generales S.A.C. en el periodo 2021.

1.11. Matriz de consistencia

"MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE PIES PERFORADOS Y SU INFLUENCIA EN EL ALTO CONSUMO DE BROCAS EN LA RAMPA SANDRA DE LA U.P SANTA MARIA - CIA MINERA PODEROSA – LA LIBERTAD"								
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA		
<p>Problema General ¿A qué se debe el bajo rendimiento de pies perforados por broca de la marca boart longyear y cómo influye en el alto consumo mensual de estas y cuál sería el rendimiento con las brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?</p> <p>Problemas Específicos PE 01: ¿Cuáles son las principales causas que generan las deficiencias en los componentes de las brocas de la marca boart longyear en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?</p> <p>PE 02: ¿Cuáles son los efectos que se producen por las practicas inapropiadas de trabajo con brocas de la marca boart longyear en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?</p> <p>PE 03: ¿Cuál sería el mejoramiento del rendimiento de perforación con las brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?</p> <p>PE 04: ¿A qué se debe el alto consumo mensual de brocas de la marca boart longyear y como esto influye en el alto costo mensual de brocas y cuál sería la reducción de los costos con brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa?</p>	<p>Objetivo General Determinar el bajo rendimiento de pies perforados por broca de la marca boart longyear y cómo influye en el alto consumo mensual, y analizar el rendimiento con las brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p> <p>Objeto Especifico OE 01: Identificar las principales causas que generan las deficiencias en los componentes de las brocas de la marca boart longyear en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p> <p>OE 02: Determinar los efectos que se producen por las practicas inapropiadas de trabajo con brocas de la marca boart longyear en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p> <p>OE 03: Analizar el mejoramiento del rendimiento de perforación con las brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p> <p>OE 04: Analizar el alto consumo mensual de brocas de la marca boart longyear y cómo influye en el alto costo mensual de brocas y analizar la reducción de costos con brocas Sandvik en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p>	<p>Hipótesis General El bajo rendimiento de la broca boart longyear genera alto costo mensual, e implementando el uso de brocas de la marca Sandvik, mejorará el rendimiento y reducirá sus costos mensuales en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p> <p>Hipótesis Especifico HP 01: Realizando un análisis técnico de las deficiencias en los componentes de las brocas de la marca boart longyear nos ayudara a buscar soluciones para mejorar el rendimiento con la implementación de las brocas de la marca Sandvik. En la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p> <p>HP 02: Identificando las practicas inapropiadas en el uso de brocas de la marca boart longyear nos ayudará a analizar las desviaciones que interfieren en el rendimiento de la perforación con brocas en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p> <p>HP 03: Realizando un seguimiento de las brocas Sandvik identificaremos la mejora que existe en el rendimiento de perforación en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p> <p>HP 04: El consumo mensual de brocas de la marca boart longyear genera altos costos mensuales y con el cambio al uso de brocas de marca Sandvik se logrará mejorar el rendimiento y reducir los costos mensuales en la rampa Sandra de la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa.</p>	<p>INDEPENDIENTE (X) Condiciones Geomecánicas del terreno</p>	Dureza de la roca	RMR	<p>NIVEL DE ESTUDIO La investigación, por su nivel de conocimiento, es de naturaleza descriptiva y analítica, ya que su objetivo es conocer las características dominantes a través de la descripción de actividades, ya que su propósito es predecir y determinar las relaciones que pueden tener dos o más variables. Determinando así el comportamiento de las brocas más eficientes en la Unidad de Producción Santa María de la Cía. Minera Poderosa considerando estudios previos de geomecánica.</p> <p>TIPO DE ESTUDIO El tipo de investigación será aplicada, pues lo que se busca es resolver un problema enfocándonos en la búsqueda de conocimientos para su aplicación.</p> <p>POBLACIÓN Nivel 2635 de la veta de nombre Samy de la Unidad de Producción Santa María de Cía. Minera Poderosa - ECM Marose Contratistas Generales S.A.C.</p> <p>MUESTRA Brocas de perforación de la marca boart longyear y Sandvik empleadas en la rampa Sandra del nivel 2635 de la veta Samy de la Unidad de Producción Santa María de Cía. Minera Poderosa – ECM Marose Contratistas Generales S.A.C. en el periodo 2021.</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Se realizará el seguimiento de las jornadas habituales por guardia, realizando el control de los trabajos de perforación dentro de los procedimientos y estándares operacionales. Para la recolección de datos se usará instrumentos y/o materiales como: Cuaderno de notas, lapiceros, distanciómetro y flexómetro.</p> <p>PROCESAMIENTO PARA EL ANALISIS DE LOS RESULTADOS El procesamiento de datos y su aplicación en softwares nos ayudarán a plasmar mediante kpis el resultado de nuestras operaciones mediante el análisis de datos, y así buscar una solución rápida y efectiva. Para facilitar el procesamiento se usará el Software para cálculos Microsoft Excel 2016, Cibergrafias, Libros, Laptop, Distanciómetro, Cámara, Otros. Se utilizará estadística descriptiva y analítica con el soporte de gráficos estadísticos de kpis y tablas de distribución de frecuencia, con el apoyo del software Microsoft Excel</p>		
			<p>INDEPENDIENTE (X) Marca y tipo de broca</p>	Boart Longyear	36mm para taladros de producción y alivio, y 32 mm para taladros de sostenimiento con perno.		diámetro	Pies perforados / broca
			<p>INDEPENDIENTE (X) Bajo rendimiento de brocas</p>	Vida Útil de brocas	consumo de brocas / mes		Agotamiento prematuro de brocas	Desgaste prematuro del cuerpo de la broca
			<p>INDEPENDIENTE (X) Desgaste prematuro y falla de brocas</p>	Patrones de desgaste y falla en brocas	Rajaduras en el borde o faldón		Desgaste prematuro y falla de brocas	Grietas entre los botones y agujeros de barrido
<p>DEPENDIENTE (Y) Costo por consumo de brocas</p>	Costo total de consumo de brocas por mes	Perdida de botones		Presencia de grietas en los botones	\$ / mes			

Nota. Elaboración propia

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Antecedente 1

Según Garrido (2007) en su tesis titulada “Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal mina el teniente – Chile”, realizado en la universidad de Chile.

Donde se concluye específicamente, que el tema central lo constituye la sobre excavación que se observa con las prácticas de trabajo utilizadas. En este sentido, es importante señalar la efectividad que se tuvo con la aplicación de una metodología de evaluación objetiva de aquellos aspectos técnicos claves de la operación. Con la información disponible, conformada por los antecedentes obtenidos por la auditoría de 5 de los disparos actuales y 3 de calibración, fue posible establecer

un diseño final el cual genera una menor sobre excavación, disminuyendo tanto los costos directos de la operación como la exposición a riesgos potenciales por desprendimientos o planchoneos de roca.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Antecedente 1

Según Abanto y Galván (2016) en su tesis titulada “Perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45mm, rimadoras de 102mm y el consumo de explosivo en las labores de desarrollo que realiza la empresa CONMICIV S.A.C en CMH S.A”, realizado en la universidad nacional de Trujillo.

Donde se llegó a la conclusión que la eficiencia de la broca jumbo Sandvik de 45 mm ha aumentado un 42,5 %, desde los 181 m/broca originales, la eficiencia alcanzada es de 258 m/broca, que es un 29 % más larga (200 m/broca)

Antecedente 2

Según Mallma (2013) en su tesis titulada “Optimización del uso de aceros de perforación en la UEA San Cristóbal de minera BATEAS S.A.C.”, Realizado En La Universidad Nacional Del Centro Del Perú.

Donde se concluye que la utilización de las brocas y aceros de perforación tomando en cuenta las recomendaciones que se da para cada zona de la mina y de acuerdo a los procedimientos escritos para la utilización de estas, así como la dimensión de la broca a utilizar, las presiones de aire y el tiempo a la que debe de realizarse el afilado

permitió mejorar la vida útil de los aceros de perforación y se redujo los costos de los mismos.

2.1.3. Antecedentes locales

Antecedente 1

Según Zapana (2022) en su tesis titulada “Influencia de los factores técnicos operacionales en el rendimiento de los aceros de perforación usados en las labores de desarrollo en la unidad minera Huancapeti.”, realizada en la Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco.

Se llegó a la conclusión que el Gráfico 13 es una tabulación construida a partir del modelo elaborado, para determinar las tolerancias de las principales variables “X” para obtener un target “Y” (Rendimiento de aceros). De esta manera se conoce los rangos en los que debe oscilar cada variable en combinación con la otra.

Antecedente 2

Según Castelo (2022) en su tesis titulada “Mejoramiento de la longitud de avance en la rampa negativa 565 de la Cía. minera Casapalca S.A.-Huarochirí – Lima”, realizada en la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco.

Se llegó a la conclusión que con la mejora en el proceso de la voladura se ha incrementado la longitud de avance por disparo en 0.44m durante el periodo de investigación, que es representado por una variación de 15.88%, en la construcción de la Rampa negativa 565 de la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochirí – Lima.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Mecánica de rocas

Según Alegano (2004) “Una definición comúnmente aceptada de mecánica de rocas propuesta por el comité americano de esta disciplina, mecánica de rocas es la ciencia teórica y aplicada que estudia el comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos. Sería pues, la rama de la ingeniería dedicada al estudio de la respuesta de las rocas y macizos rocosos al campo de fuerzas que actúan en su entorno así definida esta disciplina es básica para la minería ya que el hecho de realizar excavaciones modifica los campos de fuerza en el entorno físico de las rocas”.

2.2.2 La Capacidad de resistencia de rocas

Según López (2003) “El tratamiento racional de los problemas obliga a considerar las resistencias dinámicas, ya que estas aumentan con el índice de carga, cuando la intensidad de onda de choque supera a la resistencia dinámica a la compresión se produce una trituración de la roca circundante a las paredes del barrenado por colapso de la estructura inter cristalinas”, como se ve en el Cuadro N° 02.

Cuadro 2

Índice de calidad de roca

CLASIFICACIÓN	DUREZA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)
Muy dura	7	200
Dura	6 a 7	120 a 200
Media dura	4 a 6	60 a 120
Media blanda	3 a 5	30 a 60
Blanda	2 a 3	10 a 30
Muy blanda	1 a 2	10

Nota. Cuadro obtenido de López Jimeno (2003)

Propiedades físicas: Porosidad, Variabilidad, Tenacidad, Densidad, Dureza y Textura.

2.2.2.1 Clasificación Geomecánica

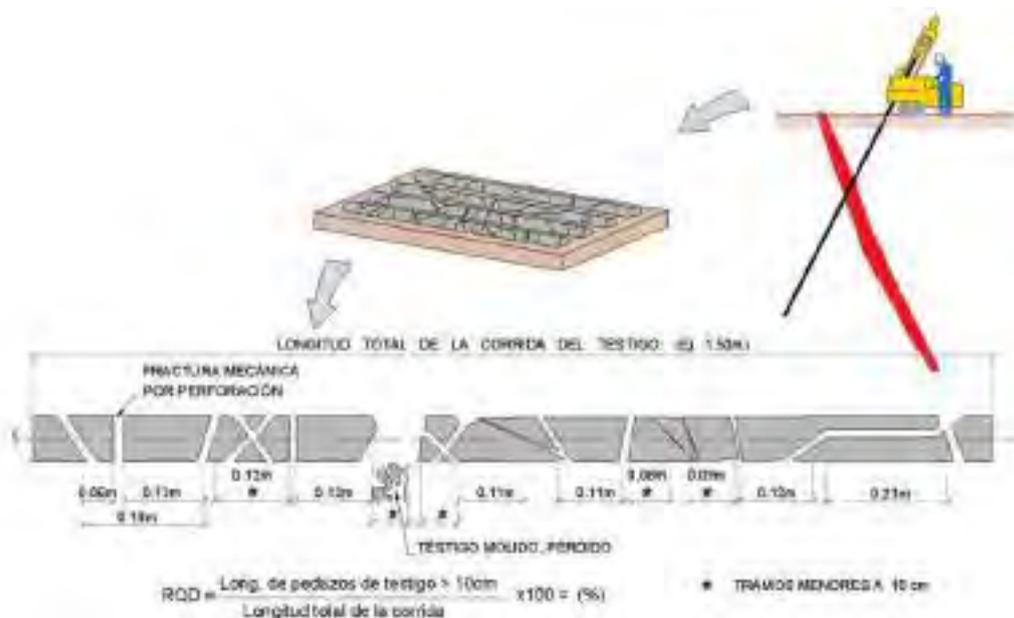
La minería subterránea, cuyos componentes son estructuras complejas, se requiere el máximo conocimiento del macizo rocoso para realizar estas operaciones mineras, actualmente se emplean muchas clasificaciones geomecánicas como: Beniaowski (Rock Mass Rating), Barton, Lien y Lunde (Q) y Hook y Brown (GSI). Los 2 primeros emplean el parámetro RQD (Designación de calidad de la roca).

2.2.2.1.1 Clasificación de Deere (1967)

Deere realizó una propuesta de un sistema diseñado para el soporte empleando el RQD en 1967. Los parámetros se obtienen en función del porcentaje de fragmentos de núcleo recuperados mayores de diez centímetros. En un levantamiento, como se muestra en la imagen N° 01 se logra calcular el nivel de fracturamiento de la roca.

Imagen 1

Proceso para calcular el valor del RQD de un testigo

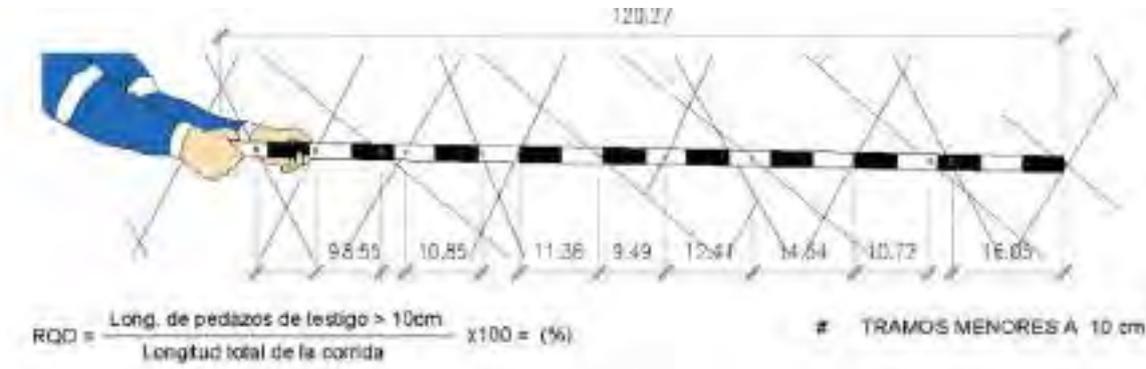


Nota: Imagen obtenida de CG, 2003.

El RQD debe tomarse cuidadosamente, pues su valor está ligado no solo a las rajaduras en el macizo rocoso o como la astucia en la perforación, la orientación, entre otros.

Imagen 2

Proceso comúnmente utilizado para evaluar el RQD a partir del mapeo de paredes de excavaciones subterráneas



Nota: Imagen obtenida de CG, 2003.

2.2.2.1.2 Clasificación de Bieniaswki

Introducida por Bieniawski en el año 1973 y posteriormente revisada. Esto hace posible clasificar las rocas "en el sitio" y estimar el tiempo y el ritmo de mantenimiento. A menudo se utiliza en la construcción de túneles y cimientos. Incluye un indicador de calidad independiente de la estructura RMR (Resistencia del macizo rocoso) y un factor de corrección.

La clasificación RMR se evalúa en base a los siguientes parámetros:

1. Valor de resistencia máxima del material intacto = 15 unidades
2. RQD = 20 unidades
3. Longitud máxima de ranura o de discontinuidades = 20 unidades
4. Valor máximo de condición de discontinuidades = 30 unidades
5. Valor máximo de agua subterránea = 15 unidades

$$\text{RMR} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) \dots \dots \dots (\text{Ec. 01})$$

Cuadro 3

Rango de calificaciones de RMR de 0 a 100

CLASE	RMR	CALIDAD DE ROCA
I	81 - 100	Muy buena
II	61 - 80	Buena
III	41 - 60	Regular
IV	21 - 40	Mala
V	0 - 20	Muy mala

Nota: Cuadro obtenido de Mecánica de rocas y los fundamentos del diseño de taludes. P Ramírez, 2004.

Cuadro 4

Parámetros y sus valores

Ensayo carga puntual	>10 (15)	10-4 (12)	4-2 (7)	2-1 (4)		
Compresión simple (MPa)	>250 (15)	250-100 (12)	100-50 (7)	50-25 (4)	25-5 (2)	5-1 (1) <1 (0)
RQD		90%-100% (20)	75%-90% (17)	50%-75% (13)	25%-50% (6)	<25% (3)
Separación entre diaclasas	Separación entre diaclasas	>2 m (20)	0,6-2m (17)	0,2-0,6m (10)	0,06-0,2m (8)	<0,06m (5)
	Long. discontinuidad	<1m (6)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)
	Abertura	Nada (6)	<0,1mm (5)	0,1-1,0mm (3)	1-5mm (1)	>5mm (0)
Estado de las discontinuidades	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Ligeramente rugosa (3)	Ondulada (1)	Suave (0)
	Relleno	Ninguno (6)	Relleno duro <5mm (4)	Relleno duro >5mm (2)	Relleno blando <5mm (2)	Relleno blando >5mm (0)
	Alteración	Inalterada (6)	Ligeramente alterada (5)	Moderadamente alterada (3)	Muy alterada (1)	Descompuesta (0)
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo (15)	<10 l/min (10)	10-25 l/min (7)	25-125 l/min (4)	>125 l/min (0)

	Presión agua/tensi n principal mayor	0 (15)	0-0,1 (10)	0,1-0,2 (7)	0,2-0,5 (4)	>0,5 (0)
	Estado general	Seco (15)	Ligerame nte húmedo (10)	Húmedo (7)	Goteando (4)	Agua fluyendo (0)
Corrección orientación discontinua des	Dirección y buzamiento	Muy favorabl es	Favorable s	Medias	Desfavorab les	Muy desfavorabl es
	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentacio nes	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60
	Puntuación	(81- 100)	(61-80)	(41-60)	(21-40)	(<20)
Clasificación	Clase	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
	Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala

Nota: Cuadro obtenido de Clasificaciones De La Masa Roca De Ingeniería 1989, Bieniawski.

2.2.3 Perforación de rocas

Según Carlos López Jimeno y García Bermúdez (2003). “El fundamento de una perforación se basa en golpear repetitivamente la roca contra un material con mayor dureza; y en el otro extremo se martilla y gira continuamente para que cada golpe cree una muesca en el macizo rocoso en posición diferente, al finalizar obtenemos un taladro perforado con un diámetro similar al diámetro de la broca”. En general, la perforación de rocas se puede considerar como una combinación de las siguientes actividades:

- **Percusión:** Corresponde a golpes generados con la acción del pistón, este genera una onda de choque el cual es transmitido al taladro por medio de la barra.
- **Rotación:** A través de la rotación la broca realiza un impacto en el macizo rocoso para varias orientaciones.
- **Empujar y/o avanzar.** Es la presión que se requiere para que el taladro entre contacto con la

roca.

Imagen 3

Relación entre el empuje y la velocidad de penetración

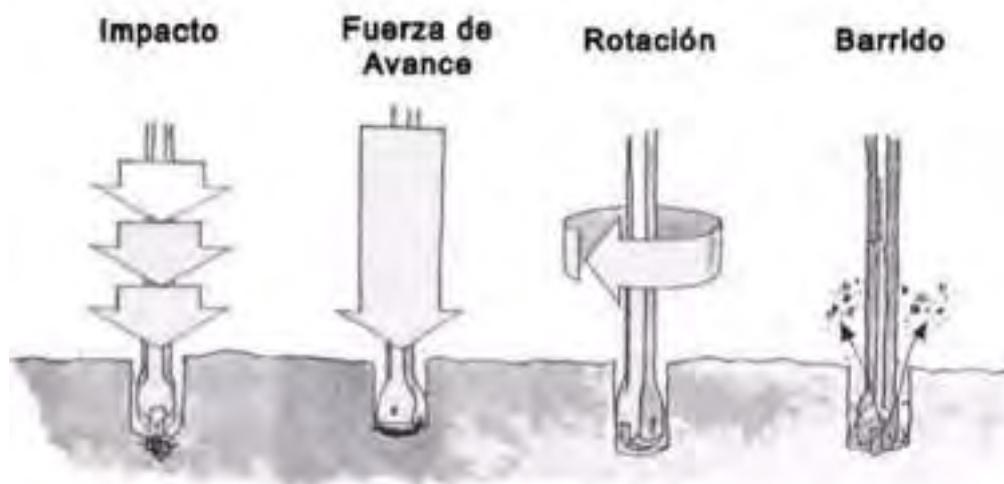


Nota: Imagen obtenida del Manual de Perforación y voladura de López (1987)

d) Barrido: Permite la remoción de escombros del fondo de la perforación.

Imagen 4

Reglas de perforación de roca



Nota: Imagen obtenida del Manual de Perforación y voladura de Obtenido de López (2022)

2.2.4 Métodos mecánicos de perforación

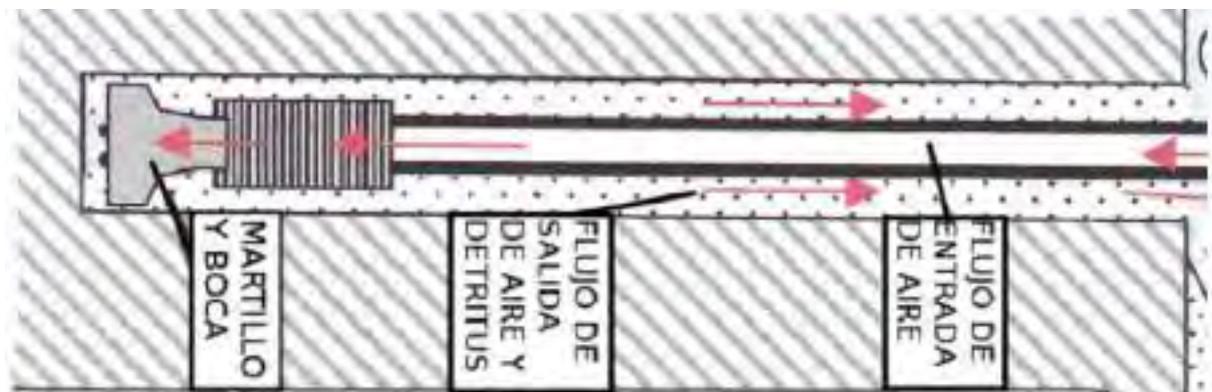
Según EXSA (2009) “La perforación es la primera operación en la realización de una voladura. Su objetivo es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, llamados taladros, barrenos, hoyos o blastholes. Dentro de este campo existe dos métodos de mecanismo de perforación los métodos rotativos y rotopercutivos”.

2.2.4.1 Perforación rotopercutiva

Según Carlos López Jimeno, 2003 “La perforación rotopercutiva es la que más se utiliza en casi todos los tipos de roca, desde débiles hasta fuertes. Además, consta de una gran gama de diámetros de perforación son equipos de fácil movilidad y son empleados en operaciones tanto en cielo abierto como excavaciones subterráneas”.

Imagen 5

Principios que intervienen en la perforación de rocas



Nota: Imagen Obtenida de López (2005).

2.2.4.2 Perforación por rotación

Según (Osinergmin, 2017) “La perforación por rotación realiza dos acciones básicas por medio de la broca a la roca: empuje axial y torque; la energía se transmite a la broca a través de un tubo de perforación que gira y presiona las brocas contra la roca. Los elementos cortantes de las brocas generan una presión sobre la roca que llega a

producir la rotura de la misma, tiene como misión hacer que la broca actúe sobre distintos puntos de la roca en el fondo del barreno”.

2.2.5 Equipos de perforación

2.2.5.1 Perforadora manual

Perforación de pequeños agujeros (de 25 a 50 mm de diámetro) con aire comprimido para trabajos verticales y horizontales o agujeros verticales en techos (stoper) (Ludger, 2014).

2.2.5.2 Perforadoras mecanizadas

Un Jumbo sostiene y mueve uno o más equipos de perforación: máquinas perforadoras utilizadas en túneles y obras subterráneas. Se utiliza principalmente para excavar túneles y tajos en minería, metalurgia, energía hidroeléctrica, ferrocarriles, carreteras y otros campos. Estos grandes equipos pueden moverse y soportar muchos vehículos de perforación y trabajar juntos (Emmanuel G., 2005).

2.2.5.3 PERFORADORAS CONVENCIONALES NEUMATICAS

2.2.5.3.1 JACK LEG

Máquina perforadora con varilla de alimentación para perforación horizontal e inclinada, principalmente para la construcción de galerías, sub niveles, rampas; se usa la barra de alimentación para apoyar la perforadora y brindar comodidad al operador (Sandvik mining and construction, 2013).

Imagen 6

Perforadora RNP Jack Leg Modelo RNS83FX - FL7



Nota. Imagen obtenida del Catálogos Jack leg RNPSA.

2.2.5 Condiciones de perforación

Según (Jimeno y García, 2003) “Para conseguir una voladura eficiente la perforadora es tan importante como seleccionar el explosivo, por ende, éste trabajo se efectúa con buen criterio y cuidado, de longitud irregular etc., que determinan pérdidas de eficiencia de la energía explosiva disponible”. En general para tener una óptima perforación se debe tener en cuenta cuatro condiciones a saber:

- **DIAMETRO:** Para Jimeno y García, 2003, “Este tipo de aplicación en que el taladro se utiliza como regla general el de “menor diámetro factible” será más adecuado y económico de realizar”
- **LONGITUD:** Esto tiene un gran impacto en la velocidad de avance por disparo y en la selección del equipo de perforación.
- **PARALELISMO:** Para Carlos López Jimeno y García, 2003, “Este tipo varía de acuerdo a la roca, es el método de perforación y características del equipo perforador. Debe lograrse la mayor rectitud y alineación para que el explosivo sea apropiadamente distribuido en todo el arranque de perforación, y también es de vital

importancia para la interacción de las cargas explosivas en toda la voladura”.

- **ESTABILIDAD:** Para Bongiorno. “En terrenos sueltos tienden a tardarse por lo que puede ser necesario revestirlos interiormente con tubos especiales para poderlos cargar, también se pueden aplicar técnicas de revestimiento mediante arcillas especiales como la bentonita y otros utilizado en perforaciones de petróleo, diamantina”.
- **VELOCIDAD DE PENETRACIÓN:** Para Carlos López Jimeno y García, 2003 “La velocidad de penetración no depende únicamente de la fuerza aplicada. También se basa en perforar o limpiar escombros.

2.2.6 Alineación de taladros de perforación

Para Jimeno y García, 2003 “Es de suma importancia orientar los taladros paralelamente a la superficie libre, con el fin de ayudar la desagregación del macizo rocoso en dirección de la superficie libre; estando el efecto útil perpendicular a la dirección del taladro”.

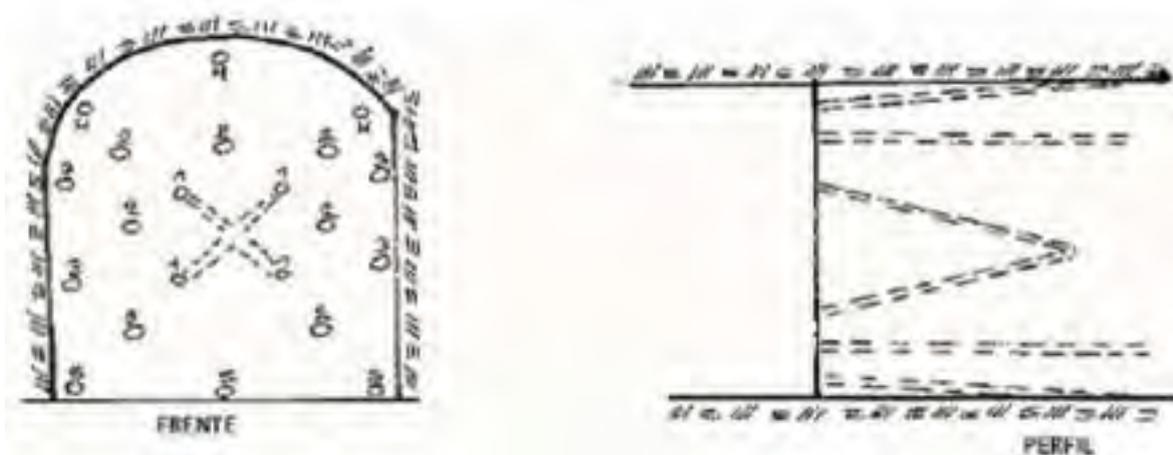
2.2.7 Tipos de corte o arranque

2.2.7.1 Corte en pirámide (center cut)

Son taladros, que forman un ángulo con la cara perforada, de manera que al detonar forman un "cono" de amplia base libre frontal y profundidad moderada, según el tipo de terreno. Entre los cortes en ángulo que tenemos están los cortes en cuña o en "V" y los cortes en pirámide, en la Imagen N°07 se ve un corte en pirámide (Camiper, 2016).

Imagen 7

Corte pirámide o diamante.



Nota. Imagen obtenida del manual del pequeño minero, Ing. Guillemermo Medina Cruz.

2.2.7.2 Corte quemado o paralelo

Consta de tres o más agujeros horizontales exactamente paralelos entre sí y paralelos al eje de la galería. Cuanto más duro sea la roca, más cerca deben estar estos agujeros entre sí. Uno o más de los agujeros que forman el corte permanecen sin carga (agujeros de alivio), en la Imagen N°08 se muestra un corte quemado (Israel M., 2013).

Imagen 8

Corte quemado o paralelo.



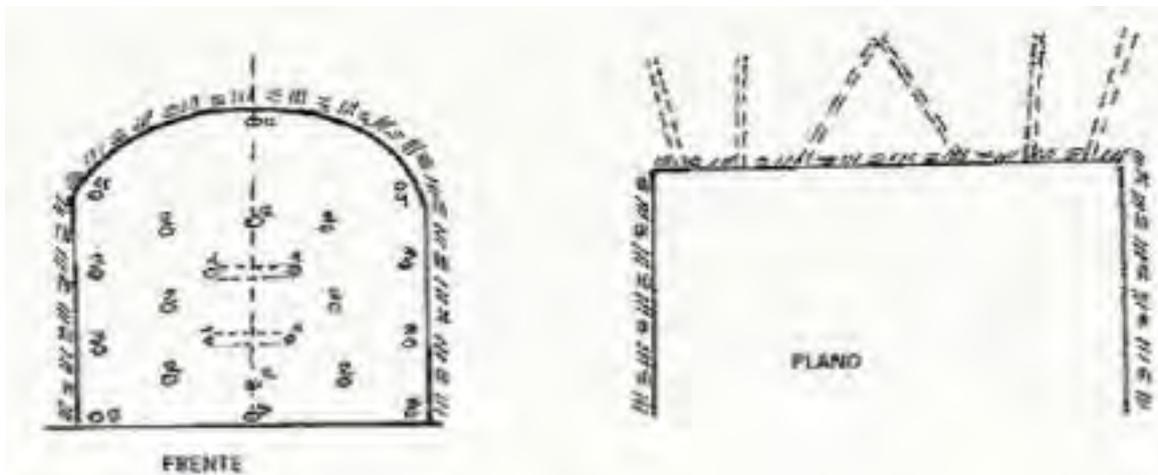
Nota. Imagen obtenida del manual del pequeño minero, Ing. Guillemermo Medina Cruz.

2.2.7.3 Corte tipo cuña o corte tipo “v” (wedge cut).

Para Carlos López Jimeno, E. y García, 2003, “Nos dice que el corte en V Comprende a cuatro, seis o más taladros convergentes por pares en varios planos o niveles (no hacia un solo punto), de modo que la cavidad abierta tenga la forma de una cuña o “trozo de pastel”. Es de ejecución más fácil, aunque de corto avance especialmente en túneles estrechos, por la dificultad de perforación”.

Imagen 9

Corte tipo cuña



Nota. Imagen obtenida del manual del pequeño minero, Ing. Guillemermo Medina Cruz.

2.2.7.4 Corte cilíndrico

La característica principal de este arranque consiste en realizar taladros de alivio de mayor diámetro para tener una mejor cara libre, estas también son llamadas taladros de expansión oscilando en un rango de 65 y 75 milímetros normalmente, teniendo como resultados mejores eficiencias en cuestión de avance. Estos taladros de expansión son perforados con brocas escariadoras acopladas a la misma barra de acero con las que se perforan los demás taladros (SECOROC, 2017).

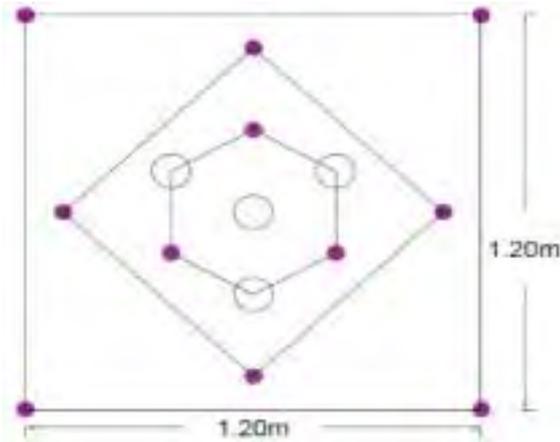
2.2.7.4.1 Corte cilíndrico tipo hexagonal.

Contiene una distribución de 15 taladros entre alivios y de producción tal como se

muestra en la figura N° 10, considerando que el espaciamiento y burden pueden variar considerando la sección de la labor y el tipo de roca.

Imagen 10

Arranque cilíndrico tipo hexagonal para una sección de 3.5mx3.5m



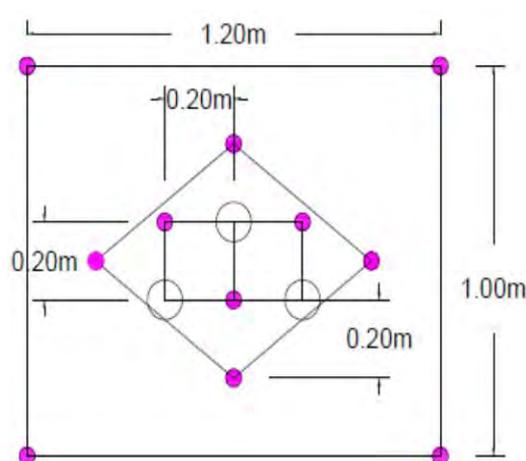
Nota. Imagen obtenida del departamento de Perforación y Voladura – CMHSA.

2.2.7.4.2 Corte cilíndrico tipo rectangular.

Contiene una distribución de 14 taladros entre alivios y de producción tal como se muestra en la figura N° 11, considerando que el espaciamiento y burden pueden variar considerando la sección de la labor y el tipo de roca (CPUMET, 2006).

Imagen 11

Arranque cilíndrico tipo rectangular para una sección de 3.5mx3.5m



Nota. Imagen obtenida del departamento de Perforación y Voladura – CMHSA.

2.2.8 Diseño de perforación.

2.2.8.1 Taladros de arranque

Para Sotelo (2011), “El objetivo del arranque se basa en crear una superficie libre en el frente de trabajo. En este caso, la pendiente -80 crea una segunda superficie libre para la salida del otro hueco, dando como resultado un banco anular”.

2.2.8.2 Taladros de apoyo

Estos taladros acompañan y rodean al taladro de inicio para formar un taladro de apoyo para la salida o cavidad inicial (Fernández, Pérez, & Mulone, 2017).

2.2.8.3 Taladros para cuadradores

Reconocidos por ser los agujeros ubicados en la parte lateral.

2.2.8.4 Taladros de alza o techo

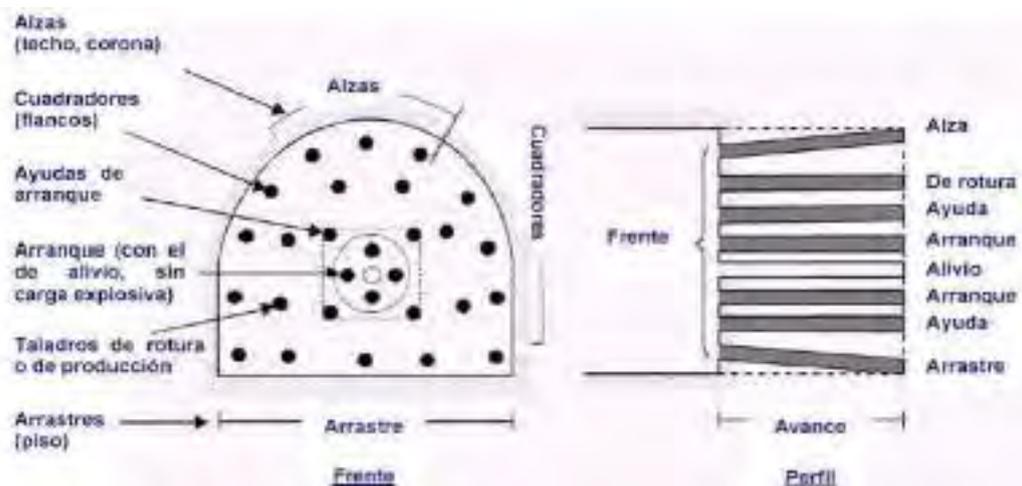
Consisten en todos los agujeros realizados encima del frente de perforación y/o plano de trabajo.

2.2.8.5 Taladro de piso o arrastre

Realizados en el piso del frente, su principal objetivo es retirar todos los materiales rotos que explotan en las etapas finales.

Imagen 12

Zonas en un frente de avance.



Nota. Imagen obtenida del manual práctico de voladura Exsa, (2001)

2.2.9 Aceros de perforación

Según López (1990), se pueden seleccionar varias combinaciones de accesorios para realizar tareas de perforación específicas. Los factores a considerar al elegir los componentes son el diámetro y la longitud del pozo, la construcción, la resistencia y el desgaste de la roca, el tamaño y la potencia de la perforadora, la experiencia previa y las opciones de suministro. El acero utilizado para su obtención de estos aceros es resistente a la dureza de la rosca, el impacto y la abrasión. Idealmente, el núcleo no debería ser demasiado duro y la superficie debería ser dura y soportar prematuro gasto. El acero se puede encontrar de 2 maneras.

A. Acero de alto carbono. Para tener una buena resistencia y dureza se deberá controlar con una temperatura alta durante el trazo de su elaboración.

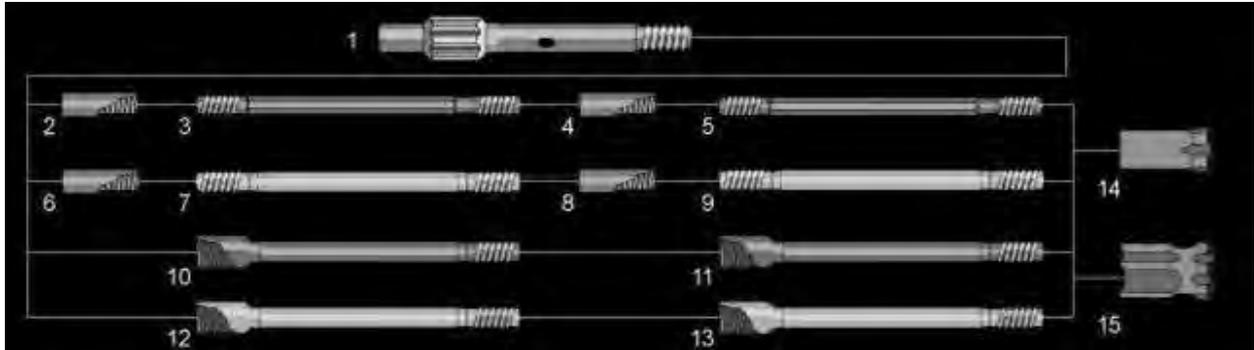
Se aplica un tratamiento separado a la culata para lograr una alta resistencia al impacto (Palomino, 2016).

B. Acero con poco carbono. Se utiliza para varillas, adaptadores, manguitos y brocas. Son aceros que contienen pequeñas cantidades de cromo o níquel, manganeso y molibdeno

(Persson, Holmberg, & Lee, 1994).

Imagen 13

Accesorios de perforación



Nota. Imagen obtenida de distribuciones PACO S.A.C.

1. Adaptador de culata
2. Manguito
3. Barra extensible de perforación hexagonal
4. Manguito
5. Barra extensible de perforación hexagonal
6. Manguito
7. Barra extensible de perforación hexagonal
8. Manguito
9. Barra extensible de perforación hexagonal
10. Barra extensible macho-hembra
11. Barra extensible macho-hembra
12. Barra extensible macho-hembra
13. Barra extensible macho-hembra
14. Boca botones
15. Boca retráctil

Cuadro 5

Características de los equipos para la perforación

PERFORADORA DE AVANCE (TUNELES Y GALERIAS DE AVANCE)	PERFORCIÓN DE BARRENOS LARGOS (TALADROS DE PRODUCCIÓN, DRENAJE Y OTROS)	PERFORACIÓN PARA SOSTENIMIENTO
Dirección de perforación paralela Barrido con agua Perforación horizontal	Dirección de perforación piramidal o cónico Barrido con agua peso de sarta de perforación	Dirección de perforación paralelo barrido con agua Perforación vertical fundamentalmente La energía de impacto no tiene mayor variabilidad, normalmente se adapta a barrenos de 32 y 38 mm de diámetro Es probable que el varillaje de perforación no soporte elevadas energías de impacto
La energía de impacto no precisa alta variabilidad. Se adapta en barrenos de 43 a 51 mm de diámetro.	La energía de impacto debe variar pasa de 64 mm de diámetro hasta 115 mm, y un número de acoplamiento de hasta 20.	El porcentaje de tiempo de perforación es alto (>55%) Menos requerimientos para el sistema de control de la perforación
Angulo de divergencia (menor grado posible)	Longitud de carrera de pistón ajustada	
El porcentaje del tiempo de perforación es elevado (-70%)	El porcentaje de tiempo de perforación es alta (>55%)	
Elevada demanda de sistema de control de la perforación	Elevada demanda de sistema de control de perforadora	

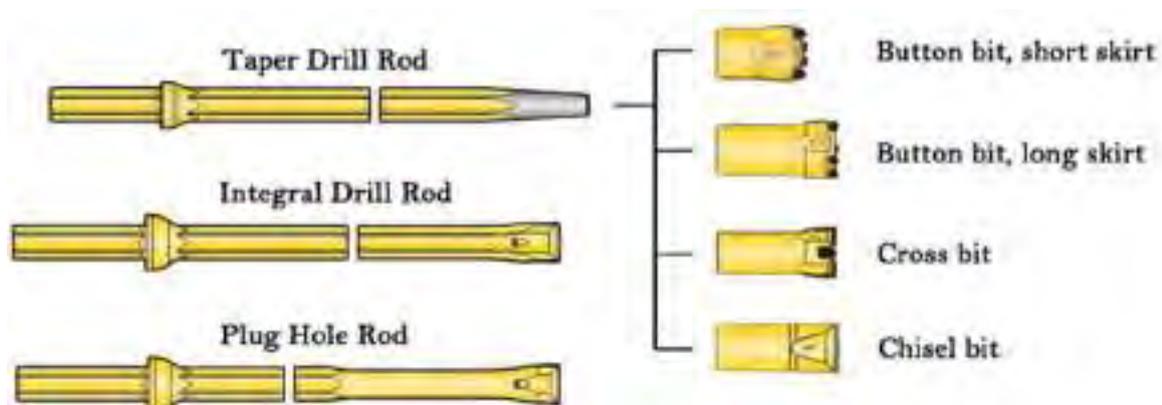
Nota. Imagen obtenida de López (2015).

2.2.9.1 Brocas

Hay dos tipos de brocas que se utilizan en los taladros de percusión rotatoria: bocas de pastilla y brocas de botón.

Imagen 14

Brocas de perforación Sandvik



Nota. Imagen obtenida de Bestlink – Rock drill tools

Las características de diseño comunes a ambos tipos de brocas incluyen: En la rosca inferior de la boca se enrosca una varilla para transmitir la energía del impacto lo más directamente posible a la roca.

La broca tiene una serie de orificios centrales y laterales a través de los cuales se inyecta agua para eliminar los escombros, y ranuras a través de las cuales ascienden las partículas de roca generadas (Jáuregui, 2009).

Las brocas están diseñadas con una pequeña conicidad y la parte más ancha toca la roca.

2.2.9.1.1 Broca de botones

Tienen botones de carburo de tungsteno o insertos cilíndricos que abarcan toda la parte superficial en la broca. Son fabricados para diámetros entre 50mm y 125mm. Las brocas de botón son mejores para perforaciones rotatorias. Más rápido que una broca de pastillas. Además, tiene mejor resistencia de desgaste.

2.2.9.1.1.1 Broca escariadora de botones

Empleados para minería subterránea en perforación de taladros de alivios paralelos. Las brocas escariadoras de botones se usan complementado en varillas piloto y adaptadores piloto.

Tiene un orificio central troncocónico que se puede colocar detrás de un piloto de menor

diámetro (Rodríguez, 2017).

Imagen 15

Adaptador piloto y broca escariadora.



Nota. Imagen obtenida de Acedrills.

2.2.9.2 Cálculo de la necesidad de accesorios de perforación

Dependerá de los siguientes factores:

- Perforado específico
- Dureza del macizo rocoso
- Longitud perforado
- Volumen de roca.

La durabilidad del elemento se encuentra determinada por la longitud de perforado y el volumen de roca.

Excelente rendimiento de perforación, especialmente en rocas abrasivas.

2.2.9.3 Mantenimiento de la broca

Un buen mantenimiento de la broca busca lograr una penetración excelente y alargar la vida útil de estos aceros.

2.2.9.4 Fallas en aceros de perforación

2.2.9.4.1 Rajadura al borde del acero

Causas

- Técnica incorrecta de colocar el taladro y tratar de perforar sin sostener el taladro firmemente y demasiado impacto durante la perforación.
- Emboquillados deficientes cuando comienza la perforación. La broca mostrará virutas al principio de la rosca.
- Práctica insuficiente de quitar y aflojar la broca.
- Excavación con broca con mucho uso
- Tener la mala costumbre de tratar de corregir el paralelismo al perforar con más de un pie, lo que provoca el deslizamiento de la barra y la falla de la perforación.

Recomendaciones

- Utilice una fuerza mínima de presión al aflojar la broca.
- Use una barrena retráctil si la roca es fracturada
- Cambie la broca después de cada 10 orificios perforados de 10' para afilarla (intervalo para afilar).
- Lubrique las roscas de la rosca de la barra

2.2.10. Fragmentación de rocas

Para el Instituto Geológico y Minero de España, “La voladura de roca involucra la detonación de explosivos y da como resultado la acción de las masas rocosas circundantes.

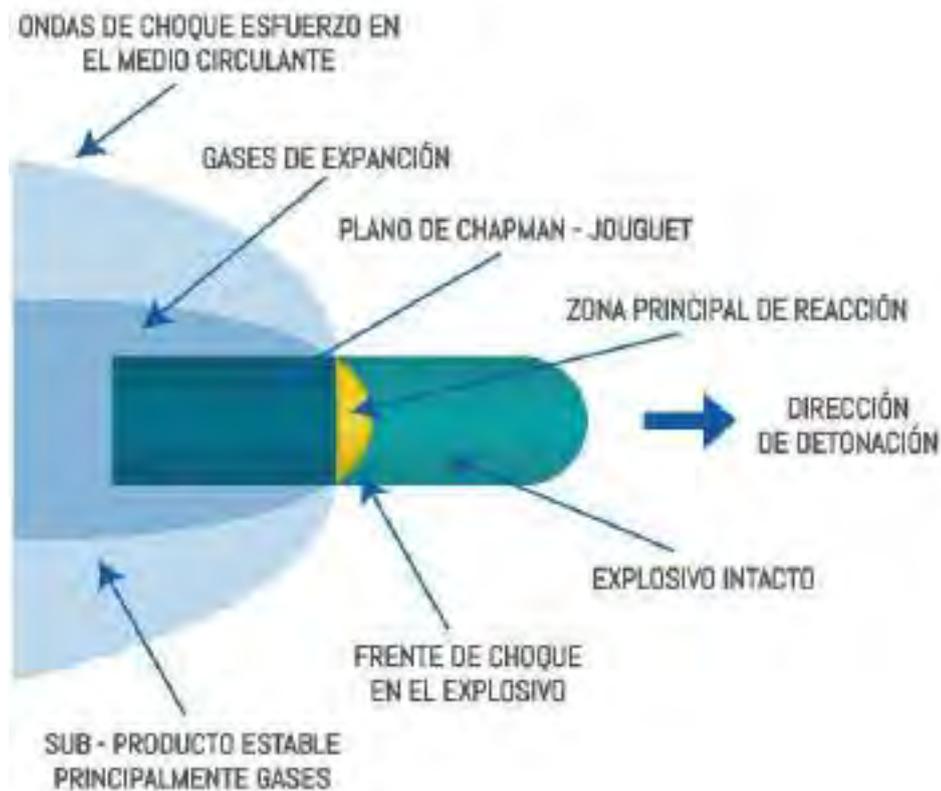
Se tiene las siguientes fases:

- La onda al choque del explosivo y la ocurrencia de la explosión.
- Las ondas de choque se transmiten directamente a las rocas, provocando que se partan o agrieten.

- El gas se genera y se expande a alta presión y alta temperatura, provocando grietas y desplazamiento del lecho rocoso.
- Debido al desplazamiento de la rotura, este retroceso forma una pila de escombros.

Imagen 16

Acción del explosivo



Nota: Imagen obtenida de Piñas Esteban Yuri Alberth, 2007.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Perforación

Es donde se inicia la operación para un inicio para la detonación, cuyo objetivo será realizar un orificio cilíndrico, denominado taladro, en la roca destinada a contener a los explosivos así como algunos accesorios iniciadores. La perforación tiene como objetivo los efectos mecánicos del impacto y la rotación, cuyo impacto y fricción hacen que la roca se agriete o rompa.

2.3.2. Tipo de perforación según equipo:

a) **Perforación manual:** Esto se realiza con un equipo liviano manejado por un perforador. Se utiliza cuando por sus dimensiones no se pueden emplear diferentes máquinas sin justificar por su precio su uso.

b) **Perforación mecanizada:** El equipo para perforar está montado encima de una plataforma mecánica que permite al operador manipular los comandos para la perforación desde una posición conveniente. Estas plataformas tienen llantas u orugas, estos pueden tener autopropulsión.

2.3.3. Perforación según tipo de trabajo:

- **Perforación de taladros de avance**

Acá se necesita abrir un taladro de alivio o cuele de donde saldrá la roca fragmentada a efecto de la voladura o tronadura.

Manualmente se puede ejecutar los taladros, sin embargo conforme avanza la tecnología y las labores en sección se tiende a mecanizar las labores por ende también los equipos, usando así jumbos de perforación de uno o varios brazos.

- **Perforación de taladros de producción**

En minería subterránea se emplea esta terminología para aquellos frentes de trabajo donde se extraerá el mineral o que estos serán explotados. La variabilidad para el empleo de los equipos y método de explotación dependerá de las dimensiones del lugar donde se realizara las perforaciones.

- **Sostenimiento de rocas**

Para trabajos en minería subterránea o tajo abierto se requieren soporte de roca mediante cables de anclaje o con cementación, y la perforación es un paso preliminar en tales trabajos.

2.3.4. Explosivos

Son sustancias químicas con un enorme potencial energético, y podrán ser iniciados por un encendedor o factor similar, se inician inmediatamente con inmensa intensidad, rompiendo rocas y liberando grandes cantidades de gas que se expanden con gran energía, creando un efecto de impacto expulsado y desplazando escombros. Fabricado en una variedad de rendimientos, dimensiones y resistencia al agua, dependiendo de sus necesidades.

2.3.5. Fundamentos de los explosivos

Su acción se basa en el proceso de combustión de la siguiente manera:

A) Combustión simple

Son ocasionados por una reacción cuando los materiales combustibles son oxidados (consumen) en su totalidad y así crear otros elementos con oxígeno, tal es el caso del dióxido de carbono, el dióxido de azufre y el agua.

B) Combustión acelerada

Producido por una poderosa emisión de luz y calor en forma de llama, se propaga a menos de 1 metro por segundo.

- **Deflagración**

El acto o efecto de ignición (combustión repentina de materia sin llama y explosión).

- **Detonación**

La detonación es un proceso radical de conversión de la energía contenida en la materia, generalmente de naturaleza química, e intercambiada con el medio circundante a alta velocidad. Por lo tanto, para medir la fuerza explosiva de materiales con propiedades explosivas se utiliza la definición de “fuerza explosiva”, expresada en metros por segundo, teniendo en cuenta las propiedades específicas del químico en cuestión.

2.3.6. Burden y burden efectivo

Significa una medición lineal del taladro y una superficie libre, medida ortogonalmente hacia su orientación de la fila de taladros que forman la fila. El término burden generalmente se refiere a la carga del agujero. En otras palabras, las medidas de longitud están relacionadas con el espacio libre disponible en el banco. Cuando hablamos de burden efectivo nos referimos a las mediciones lineales del taladro y una ubicación en su superficie libre próxima hacia el momento de la detonación del orificio, considerando la orientación de ignición. En mallas de perforación de registro equilátero, la carga es 0,87 veces el espacio y la carga efectiva es 0,29 veces el espaciamiento.

2.3.7. Espaciamiento y espaciamiento efectivo

El espaciado entre taladros consiste en la orientación lineal de taladros adyacentes que conforman una fila. Cuando hablamos de distancia efectiva, nos referimos a se refiere a la dimensión lineal de orificios de disparo consecutivos y tiene en cuenta la orientación del plano despejado.

2.3.8. Concentración de carga lineal

Concentración de voladura a lo largo del taladro (medida en kg/m). El término puede ser independiente del diámetro del taladro (para cargas no adheridas) o dependiente del diámetro (para cargas totalmente adheridas)

2.3.9. Diámetro crítico

El diámetro crítico es el diámetro más pequeño que un explosivo aún puede explotar. Al incluir gas fino se tiene como resultado la reducción significativamente del diámetro crítico de los explosivos. Se conoce que el diámetro crítico puede tener un tamaño extenso de unos 125 mm para muchos productos de emulsión a granel y aquagel.

2.3.10. Desacoplamiento

Se refiere al uso de una carga de menor diámetro que el taladro que se introduce en el taladro.

La reducción del diámetro tiene el propósito de reducir la presión de detonación efectiva (reducción de daños) al reducir inicialmente la presión de detonación efectiva a la presión de perforación máxima.

2.3.11. Malla de perforación

Es un diseño de perforación de taladros que están distribuidos en un área determinada por factores de tipo de roca y características de los explosivos

2.3.12. Jackleg

Máquina neumática capaz de realizar trabajos horizontales y perforaciones de 30 a 45 mm de diámetro en el suelo.

2.3.13. Botones

Es una herramienta ampliamente utilizada para la perforación de roca mixta, dura y muy dura, elaborada con barra de acero de alta calidad y aleaciones de carburo de tungsteno.

2.3.14. Percusión

El impacto generado por la colisión del pistón provoca una onda de choque que viaja a través del varillaje hasta la boca.

2.3.15. Reducción de costos de brocas

Se trata de la reducción de costos por pies perforados por broca. Se expresa en \$/pie perforado.

2.3.16. Rendimiento de brocas

Definimos como rendimiento de brocas al comportamiento de estas según su desempeño y su utilidad, considerando en el caso un buen uso de este y un buen

comportamiento dentro de su utilización. Se expresa en pies perforados por la cantidad de brocas empleadas.

CAPÍTULO III.

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN.

3.1. Descripción de la unidad de producción Santa María de la Cía. Minera poderosa.

3.1.1. Ubicación

El proyecto Santa María está bajo la franquicia de Compañía Minera Poderosa ubicado en el distrito de Pataz en la provincia de La Libertad aproximadamente a unos 360 kilómetros de Trujillo, y en el sub-tramo provincial de vijus, según su geografía se encuentra en la vertiente nororiental de la Cordillera de los Andes en el batolito de Pataz en el lado derecho del río Marañón.

Geograficamente sus coodenadas son los siguientes:

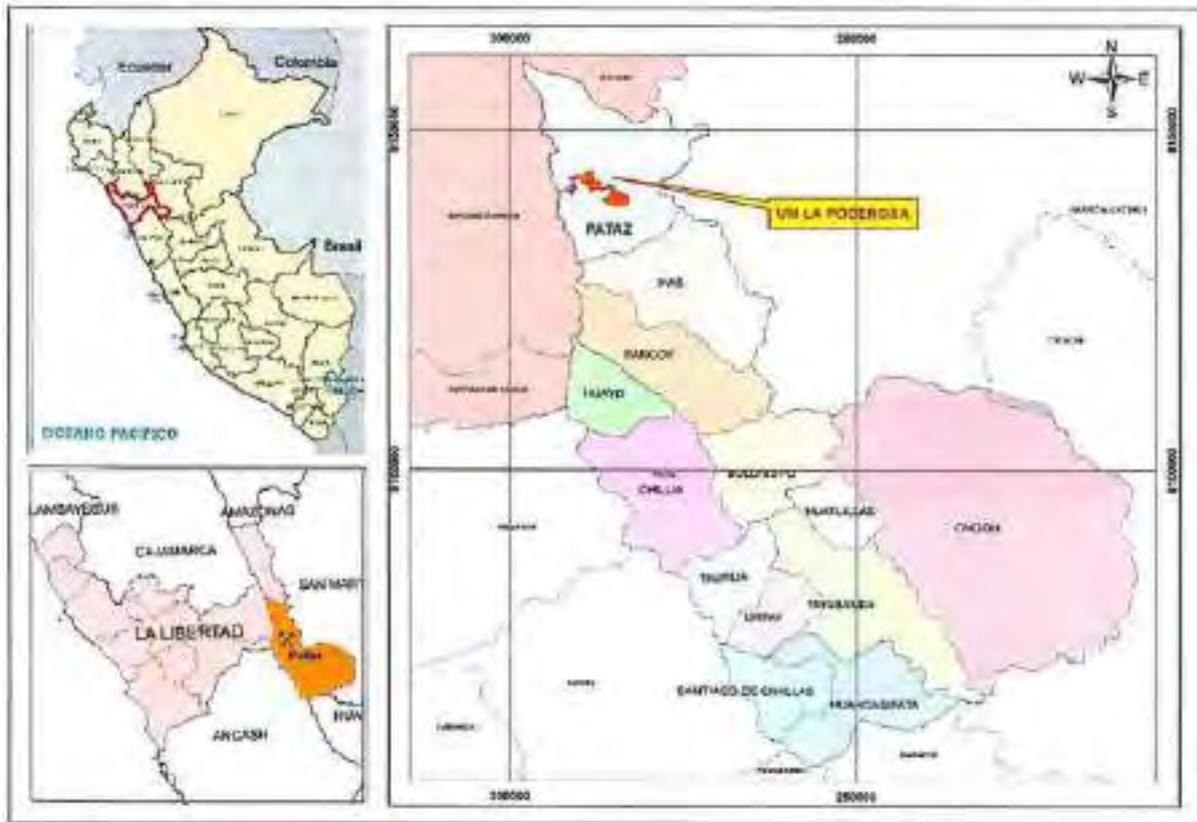
Longitud: 77 grados 35 minutos 24 segundos Oeste,

Latitud: 07 grados 47 minutos 02 segundos Sur,

Altitud: hasta 3000 m.s.n.m.

Imagen 17

Ubicación de la U.P Santa María de la Compañía Minera Poderosa S.A



Nota. Imagen obtenida del departamento de Geología, Cía. Minera Poderosa S.A.

3.1.2. Actividad económica

Las actividades que realiza la empresa minera se basan en la exploración, explotación y fundición y así posteriormente crear lingotes de oro. Para todos los trabajos tanto de operaciones mina y planta de concentrado son realizadas en las concesiones de la Cia Minera Poderosa, que se encuentra localizado en Patate - La Libertad.

La Cía. ha acordado con Asahi Refining Canada Limited para la refinación y venta de oro y plata y un acuerdo separado con Scotiabank New York para la venta de oro y plata refinada.

En abril de 2020, Scotiabank salió del negocio de metales y desde mayo de 2020 ha estado negociando oro y plata a la empresa Asahi Refining Canada Limited.

Para Asahi Refining Canada establece, entre otras cosas, los términos de venta, la calidad del metal y las responsabilidades y obligaciones de cada parte.

Vemos todos nuestros negocios como un solo segmento operativo para propósitos de administración y toma de decisiones. Esta es la unidad productiva Marañón y Santa María asociada a la concesión minera que genera ingresos, costos y gastos, así como administra el negocio. Todo se informa como una sola empresa.

3.1.3. Acceso

El acceso vía terrestre a las operaciones de la unidad minera es únicamente por la carretera Trujillo – Vijus – Cedro – Santa María, que es transitable por todo el año con algunas eventuales lluvias que interrumpen el libre paso.

Cuadro 6

Acceso a la Unidad de Producción Santa María- Cía. Minera Poderosa S.A.

VIA TERRESTRE			
ORIGEN	DESTINO	TIPO DE VIA	TIEMPO (Hrs.)
Lima	Trujillo	Asfaltada	9
Trujillo	Vijus	Carretera sin asfaltar	14
Vijus	Cedro	Carretera sin asfaltar	2
Cedro	Santa María	Carretera sin asfaltar	1
TOTAL			26
VIA AEREA			
ORIGEN	DESTINO		TIEMPO (Min.)
Lima	Trujillo		45
Trujillo	Chagual		30
Chagual	Santa María (tramo terrestre)		120
TOTAL			195

Nota. Elaboración propia.

3.1.4. Geología

3.1.4.1. Geología regional

Los estratos del segmento oriental de los Andes del norte del Perú presentan

características estratigráficas y tectónicas que describen la superposición de tres ciclos: Precámbrico, Herciniano y Andino.

El Ciclo Precámbrico conocido como el "Complejo de Marañón" debido a su base estratigráfica. Se compone principalmente de filita, esquisto, ignibrita y varias tobas volcánicas metamórficas.

Esta secuencia se observa mejor a orillas del río Marañón y tiene un espesor de 2.000 m. En cuanto al Paleozoico, este se encuentra en el complejo de Marañón, que está compuesto por rocas volcánicas llamadas Metavolcanes del período Precámbrico.

Además de esto, se formó un ciclo herciniano que consiste en secuencias de turbiditas oscuras. Cientos de metros por encima, ubicada principalmente al exterior del batolito de pataz, exactamente hacia las secciones occidental, también observamos filas de enclaves que cuelgan en xenolitos dentro del batolito.

Posteriormente, en el Carbonífero, se produjo un sedimento continental conocido como 'Grupo Ambo', constituido por areniscas, lutitas y varios conglomerados intercalados en el horizonte con secuencias superiores a los trescientos metros.

Además de tener más de 500 m de espesor, subyace al Grupo Mitú y otras formaciones con anomalías angulares, caracterizadas por rocas areniscas con intercalación de materia pelítica.

La concesión minera de Poderosa S.A. consta de 3 sectores auríferos mineros: el primer sector se llama La Lima por el norte, el sector central Papagayo y el sector El Tingo por el sur. Por otra parte, la datación de las rocas, teniendo en cuenta la estratigrafía, indica que se encuentran entre el Precámbrico y el Cenozoico. Además, sus litofacies indican que las rocas dominantes son intrusiones del Batolito de Pataz (Carbonífero), fuertemente meteorizadas y predominantes con plagioclasa y minerales ortóticos.

Los derivados de suelos arenosos de grano grueso que cambian rápidamente. Se ha

encontrado una proporción igual de rocas metamórficas precámbricas muy foliadas (filitas y esquisto). Adicionalmente, en el nivel piroclástico, existen rocas volcánicas con estructuras de almohada debajo de la filita. Se remonta al Cámbrico.

De manera similar, la presencia de areniscas, pizarras y pizarras arcillosas indican rocas paleozoicas tempranas.

En rocas del Paleozoico superior, están presentes en secuencias de areniscas carboníferas y rocas rómbicas junto a sucesiones continentales de estratos pérmicos rojizos.

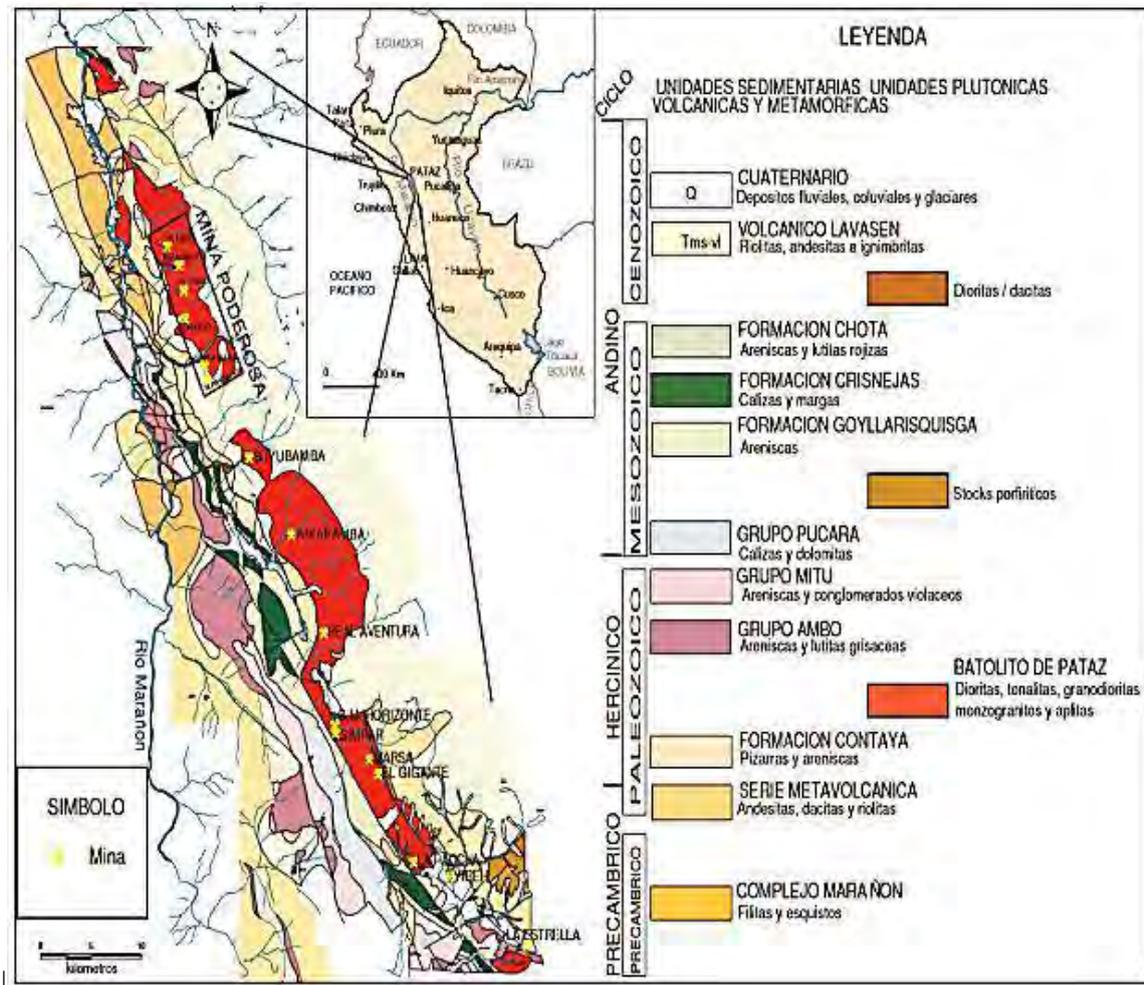
En este sentido, la serie de dolomías y calizas datan del Triásico superior al Jurásico. La Era Mesozoica existe por una sucesión continental de calizas y areniscas. Además, las rocas continentales de limolita roja y arenisca son cenozoicas.

Finalmente, los ensamblajes venosos forman arreglos mesófilos típicos de cuarzo, pirita y oro.

Normalmente, se encuentra próximo de batolitos en cuerpos de granito, pero también se puede encontrar dentro de las propias intrusiones. Bueno, los yacimientos explotados por Minera Poderosa S.A. son del tipo veta.

Imagen 18

Geología y formación de yacimiento por edades.



Nota. Imagen obtenida del Departamento de Geología – Cía. Minera Poderosa S.A.

3.1.4.2. Geología local

3.1.4.2.1. El complejo metamórfico del Marañón

En la mineralización de Vijus en las orillas del río Marañón, las capas metamórficas de filita intercaladas con esquistos de mica basal son evidentes en áreas de campamentos de paraíso, volcanes metamórficos y afloramientos de esquistos que recubren capas anteriores. También se observan volcanes metamórficos con un tono marrón debido a la oxidación y colores pálidos debido a la silicificación, y se encuentran frecuentemente con juntas fuertes. La

pizarra está parcialmente salpicada de dos metavolcanes de color gris oscuro.

Las anécdotas indican que importantes extensiones de pirita fueron incluidas por Wilson y Reyes como componentes del complejo, pero en realidad pertenecen a la Formación Contaya.

3.1.4.2.2. El batolito de pataz

Con una longitud total de unos 90 km. Es un cuerpo magmático de composición calcoalcalina compuesto por diorita y tonalita de composición marginal, granodiorita, adamerita de composición central y sistema venoso.

Applic-Pegmatic y finalmente, sistemas de vetas de andesita y lamprofila formadas después de eventos de mineralización. El batolito se presenta en forma de lentes.

Es alargado y se encuentra en las laderas occidentales de las Montañas Orientales.

3.1.4.2.3. Franjas de diques

Es principalmente el grupo de conductos pegmáticos lo que le da al grupo un tono rosado y a veces, un tono púrpura debido al alto contenido de la ortosa.

3.1.4.3. Geología estructural

Las características más importantes del batolito de Pataz son fallas y fallas internas. Los distritos tienen tres niveles estructurales bien definidos.

- Primera etapa premineral.
- Una segunda etapa que corre concurrentemente con la mineralización.
- Tercer estadio post-mineral.

Formada de fallas más antiguas y complejas. Estos son tipos de inversión siniestra de fallas. Las fallas preminerales son importantes porque los picos mineralizados están cerca y controlan la posición de los sedimentos.

3.1.4.4. Geología económica

La unidad de producción de Santa María tiene muchas vetas, incluidas Virginia, San Vicente, Guadalupe, Julie, Briana y Samy. El mismo explotado por ECM MAROSE CONTRASTISTAS GENERALES SAC. Este proyecto se desarrolla en el flujo de Samy.

a) La veta Samy tiene un azimut medio de N320° - N330°, un buzamiento de 45° NE a 80° NE, un rango de rumbo de unos 400 m, un espesor que varía desde unos pocos centímetros hasta 4 m, y una media de 1 a 65 gr Au/Tm. Una variación típica y predominante es una filica con un límite exterior de propilita.

b) Las principales litofacies son diorita, granodiorita alterada y hornfels, y las venas son irregularmente elípticas. Los valores más altos se encuentran donde hay fallas o intersecciones de NESW y NW-SE con fallas.

Es claro que la relación entre fuerza y derecho no es directa. Muchos de los anchos más anchos se encuentran dentro de la tolva de mineral, pero muchas otras zonas exhiben una alta resistencia con valores de oro bajos.

3.1.5. Clima y relieve

Las temperaturas pueden alcanzar hasta 35 °C en las tierras bajas y hasta 10 °C en las tierras altas.

En enero, febrero y marzo son de lluvias aluviales, ubicadas en las vertientes orientales, que tiene lluvias extensas, que vienen de la cuenca amazónica, donde crece una rica vegetación a gran altura, a una altura de 2500 m.s.n.m.

Desde esta altura y bordeando las montañas de la Cordillera por el oeste, el clima es frío y hace que la vegetación baje moderadamente.

El terreno es accidentado, en considerables inclinaciones, formado por la tectónica y la erosión del viento y los ríos, formando profundos valles intercalados con altas cumbres,

creando pendientes que varían de 1.200 a 2.800 metros sobre el nivel del mar. en las laderas orientales ya una altitud de 1.200 a 4.200 metros sobre el nivel del mar. en la vertiente occidental.

3.1.6. Estratigrafía

La capa prematura, el volcánico Lavasen, esta ubicado al este del Batolito. Tienen más de 1.000 m de espesor, tienen una composición moderadamente ácida y tienen una mayor proporción de toba que de lava. Finalmente, las rocas volcánicas de lava son similares a las del Alto Kalypui.

Los complejos de marañón, por otro lado, existen en una morfología monoclinica con cheurones de menor tamaño y pliegues isoclinales. Además, el nivel de la lutita es paralelo al plano axial de los pliegues subyacentes y discordante. Los estratos están orientados al noroeste y buzanan al noreste, al igual que el plano axial 47 del pliegue inferior. Además, la compresión recibida tiene una característica vertical noreste-suroeste.

Durante el Precámbrico, los volcanes y las lutitas sufrieron un metamorfismo regional con sumersión y deposición en el Ordovícico, seguido de erupción y erosión en el Silúrico-Devónico, y luego Ambo, sedimentos mixtos continentales del Carbonífero Inferior, seguidos por estratos, luego el Pérmico Superior.

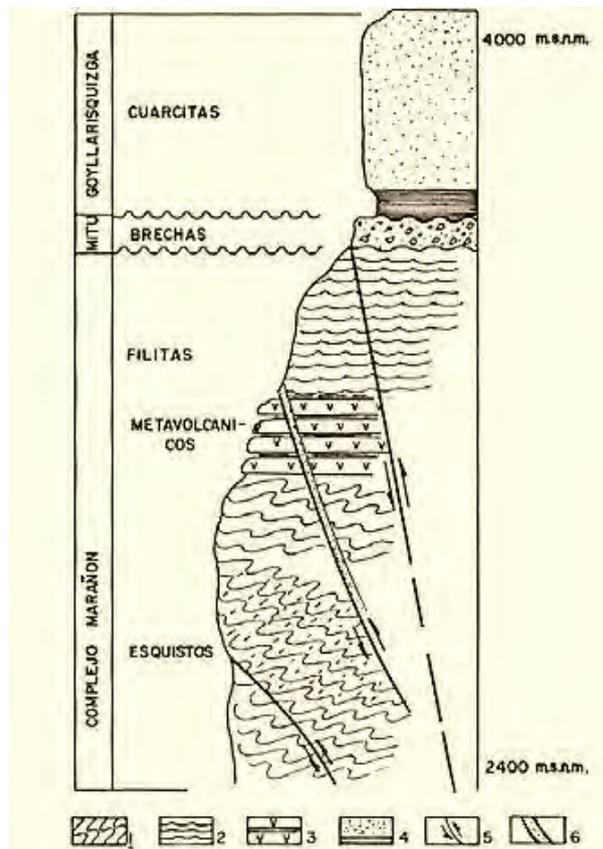
a) El Complejo del Marañón tiene una correlación estratigráfica en aproximadamente 2.000 m de espesor y está compuesto por rocas metavolcánicas y filitas. Se remonta a la época precámbrica.

Constituido por la roca intrusiva Batolito Pataz, es un óvalo lenticular de 80 km de largo, orientado de 200 N a 300 W y que contiene estructuras mineralizadas regionales.

b) Cuaternario Compuesto por sedimentos de deriva (pie) o morrena y glaciares fluviales, a una altura de 3.500 m sobre el nivel del mar.

Imagen 19

Columna esquemática de la parte oeste del valle de río marañón



Nota. Imagen obtenida de Jacay et al. (1990)

3.2. Administración de la unidad de producción Santa María

La riqueza del oro en la provincia de Pataz siempre ha sido conocida. Allí la minería siempre se ha hecho tanto artesanal como por el sector privado. Es conocido que los que iniciaron en el lugar se dedicaron a la minería en una escala reducida.

Las primeras operaciones a escala industrial se establecieron en la zona de Pataz en la década de 1920, cuando la Northern Perú Mining Company construyó una planta de cianuro con una capacidad de 250 TMD. Northern Perú Mining Company está activa hacia las finales de 1940. Al mismo tiempo, Gordillo Delboy realizó un levantamiento de los cañones La Lima y Tingo al norte del distrito, cruzando 48.000 TM con una ley de 13,27 g Au/TM. En ese momento, sin embargo, el área fue abandonada debido a su lejanía y a los precios relativamente

bajos de los minerales.

Wilder Lozano Noriega alrededor del año 1967 concesionó el área que se conoce hoy en día como Poderosa.

3.3. Método de explotación en la unidad de producción Santa María

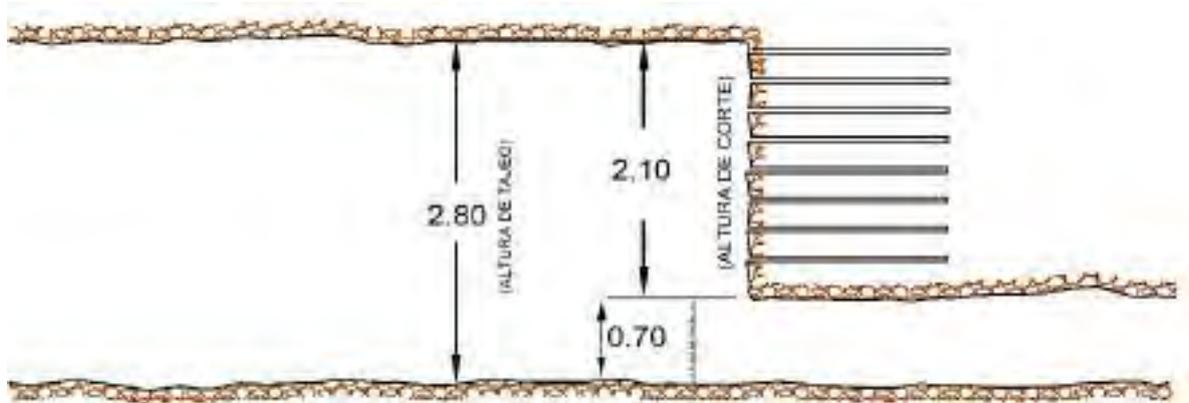
La explotación se realiza a través de una combinación de métodos tradicionales y trackless. Dependiendo de la naturaleza del depósito, los tajos y los subniveles se limpian con rastrillos de limpieza eléctricos y el mineral se recolecta en un punto de acopio donde se acumula y se hace el carguio y acarreo mediante equipos de bajo perfil o en vagones.

Los métodos de explotación más utilizados son:

- Cut and fill con relleno detrítico (breasting)

Imagen 19.1

Corte y relleno ascendente con perforación en breasting/

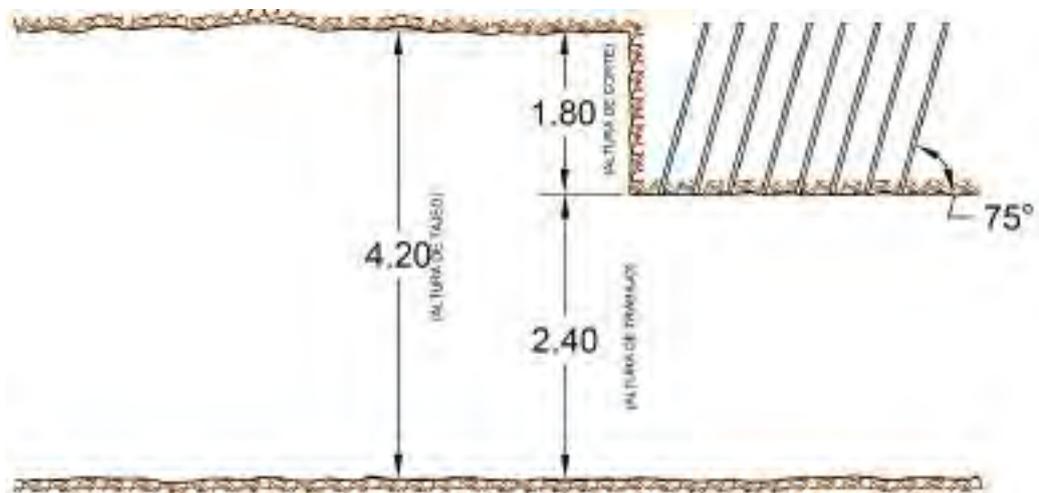


Nota. Imagen obtenida de Cenvim. (2021)

- Cut and fill con relleno detrítico (perforación en realce)

Imagen 19.2

Corte y relleno ascendente con perforación en realce

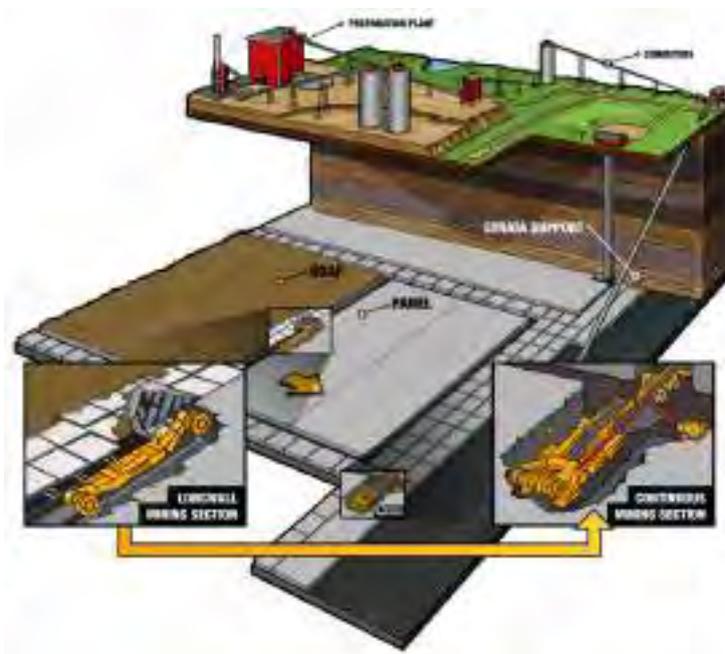


Nota. Imagen obtenida de Cenvim. (2021)

- Long Wall

Imagen 19.3

Corte y relleno ascendente con perforación en breasting



Nota. Imagen obtenida de Adobe Stock. (2021)

La proporción de mineral y desmonte es de 1:1. En otras palabras, se extrae 1 tonelada

de material estéril para entregar 1 tonelada de mineral a la planta. despacho y material Los sistemas cuaternarios se utilizan como rellenos en los sistemas de llenado hidráulico. Dependiendo de la situación, los hastiales se sostienen con pernos de anclaje, pernos electrosoldados, marcos de madera, marcos de acero, hormigón proyectado.

La maquinaria utilizada en la minería subterránea es más pequeña que la utilizada en las minas a cielo abierto debido al tamaño del túnel y otras limitaciones de trabajo.

3.4. Operaciones unitarias en la U.P Santa María - CIA. minera poderosa

3.4.1. Perforación en la U.P Santa María - CIA minera poderosa

En la unidad de producción Santa María se tiene labores convencionales de avance de sección de 2.5mx2.7m donde se utiliza para la perforación equipos manuales Jack Leg con el uso de accesorios de perforación como aceros y brocas.

Se utilizan brocas descartables de 32 mm para perforaciones de sostenimientos para pernos helicoidales y brocas descartables de 36 mm para perforaciones de producción y alivio. Se usan barrenos de 4 y 6 pies de marca boart longyear

3.4.1.1. Especificaciones del estándar de perforación con Jackleg

1. Se utilizará el diseño de red de perforación establecido para cada tipo de roca y lugar de trabajo. Si el estado del bloque no corresponde al proyecto, el supervisor directo hará los cambios y dejará el certificado en orden.
2. La máquina jackleg con los accesorios adecuados (taladro y disco de goma) se utilizará para la perforación con rosca horizontal.
3. Cuando el trabajo esté estable y bien ventilado, se realizará la perforación.
4. Se utilizará tinta visible e indeleble en un lugar destacado de la roca para marcar pendientes, cortes y patrones de perforación.
5. No deberá tener tiros cortados en el sitio de perforación.

6. Para perforar agujeros, debe usar al menos 3 guías de madera en un frente de trabajo.
7. La presión neumática al perforar debe ser de al menos 70 psi.
8. Todas las conexiones de servicio deben estar encadenadas de forma segura.
9. Para la presión del agua en los trabajos de perforación debe ser superior a 43 PSI con un caudal mínimo de 0,5 litros por segundo.
10. En el caso de perforaciones en sub-niveles y galerías, el circuito debe ser mapeado por geólogos antes de iniciar la perforación..
11. Considerar que los anillados con madera, entablado, enrejado, pernos de roca, malla, hormigón, entre otros, no estén removidos por un disparo anterior. Si lo estuviesen, deberán ser asegurados inmediatamente.
12. Cuando realizamos la perforación, el perforador y su asistente deben verificar continuamente si hay rocas sueltas para eliminar.
13. Para cualquier trabajo de perforación se debe realizar de forma paralela a la gradiente de la galería, sub-nivel y otras labores similares usando una menor cantidad de carga explosiva para evitar sobre roturas en el contorno final.

3.4.1.2. Materiales, equipos y herramientas para perforación en labores de avance y producción.

- Atacadores
- Brocas descartables de 36 milímetros.
- Manguera de doce pulgadas para aire ventilado
- Disco tipo goma
- Mangueras de media pulgada para fluido de agua
- Barras para el desatado de rocas de 4', 6', 8' y 10'

- Aceite
- Máquina rociador de aceite
- Perforadora Jackleg RNP (Imagen N° 20), Barrenos (de 2', 4', 6' y 8')
- Mangueras de una pulgada para el uso de fluido del aire
- Rociador de pintura
- Saca-brocas y saca-barrenos.

Imagen 20

Máquina perforadora marca RNP/Tipo Jack Leg Modelo RNS83FX – FL7.



Nota: Imagen obtenida del Catálogo y especificaciones de máquina RNPSA

3.4.2. Voladura en La U.P Santa María – CIA Minera Poderosa

3.4.2.1. Especificaciones del estándar de voladura

1. Todo el personal que trabaje con explosivos y accesorios deberá contar con licencia vigente de SUCAMEC.
2. La carga de explosivos deberá realizarse cuarenta y cinco minutos antes de la hora prevista de disparo.
3. El atacador de madera se utilizará para atacar el explosivo en el ejercicio.
4. Use la barra guía de la longitud correcta para hacer funcionar todo el taladro. En

ningún caso se permitirán barandas de menos de un punto y cincuenta (1,50) metros de longitud.

5. Es obligatorio el uso de tornillos y mechas de liberación rápida a partir de los veinte orificios después del secado; y cuando se trabaja con una (1) broca que pierde agua con chispas.
6. La Guía armada 02 debe usarse para iniciar una explosión primaria o secundaria.
7. Antes de la chispa, era necesario coordinar el trabajo con otros y disparar en el momento especificado por la empresa.
8. El guía siempre estará acompañado por al menos un ayudante experimentado para realizar los tiros. Para la voladura en los trabajos de avance y producción usamos los siguientes explosivos y accesorios de voladura:

3.4.2.2. Emulnor

Según la ficha técnica de Emulnor de Famesa Explosivos S.A.C. (2018) (Cuadro N° 07), “Es una emulsión explosiva encapsulada en una carcasa de plástico, que tiene las características de seguridad de polvo de buena calidad, fuerza, resistencia al agua y al gas.”. En un mercado de variedad se puede escoger cualquiera de los tipos de emulnor:

- EMULNOR® 500.- Para la voladura de rocas muy suaves.
- EMULNOR® 1000.- Para la voladura de rocas suaves a intermedias.
- EMULNOR® 3000.- Para la voladura de rocas intermedias a duras.
- EMULNOR® 5000.- Para la voladura de rocas muy duras.

Su uso está dirigido a cualquier tipo de trabajo: en minería y desarrollo, en construcción, canteras, en plataformas de perforación seca, húmeda e inundada, con un modo de aplicación similar al de un explosivo convencional, que puede actuar como dinamita.

Cuadro 7

Características técnicas del Emulnor

CARACTERISTICAS TECNICAS				
	EMULNO R 500	EMULNO R 1000	EMULNO R 3000	EMULNO R 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm ³)	0.9	1.13	1.14	1.16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s) CONFINADO	4 400	5 800	5 700	5 500
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s) SIN CONFINAR	3 500	4 500	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (Kbar)	44	95	93	88
ENERGÍA (Kcal/kg)	628	785	920	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)	952	920	880	870
POTENCIA RELATIVA EN PESO *** (%)	63	85	100	105
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN*** (%)	75	120	145	155
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE	Nº8	Nº 8	Nº 8	Nº 8
RESISTENCIA AL AGUA	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
CATEGORIA DE HUMOS	Primera	Primera	Primera	Primera

Nota. Cuadro obtenido de la Ficha técnica de Emulnor de Famesa Explosivos S.A.C

3.4.2.3. Fanel

Según la ficha técnica de Fanel de Famesa Explosivos S.A.C (Cuadro N° 08). “Fanel es un poderoso sistema de iniciación para aplicaciones subterráneas, aéreas y de construcción, que ofrece el beneficio de una sincronización sin riesgos, eliminando cualquier posibilidad de conexiones falsas”.

Cuadro 8

Características técnicas del Fanel

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
DEL FULMINANTE DE RETARDO	FANEL®
Diámetro (mm)	7.3
Longitud (mm)	60/68/88/92
Prueba de Esopo, Diámetro o de perforación (mm)	Min. 11
Volumen trauzl (cm ³)	Min. 34
Resistencia al impacto 2kg / 1m	No detona
DE LA ETIQUETA	FANEL®
Material	Plástico
Color de letra	Negro
Color de fondo	En función del tiempo de retardo
DE LA MANGUERA FANEL	FANEL®
Material	Termoplástico flexible y de gran resistencia mecánica
Diámetro (mm)	3,3 ± 0,2
Longitudes (m)	Variable
color periodo corto	rojo o naranja
color periodo largo	amarillo
Velocidad de onda (m/s)	2 000 ± 200
DEL CONECTADOR PLASTICO TIPO "J"	FANEL®
Material	Plástico
Color periodo corto	Rojo
Color periodo largo	Azul

Nota: Cuadro obtenido de la Ficha técnica de Emulnor de Famesa Explosivos S.A.C.

La composición de los faneles comprende lo siguiente:

- **Fulminante de retardo:** Consta de un fulminante número 12 que contiene un explosivo primario de alta sensibilidad, un explosivo secundario de alta sensibilidad y un retardador de acuerdo a su número de serie que permite detonar en diferentes intervalos de tiempo como se muestra en el cuadro N°09. En el mercado se ofrecen dos escalas: corto plazo (MS) y largo plazo (LP).

Cuadro 9

Escala de tiempos nominales de retardo

ESCALA DE TIEMPOS NOMINALES DE RETARDO:			
Serie Estándar			
Periodo corto	Periodo corto	Periodo corto	Periodo corto
Nº serie	TOR (ms)	N serie	TDR (ms)
0	0	11	300
1	25	12	350
2	50	13	400
3	75	14	450
4	100	15	500
5	125	16	600
6	150	17	700
7	175	18	800
8	200	19	900
9	225	20	1 000
10	250		

Periodo largo	Periodo largo	Periodo largo	Periodo largo
Nº serie	TOR (s)	Nº serie	TDR (s)
1	0.5	9	4,5
2	1.0	10	5.0
3	1.5	11	5.6
4	2.0	12	6.2
5	2.5	13	6.8
6	3.0	14	7.4
7	3.5	15	8.0
8	4.0	16	8.6

Nota: Cuadro obtenido de la Ficha técnica del Fanel de Famesa Explosivos S.A.C

- **Manguera Fanel o tubo de choque:** Según Famesa. “Están hechos de un material termoplástico de alta resistencia mecánica, el interior está uniformemente recubierto con un reactivo que, cuando se activa, crea una onda de choque de presión y temperatura suficiente para activar la cápsula. Está sellado ultrasónicamente en un extremo y ensamblado con una imprimación retardante de llama en el otro extremo.

3.4.2.4. Carmex (Detonador ensamblado)

Según la ficha técnica de Carmex de Famesa Explosivos S.A.C (Cuadro N° 10).
“Carmex ha sido concebido y desarrollado como un sistema de arranque seguro y eficaz para aplicaciones generales de limpieza con chorro abrasivo. CARMEX consta de las siguientes partes: cebo común número 8, pieza de enganche de seguridad, enganche rápido y bloque de retención, que es un fusible de plástico que une el enganche rápido al conector Quick Wick.

Cuadro 10

Características técnicas de componentes del Carmex

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
DEL FULMINANTE COMÚN CARMEX®	
Diámetro de fulminante (mm) 6.3	Resistencia a la humedad relativa del 100% por 24 horas Detona
Longitud del fulminante (mm) 45	Resistencia de impacto 2kg /1m No detona
Prueba de Esopo diámetro de perforación (mm) Mín 9.0	Sensibilidad a la chispa de la mecha de seguridad Buena
Volumen trauzl (cm ³) Mín 23	
DE LA MECHA DE SEGURIDAD	CARMEX
Color de recubrimiento plástico	Verde
Verde Núcleo de pólvora (g/m)	6.1 ± 0.7
Tiempo de combustión (s/m)	160±10
Diámetro externo (mm)	5.2 ± 0.2
DEL CONECTOR	CARMEX
Diámetro del conector (mm)	6,3
longitud del conector (mm)	45
Ancho dela ranura (mm)	2.3± 0,3
Carga de material pirotécnico (g)	0,5±0,1
Altura de carga (mm)	11,0 ± 3,0
DEL BLOCK DE SUJECCIÓN	CARMEX
Diámetro del block de sujeción (mm)	10 ± 0.3
longitud total (mm)	14 ± 0,2
Color del block de sujeción	Anaranjado
Material	Plástico

Nota. Cuadro obtenido de la Ficha técnica del Carmex de Famesa Explosivos S.A.C

3.4.2.5. Pentacord (Cordón detonante)

Según la ficha técnica del Pentacord de Famesa Explosivos S.A.C (Cuadro N°11). “El cordón detonante Pentacord es un accesorio de voladura, que posee características como: Alta velocidad de detonación, facilidad de manipuleo y seguridad. Está formado por un núcleo de pentrita (PETN), el cual está recubierto con fibras sintéticas y forrado con un material plástico. En el caso de los cordones reforzados, se utiliza adicionalmente hilos y resinas parafinadas para dotar al producto de una mayor resistencia a la abrasión y tracción”.

3.4.2.5.1. Tipos y usos del Pentacord

- **PENTACORD 3P** - Este es un alambre de ruptura liviano con alta resistencia a la tracción, resistencia a la abrasión y alta estanqueidad, diseñado para trabajar en pozos de pequeño diámetro.
- **PENTACORD 5P.-** Comúnmente utilizado como línea principal en operaciones de voladuras primarias o secundarias o como línea de fondo en pozos de pequeño a mediano diámetro tanto en minería aérea como subterránea. También se utiliza para ejecutar FANEL y MININEL.
- **PENTACORD 5 PE.-** Es un hilo explosivo reforzado de alta resistencia a la tracción, resistencia a la abrasión y alta estanqueidad, por lo que se utiliza en minería a cielo abierto y subterránea. • **PENTACORD 8P y 10P:** estas son líneas más pesadas que se pueden usar como líneas primarias y secundarias para cualquier aplicación especial de superficie o subterránea.
- **PENTACORD 8 PE y 10 PE.** - Es un accesorio de refuerzo con alta resistencia a la tracción, resistencia al desgaste y alta estanqueidad para trabajos pesados de voladura. Estos cables pueden permanecer cargados por un tiempo sin sufrir daños hasta que se realice una voladura adecuada.

La aplicación de este dispositivo está dirigida a la minería a cielo abierto y subterránea, ya que tiene un buen desempeño en explosiones primarias, secundarias y en masa.

Cuadro 11

Aspectos técnicos del Pentacord

CARACTERISTICAS TECNICAS							
8P	8 PE	10 p	10 PE	3P	3 PE	5P	5 PE
Peso de carga (glm)				Min.4	Min. 4	Min. 5	Min. 6
Min.8	Min.8	Min. 10	Min. 10				
Resistencia a la tracción (kg)				Min.60	Min. 70	Min. 60	Min. 70
Min.60	Min.70	Min. 60	Min. 70				
Velocidad de detonación (m/s)				Min. 6800	Min. 6800	Min. 7000	Min. 7000
Min.7000	Min.7000	Min.7000	Min. 7000				

**Fuerza de rotura evaluada en equipo de tracción a una velocidad de 65 mm/min.*

Nota. Cuadro obtenido de la Ficha técnica del pentacord de Famesa Explosivos S.A.C

3.4.2.6. Mecha rápida (Cordón de ignición)

Según la ficha técnica de la mecha rápida de Famesa Explosivos S.A.C (Cuadro N° 12). “Es una parte integral de un sistema iniciador de explosión tradicional, que consta de un bloque pirotécnico, dos cables y una carcasa exterior de plástico. Una vez encendido, el fusible rápido genera una llama incandescente con temperatura suficiente para activar el bloqueo pirotécnico del acoplador rápido, lo que enciende efectivamente el cable de seguridad.”.

Cuadro 12

Características técnicas de la mecha rápida

CARACTERISTICAS TECNICAS		
	Mecha Rápida	Mecha Rápida
	z - 18	z - 19
Color de la Mecha Rápida	Rojo	Verde
Material de la cobertura exterior	Plástico	Plástico
Tiempo de combustión a.n.m (s/m)	35 ± 5	26 ± 5
Diámetro externo (mm)	2 ± 0,3	2 ± 0,3
Peso total (g/m)	Min.6,0	Min.6,5

Nota. Cuadro obtenido de la Ficha técnica de la mecha rápida de Famesa Explosivos S.A.C

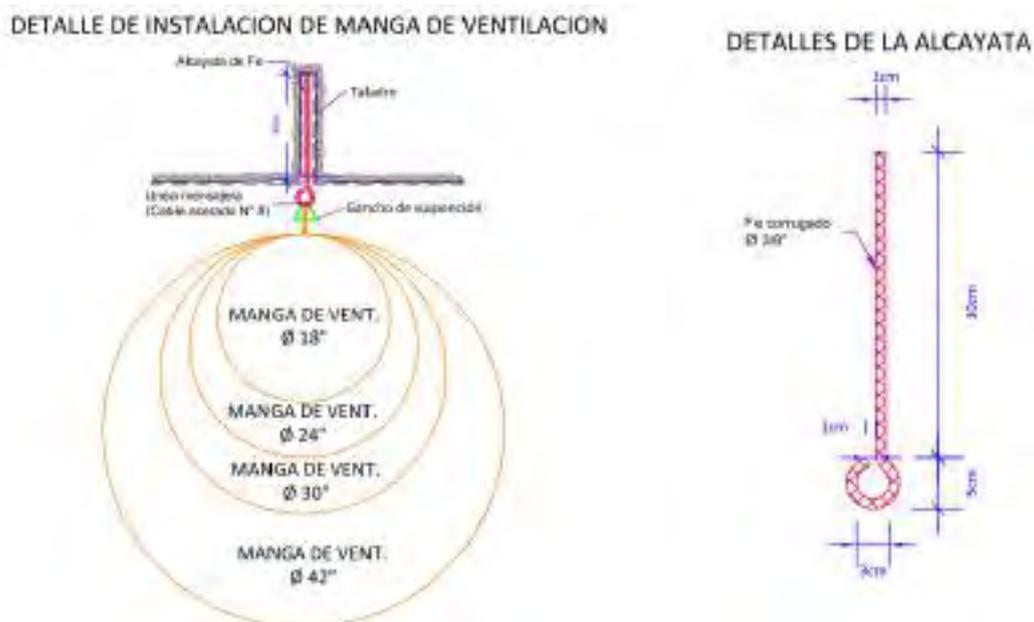
3.4.3. Ventilación en la U.P Santa María – CIA minera poderosa

Según Estudios mineros del Perú SAC – 2008. “la ventilación subterránea implica la circulación de aire necesaria dentro de la mina para proporcionar un ambiente ventilado y seguro por medio de un ventilador. La ventilación en todas las faenas de Santa María tiene como objetivo establecer los requisitos necesarios para la instalación de ductos de ventilación, que en las faenas mineras nos permitan suministrar y/o descargar gases, reduciendo la concentración de elementos químicos y físicos con el fin de minimizar el riesgo de formación de gases y silicosis”.

Realizado por ventiladores de 20,000 CFM, los frentes están ventilados por una manga de 12” tomada de los conductos de aire principales que pasan por las salas de exposición. El estándar de instalación de la manga de ventilación y alcaiyata se ve en la Imagen N° 21. Para mayor información ver el Anexo N° 02 donde se observa la instalación de manga de ventilación en sección de 2.5mx2.7m vista Perfil.

Imagen 21

Instalación de manga de ventilación y alcaiyata



Nota. Imagen obtenida del Departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A. (2019)

3.4.3.1. Especificaciones del estandar de ventilación

1. La instalación de mangas será realizada por personal capacitado y entrenado.
2. Las mediciones de Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y Oxígeno deberán ser tomadas con anterioridad a la instalación de mangueras, especialmente en trabajos ciegos, y registradas y comunicadas al personal que necesite realizar las acciones de este trabajo.
3. Las mangas de ventilación deben ser de tela poliéster, con revestimiento de PVC plastificado, con un peso mínimo de 600 gramos por metro cuadrado (gr/m²).
4. Las mangas de ventilación estarán provistas de un cierre hermético con cremallera, en ambos extremos, asimismo con ojales de suspensión cada 75 centímetros en la basta.
5. El diámetro y longitud de las mangas de ventilación se indican en el cuadro N° 13:

Cuadro 13

Diámetro y longitud de las mangas de ventilación

DIAMETRO	LONGITUD
42, 30 y 24 pulgadas	En tramos de 20 y 100 metros
18 y 12 pulgadas	En tramos de 10 metros

Nota. Cuadro obtenido del Dep. de P&I de la Cía. Minera Poderosa S.A.

6. El uso de mangas de ventilación en los ventiladores, se indica en cuadro siguiente

Cuadro 14

Uso de mangas de ventilación

DIAMETRO	VENTILADORES
42 pulgadas	Mayores o igual a 30,000 pies cúbicos por minuto (CFM).
30 pulgadas	20,000 CFM y 10,000 CFM
24 pulgadas	10,000 CFM y 5,000 CFM
18 pulgadas	5,000 CFM
12 pulgadas	5,000 CFM y 3,000 CFM

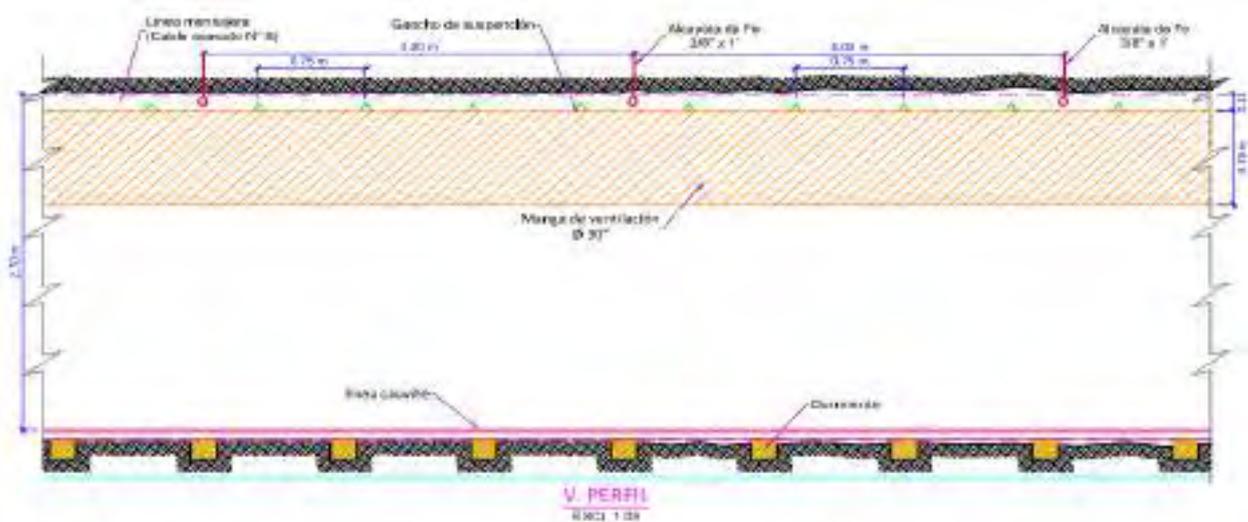
Nota. Cuadro obtenido del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A.

7. Para la instalación de las mangas de ventilación se utilizará un cable acerado número 8, que servirá como línea mensajera.
8. Las alcayatas de soporte de la línea mensajera, en línea recta estarán espaciados a 3 metros y en curvas a 1.00 metro, estas alcayatas, deben ser de fierro corrugado de 3/8" de diámetro con una longitud de 30 centímetros.
9. Los taladros en los que se instalará las alcayatas, tendrán una profundidad de 30 centímetros (1 pies) y para su perforación se utilizará brocas de 32 mm de diámetro.
10. La Línea Mensajera se instalará bien tensada o templada en las alcayatas de soporte.
11. Las mangas de ventilación se deben instalar en forma alineada (sin inflexiones).
12. Las mangas de ventilación se instalarán sujetos en la línea mensajera, a través de ganchos de suspensión de fábrica.
13. Se debe retirar la cantidad necesaria de Mangas (desde el tope hacia atrás) en casos que la proyección de la voladura (disparo), afecten las mangas de ventilación, con el fin de protegerlos y mantenerlos en buen estado.
14. Los ventiladores auxiliares de 5,000 CFM, serán instalados como se ve en el Anexo N° 06, así también se tendrá en cuenta las siguientes características:
 - El desquinche se hará al hastial derecho o izquierdo de la labor de acuerdo a la evaluación del área de ventilación con una sección de 2.5x2.5x1.5m.
 - El perno de anclaje que sostiene el ventilador auxiliar para su instalación en la cámara, serán instalados en taladros de 2 pies de profundidad, con una inclinación aproximada de 65° y para su perforación se utilizara brocas de 32 milímetros de diámetro.
 - El ventilador estará sobre una base metálica de las siguientes dimensiones 1.2x1.4x0.78 m; anclados con 4 pernos hexagonales con arandela y rosca de 3/16".

- Se realizará una patilla de 20cm para colocar en la base una tabla de 0.2x0.2x0.05m, en donde se asentará la base de riel.
- El ventilador estará sobre una base metálica de las siguientes dimensiones 1.2x1.1x0.78m; anclados con 4 pernos hexagonales con arandela presión y rosca de 3/8"X4".
- Los ventiladores deberán tener empalmadas un mínimo de 45 metros de manga (3 tramos de 10"x15m).
- El ventilador no se encenderá si no cuenta con manga de ventilación.

Imagen 22

Instalación de manga de ventilación en sección de 2.5mx2.7m vista Perfil



Nota. Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A.

3.4.4. Desatado de rocas en la U.P Santa María – CIA minera poderosa

Se debe establecer los requerimientos mínimos para el desatado de rocas sueltas en las labores mineras, a fin de disminuir el riesgo de desprendimiento de rocas (Cia Minera Poderosa, 2016).

3.4.4.1. Especificaciones del estándar del desatado de rocas

3.4.4.1.1. Generalidades

Antes de iniciar los trabajos de minado, especialmente los trabajos a ciegas, se tomarán, registrarán y entregarán al personal que iniciará los trabajos, mediciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y oxígeno, específicamente. Realizar un desatado de rocas durante y después de la perforación, la limpieza de minerales o desechos, el revestimiento, antes y después de las voladuras. Necesita al menos 2 trabajadores para el desatado de las rocas. Las barras de 4' y 6' serán de acero hexagonal de siete octavos de pulgada las cuales serán descartadas, mientras que las de 8', 10' y 12' tendrán que ser de aluminio. Si vemos la Imagen N° 23 veremos el juego de barretillas empleadas en una labor.

Imagen 23

Juego de barretillas



Nota. Imagen propia obtenida en la Rampa Sandra UP Santa María Poderos, Abril 2021.

El almacén de cada nivel debe tener el 20% del stock de baretilla necesario para reponer las que no se utilizan.

3.4.4.1.2. En labores horizontales

Las galerías y rampas deberán tener por lo menos un juego de cuatro baretillas cada cien metros en tramos como se ve en el cuadro N° 15.

Cuadro 15

Longitud de barrerillas según la sección y tipo de labor

LABOR	SECCION	LONGITUD DE BARRETILLA
Galerías, cruceros, rampas	2.5 m x 2.5 m.	4' , 6', 8' y 10'
Galerías, cruceros, rampas	2.7 m x 2.7 m.	4' , 6', 8' y 10'
Rampas, cruceros	3.0 m x 3.0 m.	6', 8', 10' y 12'
Rampas, cruceros	4.0 m x 4.0 m	6', 8', 10' y 12'

Nota: Cuadro obtenido del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

Para realizar el desatado de rocas en los niveles de extracción, el área de mantenimiento eléctrico deberá desenergizar la línea trole, por el tiempo que durará el desatado. Para el desatado de rocas sueltas en cada labor horizontal, como mínimo, debe contarse con dos (2) juegos de baretillas de desatar, según la sección:

Cuadro 16

Longitud de barrerillas según la sección y tipo de labor horizontal

LABOR	SECCION	LONGITUD DE BARRETILLA
Subniveles	1.2 m x 1.8 m.	4' v 6'
Galerías, cruceros, rampas	2.5 m x 2.5 m.	4' , 6' v 8'
Galerías, cruceros, rampas	2.7 m x 2.7 m.	4' ' 6' y 8'
Rampas, cruceros	3.0 m x 3.0 m.	6', 8' y 10'
Rampas, cruceros	4.0 m x 4.0 m	6', 8', 10' y 12'
Tajos	Altura de minado	4' ' 6', 8' y 10'

Nota: Cuadro obtenido del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

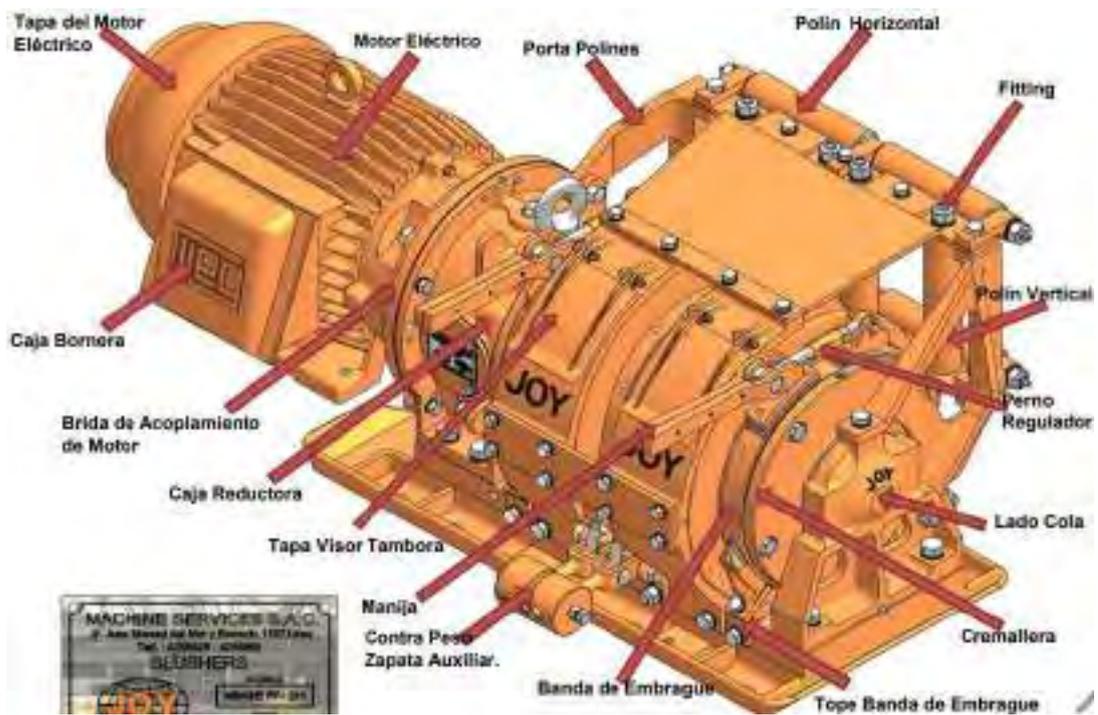
3.4.5. Limpieza y acarreo

3.4.5.1 Limpieza con winches eléctricos de rastrillaje

El Winche de rastrillaje, es utilizado para transportar minerales y/o desechos., sus partes se ven en la Imagen N° 24.

Imagen 24

Winche de rastrillaje Modelo FF -211



Nota. Imagen obtenida de Machine Services S.A.C.

- Motor eléctrico
- Caja reductora
- Tamboras de Arrollamiento
- Eje Principal
- Palancas de control
- Cable de acero
- Poleas de arrastre y/o guías

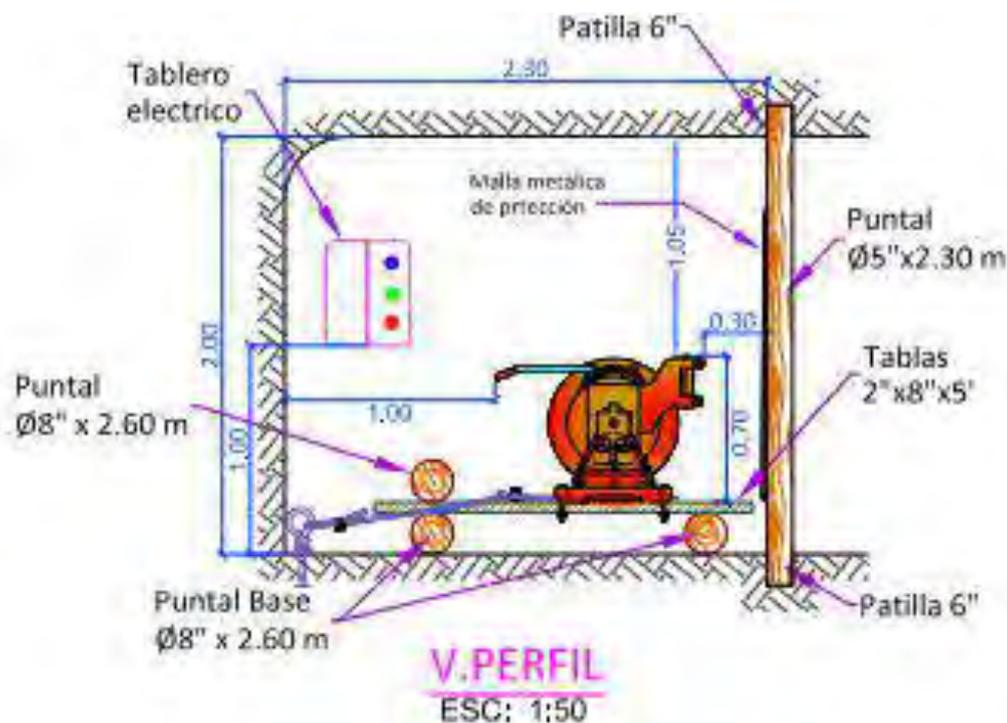
- Sistema de frenos
- Sistema de embrague
- Cámara del equipo
- Tablero de Arranque

3.4.5.1.1. Operación con winche de rastrillaje

En la Cia. Minera Poderosa se utiliza winches eléctricos de 15 HP y 30 HP para la limpieza en tajos, como se ve en la figura N° 27 estos son instalados dentro de nichos los cuales son seguros ante cualquier evento de condición insegura.

Imagen 25

Cámara de winche eléctrico de 30 HP



Nota: Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

- EMBRAGUE:** Manipulado por una palanca, utilizado para transmitir el movimiento del motor al tambor. Un engranaje planetario para cada tambor proporciona un impulso directo desde el eje principal. Los engranajes impulsores

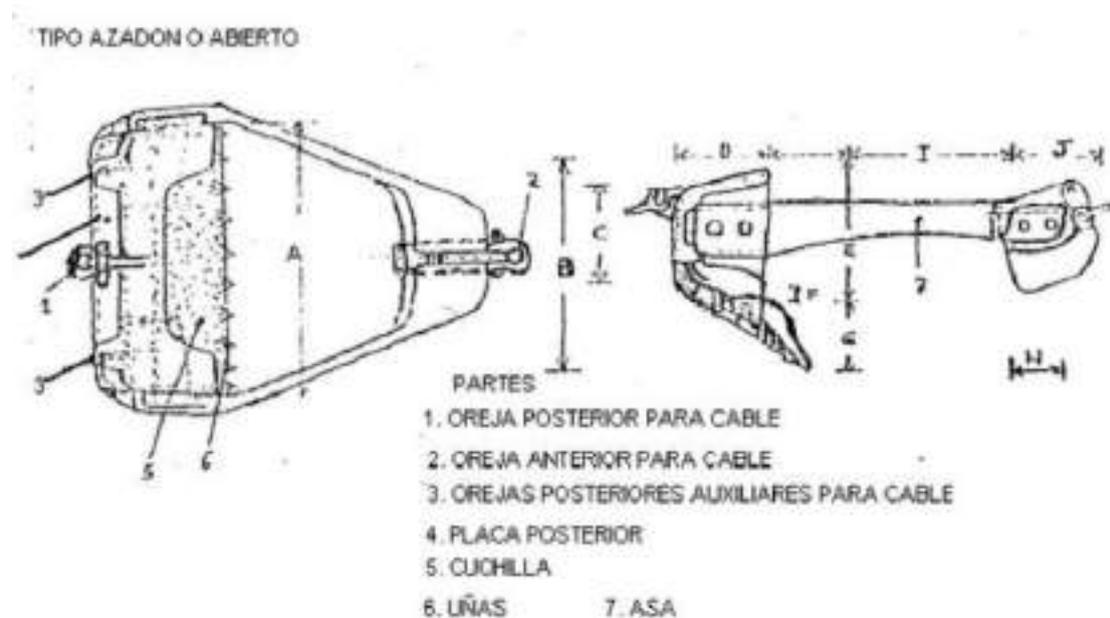
giran entre el engranaje impulsor de entrada y el anillo del engranaje del embrague, lo que reduce la velocidad de los engranajes para lograr un funcionamiento parejo y equilibrado.

- b. PROTECCIÓN DEL CABLE:** Es una placa de acero que cubre el tambor para evitar que el cable quede pinzado durante el funcionamiento del cabrestante.
- c. BASE:** Fabricada en fundición de acero, con guías de deslizamiento. Hay agujeros fijos en el suelo. Es él quien puede soportar todo el peso del dispositivo.
- d. TELEMANDO:** Es instalado arriba del canal de rastrillaje que facilita enormemente las operaciones de rastrillaje en L, ZIG ZAG, Nos permite observar hacer maniobras en partes que no hay facilidad para ver la rastra
- e. POLINES:** Son barras de acero templado en forma de tubos y van colocados vertical y horizontalmente, las cuales giran sobre sus ejes, su función es que el cable corra sin trabarse o roce en los exteriores de la tambora, permitiendo un enrollamiento uniforme del cable.
- f. CABLES:** Los cables son fabricados de alambre de acero; los mismos que, son colocados ordenadamente para desempeñar el trabajo de izar. Para formar cables, se arrolla un gran número de hilos de acero de alta resistencia (entre 130 y 180 kg/mm²). Estos hilos se disponen en cordones y torones, según sea el caso.
- g. POLEA:** Por este pasa el cable en cuyos extremos se encuentra la rastra o skip (resistencia) y en la otra el winche o tambora (potencia). Las poleas soldadas son menos pesadas y las más resistentes y son las más empleadas en la minería.
- h. RASTRILLO:** Se emplea para poder recoger mineral por medio del cable de acero en el canal de rastrillaje como se ve en la imagen N° 27. Los winches de arrastre mueven la cuchara o rastrillo por medio de los cables tracción y arrastre y de retorno girando sobre una polea de apoyo, realizando el vaivén, arrastrando la carga

o mineral hasta la parrilla donde está la chimenea y tolva de almacenamiento. Un winche de 15 Hp. Es capaz de acarrear hasta 6 ó 7 toneladas/Hora, y la distancia máxima de acarreo es 60 m. El Winche de arrastre seleccionado de acuerdo a las características del yacimiento, es de una potencia de 15 Hp. Cable de retorno de 7/16 de pulgada y cable de acarreo de ½.

Imagen 26

Rastrillo



Nota: Imagen obtenida de Operación de Winche de Rastrillaje (Federico Reyes G.)

3.4.5.2 Limpieza con pala neumática

3.4.5.2.1. Especificaciones del estándar de limpieza con pala mecánica

Generalidades

Antes del inicio de las actividades del ciclo de minado especialmente la minería a ciegas, se registrarán y comunicarán al personal que realizará los trabajos específicos las mediciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y oxígeno. La pala mecánica sobre rieles se utilizará para limpiar el material (mineral o

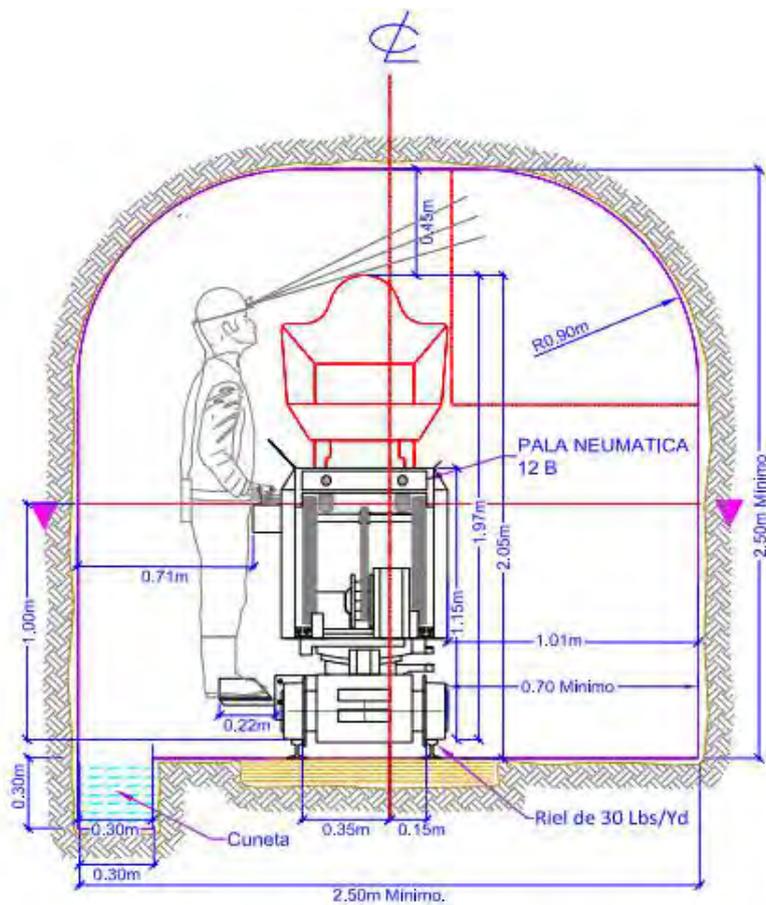
estéril). La tubería de ventilación debe instalarse a no más de quince metros de la línea de fuego.

Palas neumáticas

Estas deben usar una válvula de alivio de presión antes de que entre aire en la máquina. Los conductos de aire-agua se instalarán con pinchos apropiados a quince metros (15 m) de la línea de tiro. Todas las palas neumáticas deben estar equipadas con una cadena o cable de seguridad para asegurar el paso de aire principal. La presión mínima de aire será de 80 libras por pulgada cuadrada (psi). En la Imagen N° 27 se ve la vista en perfil del uso de la pala neumática.

Imagen 27

Plano general de limpieza con pala neumática



Nota: Imagen obtenida del Departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

Pala eléctrica

El suministro de energía de las excavadoras eléctricas y electrohidráulicas deberá tener un sistema de protección contra fallas a tierra y un sistema de monitoreo del conductor de tierra. Para hacer funcionar una pala eléctrica u otro equipo eléctrico, la conexión a tierra debe estar en óptimas condiciones de funcionamiento.

La presencia de potencial de cortocircuito y los accesorios del sistema de puesta a tierra deben ser verificados diariamente. Los componentes eléctricos de las excavadoras mecánicas, incluidos los cables de remolque, deben ser inspeccionados por un electricista capacitado y autorizado.

3.4.5.3 Acarreo con locomotora

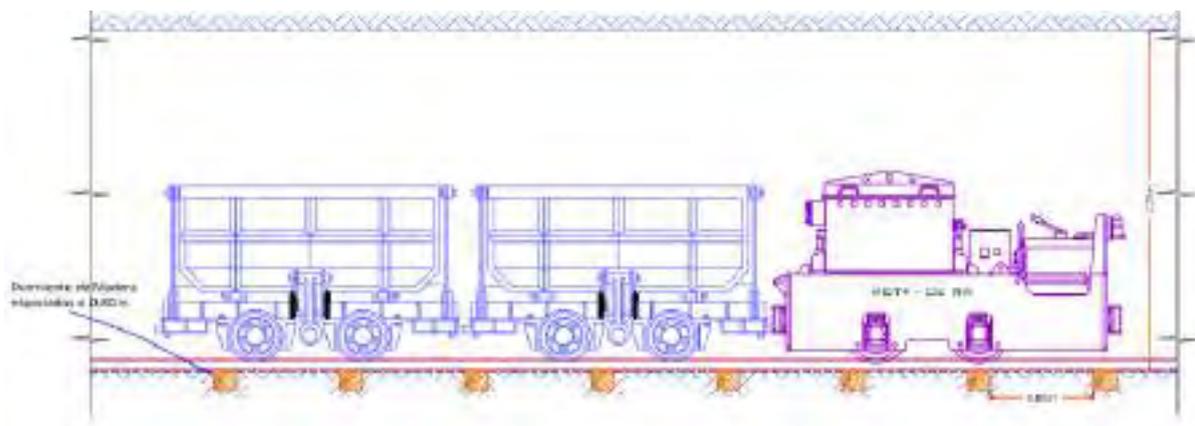
3.4.5.3.1. Especificaciones del estándar del acarreo con locomotora

Las locomotoras, estarán provistos de faros delanteros y posteriores, frenos y bocinas.

En la imagen N° 28 se ve cómo trabaja la locomotora a batería en vista perfil.

Imagen 28

Locomotora a batería



Nota: Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

3.4.6. Sostenimiento

3.4.6.1. Sostenimiento con woodpack y jackpack

El sostenimiento con woodpack y jackpack se utiliza en labores mineras abiertas con ausencia de pilares, que permita un soporte adecuado para el tipo de roca.

3.4.6.1.1. Especificaciones del estándar de sostenimiento con woodpack y jackpack

Para emplear ya sea woodpack o jackpack se determinarán de acuerdo al estudio de las características del macizo rocoso, específicamente en RMR superior a 40. Para inflar una Jackpack, la presión del agua debe ser de 0,2 bar o 30 PSI. Considerar el jackpack que no debe inflarse más de 10 cm como se muestra en la Figura 29..

Imagen 29

Inflado de Jackpack



Nota: Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

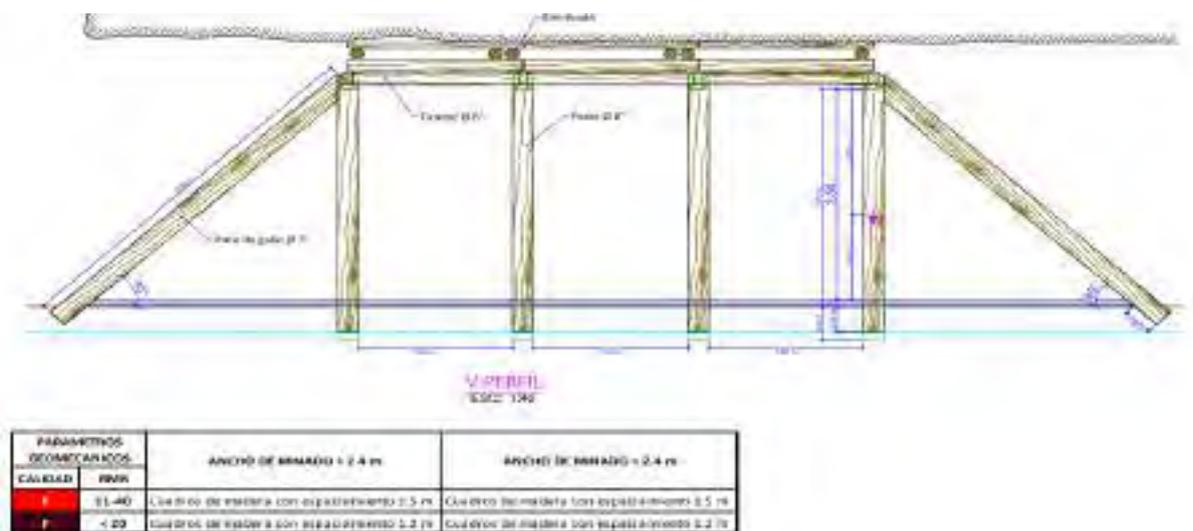
3.4.6.2. Sostenimiento con cuadros de madera

3.4.6.2.1. Especificaciones del estándar de sostenimiento con cuadros de madera

Los sostenimientos con cuadros de madera serán determinados según las cartillas geomecánicas (Para mayor información ver el Anexo N° 10 e Imagen 30),

Imagen 30

Cuadro de madera en galería, rampa y cortada.



Nota: Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

3.4.6.3. Sostenimiento con perno helicoidal y malla

3.4.6.3.1. Especificaciones del estándar de sostenimiento con perno helicoidal y malla

Se utilizarán pernos roscados y malla electrosoldada como roca ordinaria simple y magra, la RMR oscila entre 30 y 50 según mapa geomecánico y según mapa geomecánico diario durante la operación. Los destornilladores con red de soldadura eléctrica se utilizarán únicamente para trabajos fijos o permanentes. El anclaje debe instalarse perpendicular al sistema de fractura principal. Perfore orificios con un diámetro de 32 mm que se utilizarán para perforar orificios para tornillos.

Para la instalación del perno helicoidal a instalar se deberá considerar la sección de la labor así como se ve en la imagen adjunta:

Cuadro 17

Longitud de perno helicoidal según la sección

Sección de la labor	Longitud el perno helicoidal a instalar
De 2.50 x 2.5 m a 2.70 x 2.70 m	6 pies
De 3.00 x 3.0 m a 4,50 x 4 .50 m	7 pies
Secciones mayores de 5.00 m x 5.00 m	8 pies

Nota: Cuadro obtenido del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

Instalación de pernos helicoidales con la malla.

- a) Mantenga la distancia entre hileras como se muestra en las secciones y la distancia entre hileras entre 0,80 m y 1,40 m..
- b) Sin necesidad de shotcrete, usar malla electro soldada de cocada 2" x 2", en roca intensamente fracturada (IF) y de cocada 4" x 4" para roca muy fracturada (MF).
- c) En combinación de concreto proyectado (shotcrete), usar malla electro soldada de cocada 4" x 4", con alambre de fierro # 10.
- d) La superposición de las redes debe tener entre 30 y 40 cm de largo.
- e) Su instalación de perno helicoidal y detalle de tuerca y placa de sujeción se observa en la imagen N° 31:

Imagen 31

Instalación de perno helicoidal y detalle de tuerca y placa de sujeción



Nota: Departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

Para mayor información ver el Anexo N° 04.

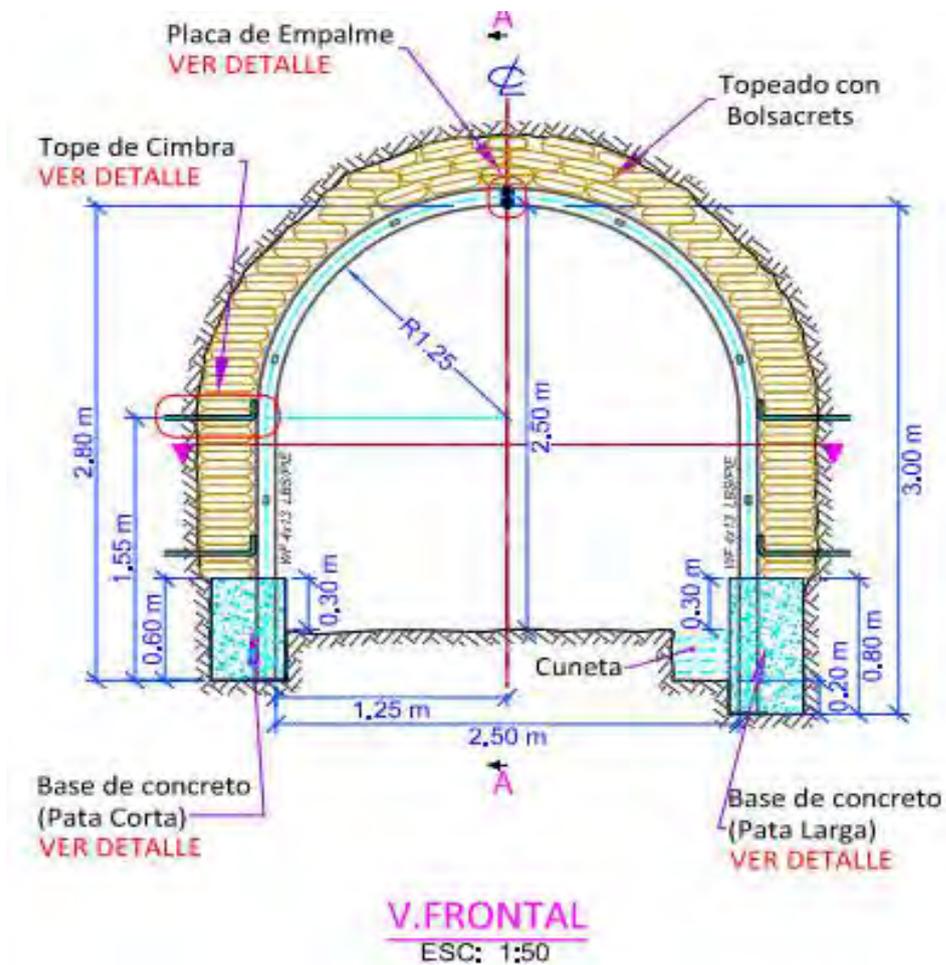
3.4.6.4. Sostenimiento con cimbras metálicas

3.4.6.4.1. Especificaciones del estándar de sostenimiento con cimbras metálicas

Los arcos de acero “cimbras” deben ser utilizados en terrenos malos y muy malos como se observan en el Anexo N° 05, con RMR menores a 40.

Imagen 32

Sostenimiento con cimbras metálicas en secciones de 2.5mx2.5m



Nota: Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

3.4.7. Procesamiento metalúrgico

El oro se recupera en las fundiciones de Marañon y Santa Maria por lixiviación directa con cianuro o con cianuro. La capacidad total de la planta de tratamiento es de 980 ton/día. Cuando el oro se funde, se precipita en el proceso Merrill Crow y se funde para formar las barras comercializadas. La recuperación de las plantas supera el 92%, los residuos se depositan en un decantador, donde se controlan todas las posibles aguas residuales para evitar su contaminación.

Imagen 33

Planta de beneficio Santa María – Cía. Minera Poderosa



Nota: Imagen obtenida de la Revista Energiminas

CAPITULO IV.
ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE BROCAS EN LABORES
DE AVANCE Y PRODUCCIÓN

4.1 Perforación

4.1.1. Perforación con Jackleg

La perforación en la rampa Sandra de la Cía. Minera Poderosa, ya sea en frentes de avance o de producción se realiza con perforadoras manuales Jackleg marca RNP, juego de brocas descartables de 32mm y de 36mm, barrenos, estos aceros de la marca Boart longyear. Estos resultan determinantes para la eficiencia de perforación en pies perforados.

4.1.1.1. Instalación de plataforma para la perforación con Jackleg

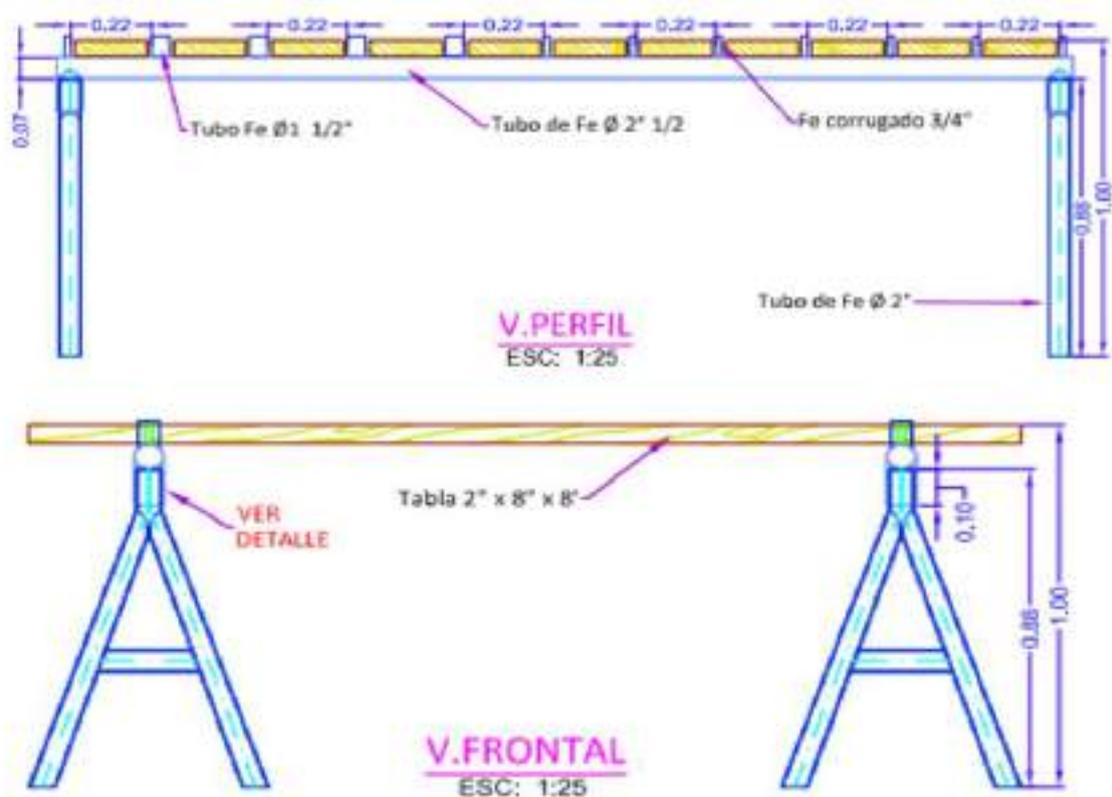
Para la perforación con Jackleg es importante hacer uso de una plataforma el cual facilita la maniobrabilidad de la perforadora en frentes de avance y producción, para la instalación de estas plataformas se tiene también un estándar, pues es de vital importancia considerar dimensiones, reconocer los elementos que son parte de este y considerando la sección de la

labor.

En el caso de la Rampa Sandra, esta tiene una sección de 2.50m x 2.70m, a continuación, se muestra los elementos de la plataforma y su estándar:

Imagen 34

Vista de perfil de plataforma con caballete en una sección de 2.50mx2.70m



Nota. Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

4.1.1.2. Estándar en perforación según el tipo de labor

Para la selección de la malla de perforación se tiene en cuenta la calidad del macizo rocoso, este está representado por el RMR, así también se considera la sección de la labor horizontal. Para el caso de la rampa Sandra el RMR oscila entre 40 y 70 y su sección es de 2.50mx2.70m.

4.1.1.2.1. Estándar de malla de perforación en labores de avance horizontal

El diseño de perforación mostrada en la Imagen N° 35 es la utilizada frecuentemente en la rampa Sandra, considera taladros de alivio, producción, ayudas de arranque, cuadrado res, alzas

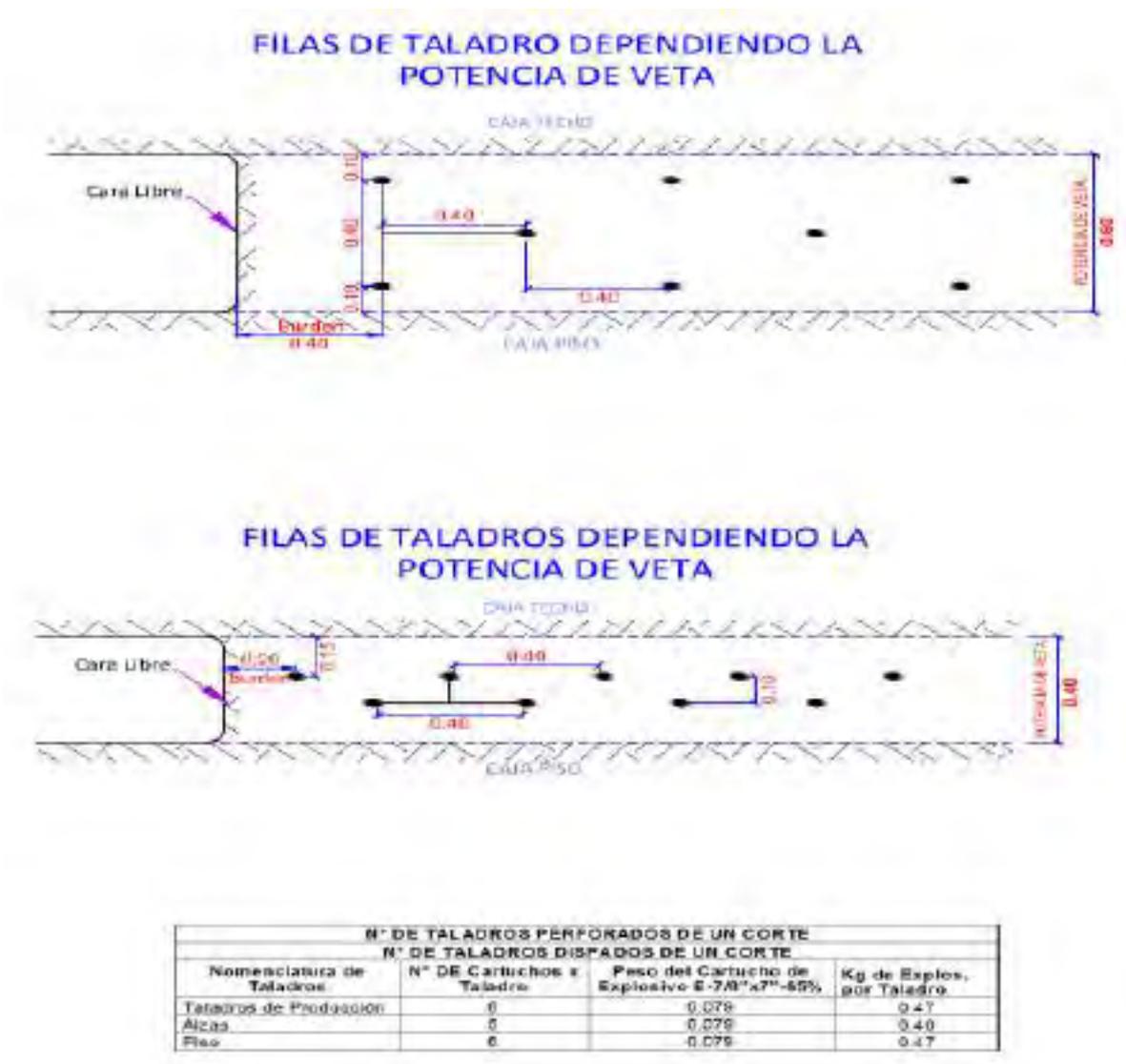
4.1.1.2.2. Estándar de malla de perforación en labores de producción en vetas

Para los trabajos de perforación en vetas, en este caso la veta “samy” se realiza la perforación según el estándar elaborado por la compañía minera poderosa, en el caso de la veta samy la potencia oscila en un rango de potencia de 40 a 65 cm.

En la imagen N°36 se ve el estándar utilizado por la empresa Marose Contratistas Generales en todos sus trabajos en vetas con las potencias mencionadas.

Imagen 36

Malla de perforación en tajos



Nota. Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

4.1.1.2.3. Estándar de perforación en trabajos de sostenimiento

Actualmente en la rampa Sandra se está perforando los extremos del hastial y techo para el uso de tornillería y un juego de ménsulas removibles con malla electrosoldada.

Para el atornillado se utilizará escayola normal o escayola de mala calidad (RMR 30 a 50), se utilizará broca de 32 milímetros, la broca será de 10 centímetros de largo menor que la longitud del tornillo.

El diámetro de los pernos será de 19 milímetros, puede variar entre 1,20 m y 2,40 m. La placa de acero (placa de presión) tendrá unas dimensiones de 20 cm x 20 cm x 5 mm y una tuerca botón para barra de torsión de 19 milímetros.

La parte del tornillo debe sobresalir más allá de la roca para que el ajuste no exceda los 10-15 cm debido a la deformación de la superficie del bloque de roca. En roca de calidad normal a mala (RMR 51 a 60) se utilizarán pines hendidos y se utilizarán brocas de 36 milímetros (mm) de largo y diámetro para perforar los orificios donde se instalará el splitter.

El orificio será de 10 a 15 centímetros más grande que la longitud del sistema dividido que se instalará. El divisor tendrá un diámetro de 39,5 milímetros y una longitud de 1,50 metros a 2,10 metros con un extremo cónico de 8 a 10 centímetros de largo. La placa de acero (chapa perfilada) será de 15 centímetros x 15 centímetros x 4,0 milímetros y el hueco será de 42,5mm.

La dimensión de perno helicoidal y Split set empleada dependerá del área de la labor como se ve en el cuadro N° 18 y cuadro N° 19 respectivamente.

Cuadro 18

Longitud de perno helicoidal en relación a su sección

Sección de la labor	Longitud el perno helicoidal a instalar
De 2.50 x 2.5 m a 2.70 x 2.70 m	6 pies
De 3.00 x 3.0 m a 4.50 x 4.50 m	7 pies
Secciones mayores de 5.00 m x 5.00 m	8 pies

Nota. Cuadro obtenido del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

Cuadro 19

Longitud de los Split set según la sección

Sección de la labor	Longitud del split set a instalar
De 2.40 m x 2.40 m a 3.00 m x 3.00 m	5 pies
De 3.00 m x 3.00 m a 4.50 m x 4.50 m	7 pies

Nota. Cuadro obtenido del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

4.1.2. Aceros de perforación

En los trabajos de perforación en la rampa Sandra de la Cia Minera Poderosa, se utilizan diferentes accesorios, entre estos son gran importancia los aceros de perforación, actualmente se emplean brocas descartables de 36mm y 32mm y barras hexagonales de 2, 4, 6 y 8 pies.

4.1.2.1. Brocas empleadas en labores de avance y producción

Actualmente en las labores de avance y producción se emplean brocas descartables de botones de 32mm y 36mm de la marca Boart longyear (Imagen N° 37). La sección de botón es empotrada, característica de la cara plana.

Imagen 37

Broca de botones conicos de 32mm y 34mm Boart longyear



Nota. Imagen obtenida del catálogo de herramientas de perforación de martillo superior, Boart Longyear (2016)

4.1.2.1.1. Evaluación del rendimiento de las brocas

La perforación en los trabajos de avance, producción y servicios de la empresa Marose Contratistas Generales S.A.C en las diferentes labores de los niveles 2635, 2590 y 2670 se hace uso de brocas descartables de la marca Boart longyear, las brocas de 32 mm serán utilizadas para taladros de sostenimiento con Split set y helicoidal. En el caso de las brocas de 36 mm serán utilizadas en taladros para ser llenados con explosivos en labores de explotación, preparación, desarrollo, explotación y servicios como refugios, nichos, cámaras de ventilación y otros).

Considerando las etapas operativas:

- MR: Etapa de explotación
- OC: Etapa de preparación
- OI: Etapa de desarrollo
- VI: Etapa de Exploración
- HI: Etapa de Servicios

Mediante el reporte diario de avances en pies perforados considerando las etapas operativas se reconoce el rendimiento de los aceros (brocas) mensual en pies perforados por broca, desde el año 2019 hasta marzo del 2021. Como se ve en el cuadro N°20 se recolectaron los datos de pies perforados en las etapas de explotación (MR), preparación (OC), desarrollo (OI), exploración (VI) y servicios (HI); la sumatoria de estos 5 nos da como resultado el total de pies perforados mensuales, así también se hizo el seguimiento de la cantidad de brocas utilizadas al mes, realizando así el análisis, obtenemos con la relación de total de pies perforados y la cantidad de brocas empleadas el rendimiento de brocas mensual.

Cuadro 20

Pies perforados por etapa & año-mes.

MES-AÑO	ETAPAS (PIES PERFORADOS)					Total general (Pies Perforados)
	HI	OC	OI	VI	MR	
Ene-19	41,176	25,702	12	18,788	38,330	124,008
Feb-19	39,628	13,362	192	21,258	42,252	116,692
Mar-19	26,002	15,734	186	22,788	30,300	97,848
Abr-19	51,234	15,470	10,699	12,578	29,000	118,981
May-19	40,952	14,294	17,752	15,246	36,540	124,784
Jun-19	40,452	24,964	15,572	17,138	36,510	134,798
Jul-19	43,830	7,422	23,550	17,146	21,604	113,552
Ago-19	31,040	13,614	24,632	9,850	16,116	95,252
Set-19	20,648	10,518	32,078	13,696	19,148	96,088
Oct-19	22,412	12,826	22,554	10,128	19,296	87,216
Nov-19	34,178	20,556	15,914	9,406	11,790	91,844
Dic-19	37,192	21,082	-	5,630	26,368	90,272
Ene-20	51,144	4,580	168	6,894	35,728	98,514
Feb-20	34,010	21,516	495	1,483	13,928	71,432
Mar-20	14,973	36,813	-	1,492	17,597	70,875
Abr-20	10,838	33,024		2,781	18,861	65,504
May-20	3,793	5,793		627	8,872	19,084
Jun-20	-	-	-		9,211	9,211
Jul-20	578	1,133	3,700		12,625	18,035
Ago-20	20,376	8,640	4,945		20,423	54,382
Set-20	6,365	17,578	6,745	352	22,019	53,058
Oct-20	8,088	14,244	10,348		20,030	52,709
Nov-20	13,800	15,696	4,013		18,868	52,376

Dic-20	2,154	17,440	4,065	1,114	29,491	54,263
Ene-21	1,203	7,802	17,832		18,159	44,994
Feb-21	9,891	21,440	9,492		17,954	58,777
Mar-21	8,946	8,084	16,178		21,308	54,516

Nota. Elaboración propia

Para las perforaciones realizadas para actividades de sostenimiento (para pernos Split set y helicoidal) y para actividades de servicio (desquinces, instalación de alcayatas, ribeteo y otros) de la misma manera mediante el reporte de pies perforados mensuales se tiene el siguiente cuadro de resumen en el cuadro N° 21.

Cuadro 21

Pies perforados por categoría de actividad de servicios y sostenimiento por año-mes.

MES-AÑO	SERVICIOS (PIES PERFORADOS)	SOSTENIMIENTO (PIES PERFORADOS)
Ene-19	140	7,564
Feb-19	170	7,235
Mar-19	110	6,920
Abr-19	214	10,576
May-19	228	7,574
Jun-19	164	8,798
Jul-19	214	8,225
Ago-19	138	7,196
Set-19	122	7,267
Oct-19	120	7,933
Nov-19	166	9,201
Dic-19	142	7,435
Ene-20	136	10,609
Feb-20	228	9,483
Mar-20	218	6,955
Abr-20	108	7,650
May-20	36	4,681
Jun-20	-	1,802
Jul-20	6	1,714
Ago-20	140	6,536
Set-20	46	3,949
Oct-20	346	4,563
Nov-20	249	6,220

Dic-20	320	5,788
Ene-21	-	5,033
Feb-21	68	7,681
Mar-21	64	7,029

Nota. Elaboración propia

El área de almacén y logística realiza el control de brocas utilizadas en interior mina para todos los diferentes trabajos de perforación, en el cuadro N° 22 se muestra el detalle mensual del consumo de brocas tanto de 32mm como de 36mm.

Cuadro 22

Cantidad de brocas usadas por año-mes.

MES-AÑO	BROCA 32 MM	BROCA 36 MM	TOTAL BROCAS (UNIDADES)
Ene-19	20	600	620.0
Feb-19	30	870	900.0
Mar-19	34	786	820.0
Abr-19	60	772	832.0
May-19	30	580	610.0
Jun-19	80	901	981.0
Jul-19	40	588	628.0
Ago-19	70	820	890.0
Set-19	50	620	670.0
Oct-19	54	610	664.0
Nov-19	46	582	628.0
Dic-19	31	536	567.0
Ene-20	66	652	718.0
Feb-20	53	478	531.0
Mar-20	29	474	503.0
Abr-20	17	438	455.0
May-20	10	187	197.0
Jun-20	7	87	94.0
Jul-20	13	107	120.0
Ago-20	63	359	422.0
Set-20	30	360	390.0
Oct-20	34	361	395.0
Nov-20	29	393	422.0
Dic-20	35	474	509.0

Ene-21	31	437	468.0
Feb-21	42	470	512.0
Mar-21	38	402	440.0
Total Gral.	1,042.00	13,944.00	14,986.00
Promedio Gral.	38.59	516.44	555.04

Nota. Elaboración propia

Considerando el detalle mencionado podemos calcular el total de pies perforados con la sumatoria de pies perforados en trabajos de: avance, rotura, servicios y sostenimiento. En el cuadro N° 23 se muestra el consolidado de pies perforados totales mensuales y la cantidad de brocas usadas en ese mismo periodo desde enero del 2019 hasta marzo del 2021. Para el rendimiento de pies perforados por broca, lo calculamos mediante la división del total de pies perforados y el total de brocas todas estas al mes.

Cuadro 23*Rendimiento de pies perforados por broca*

Mes-Año	Pie Perforado- Avance	Pie Perforado- Rotura	Pie Perforado- Servicios	Pie Perforado- Sostenimiento	Total De Pies- Perforados	Total De Brocas	Rendimiento (Pie Perforado/Broca)
Ene-19	85,678	38,330	140.0	7,564.0	131,712	620.0	212.4
Feb-19	74,440	42,252	170.0	7,235.0	124,097	900.0	137.9
Mar-19	64,710	30,300	110.0	6,920.0	102,040	820.0	124.4
Abr-19	89,981	29,000	214.0	10,576.0	129,771	832.0	156.0
May-19	88,244	36,540	228.0	7,574.0	132,586	610.0	217.4
Jun-19	98,126	36,510	164.0	8,798.0	143,598	981.0	146.4
Jul-19	91,948	21,604	214.0	8,225.0	121,991	628.0	194.3
Ago-19	79,136	16,116	138.0	7,196.0	102,586	890.0	115.3
Set-19	76,940	19,148	122.0	7,267.0	103,477	670.0	154.4
Oct-19	67,920	19,296	120.0	7,933.0	95,269	664.0	143.5
Nov-19	80,054	11,790	166.0	9,201.0	101,211	628.0	161.2
Dic-19	63,904	26,368	142.0	7,435.0	97,849	567.0	172.6
Ene-20	62,786	35,728	136.0	10,609.0	109,259	718.0	152.2
Feb-20	57,504	13,928	228.0	9,483.0	81,143	531.0	152.8
Mar-20	53,278	17,597	218.0	6,955.0	78,048	503.0	155.2

Abr-20	46,643	18,861	108.0	7,650.0	73,262	455.0	161.0
May-20	10,212	8,872	36.0	4,681.0	23,801	197.0	120.8
Jun-20	-	9,211	0.0	1,801.5	11,013	94.0	117.2
Jul-20	5,410	12,625	6.0	1,714.0	19,755	120.0	164.6
Ago-20	33,960	20,423	140.0	6,536.0	61,058	422.0	144.7
Set-20	31,040	22,019	46.0	3,949.0	57,053	390.0	146.3
Oct-20	32,679	20,030	346.0	4,563.0	57,618	395.0	145.9
Nov-20	33,508	18,868	249.0	6,220.0	58,845	422.0	139.4
Dic-20	24,772	29,491	320.0	5,788.0	60,371	509.0	118.6
Ene-21	26,836	18,159	0.0	5,033.0	50,027	468.0	106.9
Feb-21	40,823	17,954	68.0	7,681.0	66,526	512.0	129.9
Mar-21	33,208	21,308	64.0	7,029.0	61,609	440.0	140.0
Total Gral.	-	-	0.0	0.0	1,999,764	14,986.0	133.4
Promedio Gral.	30,705	17,810	131	5,649	54,295	390	139

Nota. Elaboración propia

Se obtuvo un consumo de brocas promedio mensual de 390 con 54,295 pies perforados por broca promedio mensual en 27 meses iniciando en enero del 2019 hasta marzo del 2021, dándonos un rendimiento de 139 pies perforados por broca menor a los que se pide como objetivo por parte de la compañía. Es importante mencionar que el objetivo de rendimiento es de 200 pies perforados por broca, no se llega al objetivo a causa del desgaste prematuro de las brocas, es ahí donde se realiza el análisis, se busca la implementación de un nuevo producto para mejorar los indicadores y a su vez reforzar las buenas prácticas de perforación, la aplicación y seguimiento de estándares operativos y su aplicación según el tipo de labor a trabajada. La compañía minera poderosa se encarga de vender a las contratistas los insumos en perforación y voladura, en el caso de los aceros según sea la demanda de cada una de estas, las brocas usadas por el proyecto son las descartables Boart longyear y Sandvik.

4.1.2.2. Barras empleadas en labores de avance y producción

Para los trabajos de perforación utilizamos barras acodadas y cónicas de 2, 4, 6 y 8 pies de la marca boart longyear. En el cuadro N°24 se observa la características de las barras acodadas y cónicas de la marca boart longyear. Para mejor información acerca de las barras empleadas ver el Anexo N° 01.

Cuadro 24

Barras acodadas y cónicas marca Boart longyear

PARTE #	LARGO		PESO	
	MM	PIES/PULG	KG	LB
250065	300	1'	1.10	2.50
250118	610	2'	2.20	4.70
250473	800	2' 7 1/2"	2.70	6.00
250440	910	3'	3.10	6.80
250119	1220	4'	4.00	8.90
250187	1370	4'6"	4.50	9.90
250189	1520	5'	5.00	11.00
250063	1600	5' 3"	5.40	11.80
250441	1670	5' 5 3/4"	5.50	12.10
250120	1830	6'	5.90	13.00
250190	1980	6' 6"	6.50	14.30
250121	2440	8'	7.60	16.80
250195	2590	8' 6"	8.50	18.70
250122	3050	10'	9.60	21.10
250374	3200	10' 6"	9.90	21.80
250123	3660	12'	11.40	25.20
250201	4270	14'	14.00	30.80
250364	5480	18'	17.00	37.40

Nota. Catálogo de herramientas de perforación de martillo superior, Boart longyear 2018.

4.1.2.2.1. Evaluación del rendimiento de las barras

Considerando la cantidad de barras utilizada por mes como se ve en el cuadro N° 25, podemos calcular el rendimiento de pies perforados por barra dividiendo este entre la cantidad de pies perforados.

Cuadro 25

Cantidad de barras usadas por tamaño mensual

MES-AÑO	BARRA 2	BARRA 4	BARRA 6	BARRA 8	TOTAL BARRAS
Ene-19	4	48	30	8	90
Feb-19	5	63	25	10	103
Mar-19	0	42	25	10	77
Abr-19	13	54	34	29	130
May-19	0	44	36	4	84
Jun-19	0	73	31	5	109
Jul-19	0	54	27	0	81
Ago-19	0	50	37	10	97
Set-19	6	35	25	0	66
Oct-19	1	34	18	6	59
Nov-19	1	36	24	3	64
Dic-19	3	32	22	1	58
Ene-20	3	45	28	5	81
Feb-20	1	35	28	8	72
Mar-20	0	30	19	3	52
Abr-20	0	27	17	2	46
May-20	0	10	7	0	17
Jun-20	0	5	2	0	7
Jul-20	2	6	4	0	12
Ago-20	5	14	7	5	31
Set-20	0	20	14	2	36
Oct-20	0	19	14	8	41
Nov-20	2	16	12	4	34
Dic-20	4	22	14	2	42
Ene-21	0	25	10	4	39
Feb-21	1	17	20	3	41
Mar-21	1	30	16	3	50
Total Gral.	52	886	546	135	1,619.00
Promedio Gral.	3.25	32.81	20.22	6.14	59.96

Nota. Elaboración propia

Analizando la cantidad de pies perforados total y el uso total de barras en el periodo de un mes podemos calcular el rendimiento de las barras empleadas por la empresa contratista en los niveles 2635, 2590 y 2670. En el cuadro N° 26 se observa el detalle de rendimiento de pies perforados por barra desde enero del 2019 hasta marzo del 2021.

Cuadro 26*Rendimiento de pies perforados por barra*

FECHA	PP. AVANCE	PP. ROTURA	PP. SERVICIOS	PP. SOSTENIMIENTO	TOTAL PP	TOTAL BARRAS	RENDIMIENTO (PP/BARRA)	OBJ
Ene-2019	85,678	38,330	140.0	7,564.0	131,712	90.0	1,463	1,500
Feb-2019	74,440	42,252	170.0	7,235.0	124,097	103.0	1,205	1,500
Mar-2019	64,710	30,300	110.0	6,920.0	102,040	77.0	1,325	1,500
Abr-2019	89,981	29,000	214.0	10,576.0	129,771	130.0	998	1,500
May-2019	88,244	36,540	228.0	7,574.0	132,586	84.0	1,578	1,500
Jun-2019	98,126	36,510	164.0	8,798.0	143,598	109.0	1,317	1,500
Jul-2019	91,948	21,604	214.0	8,225.0	121,991	81.0	1,506	1,500
Ago-2019	79,136	16,116	138.0	7,196.0	102,586	97.0	1,058	1,500
Set-2019	76,940	19,148	122.0	7,267.0	103,477	66.0	1,568	1,500
Oct-2019	67,920	19,296	120.0	7,933.0	95,269	59.0	1,615	1,500
Nov-2019	80,054	11,790	166.0	9,201.0	101,211	64.0	1,581	1,500
Dic-2019	63,904	26,368	142.0	7,435.0	97,849	58.0	1,687	1,500
Ene-2020	62,786	35,728	136.0	10,609.0	109,259	81.0	1,349	1,500
Feb-2020	57,504	13,928	228.0	9,483.0	81,143	72.0	1,127	1,500
Mar-2020	53,278	17,597	218.0	6,955.0	78,048	52.0	1,501	1,500
Abr-2020	46,643	18,861	108.0	7,650.0	73,262	46.0	1,593	1,500
May-2020	10,212	8,872	36.0	4,681.0	23,801	17.0	1,400	1,500

Jun-2020	-	9,211	0.0	1,801.5	11,013	7.0	1,573	1,500
Jul-2020	5,410	12,625	6.0	1,714.0	19,755	12.0	1,646	1,500
Ago-2020	33,960	20,423	140.0	6,536.0	61,058	31.0	1,970	1,500
Set-2020	31,040	22,019	46.0	3,949.0	57,053	36.0	1,585	1,500
Oct-2020	32,679	20,030	346.0	4,563.0	57,618	41.0	1,405	1,500
Nov-2020	33,508	18,868	249.0	6,220.0	58,845	34.0	1,731	1,500
Dic-2020	24,772	29,491	320.0	5,788.0	60,371	42.0	1,437	1,500
Ene-2021	26,836	18,159	0.0	5,033.0	50,027	39.0	1,283	1,500
Feb-2021	40,823	17,954	68.0	7,681.0	66,526	41.0	1,623	1,500
Mar-2021	33,208	21,308	64.0	7,029.0	61,609	50.0	1,232	1,500
Total Gral.	-	-	0.0	0.0	1,999,764	1,619.0	1,235	1,500
Promedio Gral.	30,705	17,810	131	5,649	54,295	37	1,508	1,500

Nota. Elaboración propia

En el cuadro N° 26 se aprecia el resumen de la cantidad de barras usadas promedio mensual de 37 unidades con un total de 54,295 pies perforados promedio mensual. Dándonos, así como resultado un rendimiento de 1,508 pies perforados por broca, como estándar el proyecto tiene como objetivo no bajar de 1,500 pies perforados por barra.

Por lo mencionado el análisis de rendimiento de pies perforados por barra se encuentra alineada a lo que se tiene como objetivo.

4.1.3. Implementación de las brocas Sandvik en la perforación.

4.1.3.1. Brocas a emplearse en la rampa sandra

Después de la revisión que se tuvo dentro de las operaciones de la contratista minera Marose, en todas sus actividades en los niveles 2590, 2635 y 2670 con las etapas de explotación (MR), preparación (OC), desarrollo (OI), exploración (VI) y servicios (HI); considerando el rendimiento promedio mensual de pies perforados por broca por debajo del objetivo (200 pies perforados por broca), se procedió con la implementación de aceros de la marca Sandvik, en el caso de las brocas empleadas, fueron descartables de botones de 36mm.

Para evaluar la implementación de un nuevo producto en brocas la presente investigación tiene como escenario la rampa Sandra ubicado en el nivel 2635, en una sección de 2.5mx2.7m con un RMR entre 60 y 80. Los trabajos a cargo también de la contratista minera Marose.

4.1.3.2. Cálculo para el rendimiento de brocas

Para el cálculo de rendimiento de brocas se considera el número de pies perforados y la cantidad de brocas empleadas de manera mensual, la relación de estas nos brinda el rendimiento de brocas

$$\text{Rendimiento de broca} = \frac{\text{Cantidad de pies perforados}}{\text{cantidad de brocas empleadas}} \dots \dots (\text{Ec.02})$$

Para los trabajos de perforación en la rampa Sandra se utiliza barra de 4 pies y posteriormente 6 pies, para una sección de 2.5m x 2.7m con un RMR entre 60 y 80, con 53 taladros en total, 48 cargados y 5 de alivio.

Cálculo de pies perforados por disparo (teórico):

$$\frac{Pp}{Disparo} (\text{Teorico}) = \frac{\text{Longitud de barra de mayor tamaño}}{N^{\circ} \text{ de disparo}} \dots \dots \text{Ec.03}$$

a) Calculo de sección de labor (m2)

Para un cálculo de cantidad de taladros por frente de trabajo, primeramente, debemos definir el área de la sección que se va a perforar, para esto usaremos la siguiente formula:

$$S = \left(\frac{\pi x r^2}{2} \right) + (rx(A - (2xr))) + (Ax(H - r)) \dots \dots \dots \text{Ec.04}$$

Donde:

S: Sección de la labor

A: Ancho

H: Altura

r: Radio de curvatura

π : Valor constante

b) Calculo de número de taladros por frente

Este cálculo se hará mediante una ecuación matemática en función al área del frente perímetro también con longitud que existe entre taladros y su factor de roca. El

distanciamiento entre taladros está definido por la dureza de la roca como se ve en el cuadro N° 27.

Cuadro 27

Distancia entre taladros en función a la dureza de la roca

DUREZA DE ROCA	COEFICIENTE O FACTOR DE ROCA (C)
Roca dura	2
Roca intermedia	15
Roca suave	1

Nota. Cuadro obtenido del manual práctico de voladura EXSA, 2001

El coeficiente o factor de roca será obtenido también según su dureza de roca (Cuadro N° 28).

Cuadro 28

Dureza de la roca y distanciamiento entre taladros

DUREZA DE ROCA	DISTANCIA ENTRE TALADROS (m)
Roca dura	0,50 a 0,55
Roca Intermedia	0,60 a 0,65
Roca Suave	0,70 a 0,75

Nota. Cuadro obtenido del manual práctico de voladura EXSA (2012)

$$N^{\circ} \frac{\text{Taladros}}{\text{sección}} = \left(\frac{P}{dt} \right) + (CxS) \dots \dots \dots \text{Ec. 05}$$

Donde:

P: Perímetro

dt: Distancia entre taladros

C: factor de carga

S: Sección o Área

c) Avance por disparo

Para el avance por disparo se considera un 95% de H (Profundidad del taladro)

$$\frac{\text{Avance}}{\text{disparo}} = 0.95 \times H \dots \dots \dots \text{Ec. 06}$$

d) Cálculo de pies perforados

Para el cálculo de pies perforados consideramos el avance por disparo por la cantidad de taladros perforados en el frente, tenemos en cuenta que por turno se realiza un disparo y se tiene dos turnos por día.

$$\text{Pies} \frac{\text{perforados}}{\text{disparo}} = \frac{\text{Avance}}{\text{disparo}} \times N^{\circ} \text{disparo} \times N^{\circ} \text{taladros} \dots \dots \text{Ec. 07}$$

4.1.3.3. Rendimiento de las brocas Sandvik

El estudio inició con el seguimiento mensual en un periodo de 4 meses, periodo que se utilizó brocas Sandvik de 36 mm aclarando que para todo el proceso se hizo estricto control de perforación, cumplimiento los estándares de perforación y previa capacitación al personal.

Los siguientes cuadros muestran el resultado del seguimiento mensual del avance por disparo empleando las brocas Sandvik iniciando en abril del 2021 terminando en julio del 2021 en la Rampa Sandra. Es importante mencionar que para este seguimiento fue necesario identificar diariamente los reportes por guardia de medición de avances (para una mejor referencia de cómo se verifica en campo ver el Anexo N° 07) y los motivos por los cuales no se pudo realizar trabajos en la labor (Prioridad en otras labores y mantenimiento o falla de equipos), para las labores de avance con barras de 6 pies se tiene como objetivo un avance de disparo de 1.74 metros, considerando que se realiza un disparo por turno (día y noche).

**4.1.3.3.1. AVANCE POR DISPARO GUARDIA VS AVANCE POR DISPARO
PROGRAMADO MES DE ABRIL**

En el cuadro N° 29 se puede observar el avance por guardia del mes de abril según lo programado tanto en el turno día como de noche, la suma de estos dos nos dará el avance por día real. Se observa también el avance programado por día que en este caso es de 3.48 metros, considerando esta meta tendremos el cálculo del cumplimiento por día que será la relación del avance real entre lo programado multiplicado por cien. Se debe tener un cumplimiento mayor al 90% para que sea considerado un avance bueno.

Cuadro 29

Seguimiento de avance por día y su cumplimiento de meta del mes de abril

FECHA	GDIA_N (m)	GDIA_D (m)	AVANCE (m)	PROG. /DIA (m)	CUMP. DIA (%)	OBSERVACIONES
01-Abr	1.56	1.59	3.15	3.48	90.52%	Falla de equipo
02-Abr	1.58	1.60	3.18	3.48	91.38%	
03-Abr	1.65	1.61	3.26	3.48	93.68%	
04-Abr	1.72	1.65	3.37	3.48	96.84%	
05-Abr	1.69	1.59	3.28	3.48	94.25%	
06-Abr	1.65	1.70	3.35	3.48	96.26%	
07-Abr	1.55	1.56	3.11	3.48	89.37%	
08-Abr	1.68	1.75	3.43	3.48	98.56%	
09-Abr	1.65	1.49	3.14	3.48	90.23%	
10-Abr	1.68	1.53	3.21	3.48	92.24%	
11-Abr	1.72	1.49	3.21	3.48	92.24%	
12-Abr	1.65	1.56	3.21	3.48	92.24%	
13-Abr	1.56	1.55	3.11	3.48	89.37%	
14-Abr	1.72	1.64	3.36	3.48	96.55%	
15-Abr	1.75	1.69	3.44	3.48	98.85%	
16-Abr	1.75	1.80	3.55	3.48	102.01%	
17-Abr	1.69	0.00	1.69	3.48	48.56%	Prioridad de otro frente
18-Abr	1.56	1.62	3.18	3.48	91.38%	

19-Abr	1.60	1.59	3.19	3.48	91.67%	
20-Abr	1.62	1.56	3.18	3.48	91.38%	
21-Abr	1.68	1.72	3.40	3.48	97.70%	
22-Abr	1.74	1.76	3.50	3.48	100.57%	
23-Abr	1.70	1.62	3.32	3.48	95.40%	
24-Abr	1.48	1.66	3.14	3.48	90.23%	
25-Abr	1.56	1.63	3.19	3.48	91.67%	
26-Abr	1.58	1.72	3.30	3.48	94.83%	
27-Abr	1.59	1.56	3.15	3.48	90.52%	
28-Abr	1.76	1.40	3.16	3.48	90.80%	
29-Abr	0.00	1.53	1.53	3.48	43.97%	Prioridad de otro frente
30-Abr	1.61	1.79	3.40	3.48	97.70%	
Σ	47.73	46.96	94.69	104.40	91%	
Promedio / día	1.59	1.57	3.16	3.48	92%	

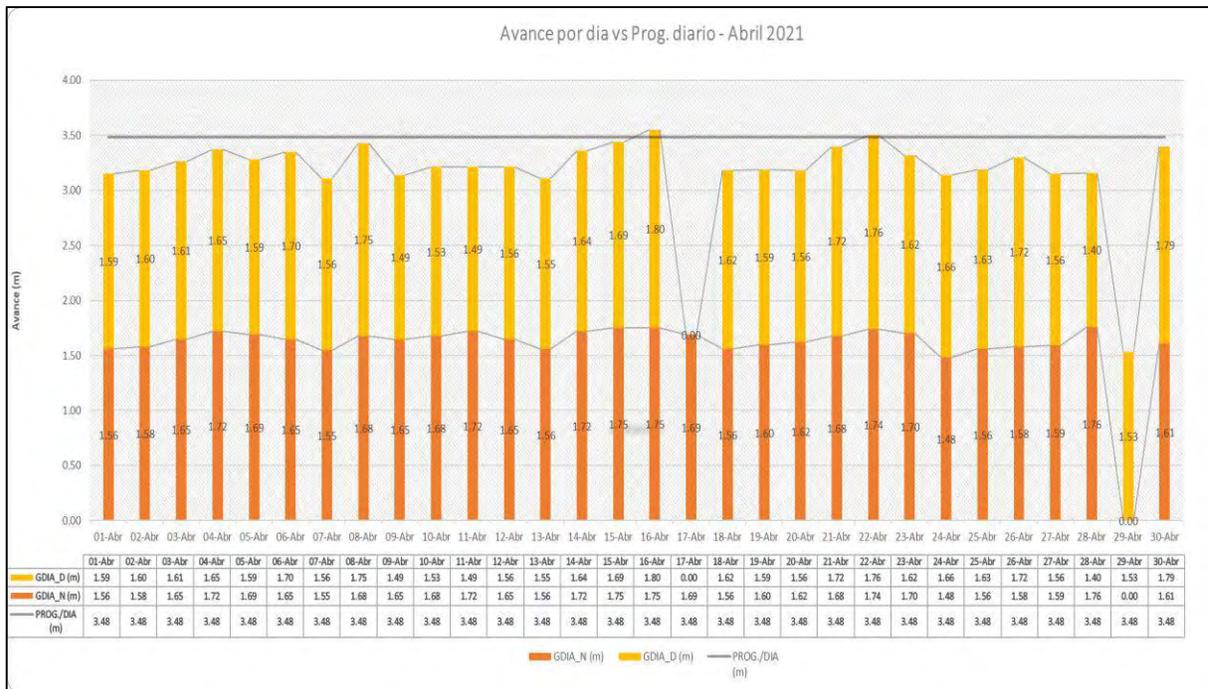
Nota. Elaboración propia

Con los datos del cuadro N° 29 en el Grafico N° 01 observa el seguimiento del cumplimiento de avance por disparo / día del mes de abril.

El mes de abril en el turno noche se tuvo en total 47.73 metros de avance y en el turno día se tuvo un avance de 46.96 metros, esto nos da un avance total de 94.69 metros solo para el mes de abril cantidad que nos da un cumplimiento de 91% mensual.

Gráfica 1

Avance disparo por guardia vs Prog. Diario – Abril 2021



Nota. Elaboración propia

4.1.3.3.2. Avance por disparo guardia vs avance por disparo programado mes de mayo

En el mes de mayo se tuvo un promedio de avance por disparo en el turno día de 1.61 metros por disparo y en el turno noche de 1.61 metros por disparo, lo que nos da un acumulado de 49.79 metros de avance en el turno noche y un acumulado de 49.92 metros de avance, obteniendo un avance mensual de 99.71 metros, teniendo así un cumplimiento del 92% favorable.

Cuadro 30

Seguimiento de avance por día y su cumplimiento de meta del mes de Mayo

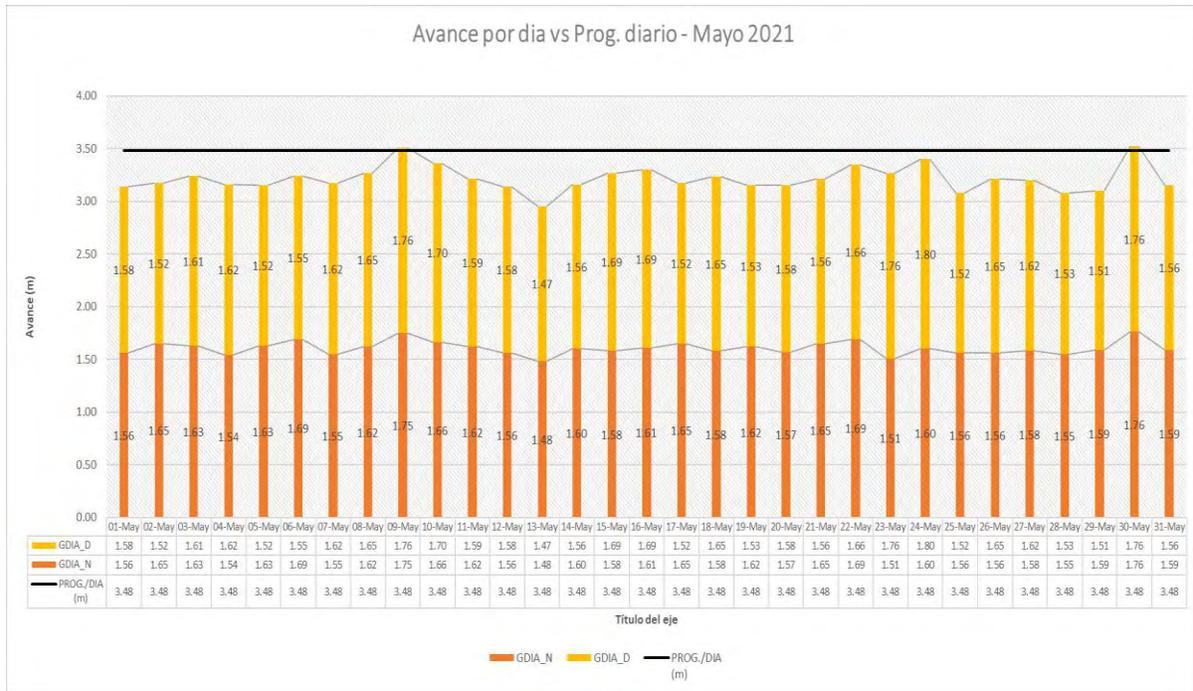
FECHA	GDIA_ N	GDIA_ D	AVANC E (m)	PROG. /DIA (m)	CUMP. DIA (%)	OBSERVACIONES
01-May	1.56	1.58	3.14	3.48	90.23%	
02-May	1.65	1.52	3.17	3.48	91.09%	
03-May	1.63	1.61	3.24	3.48	93.10%	
04-May	1.54	1.62	3.16	3.48	90.80%	
05-May	1.63	1.52	3.15	3.48	90.52%	
06-May	1.69	1.55	3.24	3.48	93.10%	
07-May	1.55	1.62	3.17	3.48	91.09%	
08-May	1.62	1.65	3.27	3.48	93.97%	
09-May	1.75	1.76	3.51	3.48	100.86%	
10-May	1.66	1.70	3.36	3.48	96.55%	
11-May	1.62	1.59	3.21	3.48	92.24%	
12-May	1.56	1.58	3.14	3.48	90.23%	
13-May	1.48	1.47	2.95	3.48	84.77%	
14-May	1.60	1.56	3.16	3.48	90.80%	
15-May	1.58	1.69	3.27	3.48	93.97%	
16-May	1.61	1.69	3.30	3.48	94.83%	
17-May	1.65	1.52	3.17	3.48	91.09%	Prioridad en otro frente
18-May	1.58	1.65	3.23	3.48	92.82%	
19-May	1.62	1.53	3.15	3.48	90.52%	
20-May	1.57	1.58	3.15	3.48	90.52%	
21-May	1.65	1.56	3.21	3.48	92.24%	
22-May	1.69	1.66	3.35	3.48	96.26%	
23-May	1.51	1.76	3.27	3.48	93.97%	
24-May	1.60	1.80	3.40	3.48	97.70%	
25-May	1.56	1.52	3.08	3.48	88.51%	
26-May	1.56	1.65	3.21	3.48	92.24%	
27-May	1.58	1.62	3.20	3.48	91.95%	
28-May	1.55	1.53	3.08	3.48	88.51%	
29-May	1.59	1.51	3.10	3.48	89.08%	
30-May	1.76	1.76	3.52	3.48	101.15%	
31-May	1.59	1.56	3.15	3.48	90.52%	
Σ	49.79	49.92	99.71	107.88	92.43%	
Promedio / día	1.61	1.61	3.22	3.48	92%	

Nota. Elaboración propia.

En el grafico N° 02 se puede observar dos picos alto en dos fechas: el 09 de mayo con un avance por día de 3.51 metros y el 30 de mayo con un avance de 3.52, teniendo un cumplimiento mayor al 100%.

Gráfica 2

Avance disparo por día vs Prog. diario – Mayo 2021



Nota. Elaboración propia.

4.1.3.3. Avance por disparo guardia vs avance por disparo programado mes de junio

En el cuadro N° 31 y el Grafico N°03 se observa el control de avance por disparo por día del mes de junio, teniendo en promedio en el turno día un avance por disparo de 1.63 metros y de turno noche de 1.55 metros, teniendo así un promedio mensual diario de avance por disparo de 3.18 metros con un cumplimiento del 91%.

Cuadro 31

Seguimiento de avance por día y su cumplimiento de meta del mes de Junio

FECHA	GDIA_N	GDIA_D	AVANCE (m)	PROG./DIA (m)	CUMP. DIA (%)	OBSERVACIONES
01-Jun	1.62	1.53	3.15	3.48	90.52%	
02-Jun	1.57	1.58	3.15	3.48	90.52%	
04-Jun	1.59	1.67	3.26	3.48	93.68%	
05-Jun	1.51	1.59	3.10	3.48	89.08%	
06-Jun	1.59	1.69	3.28	3.48	94.25%	
07-Jun	1.49	1.58	3.07	3.48	88.22%	
08-Jun	1.56	1.62	3.18	3.48	91.38%	
09-Jun	1.66	1.65	3.31	3.48	95.11%	
10-Jun	1.58	1.62	3.20	3.48	91.95%	
11-Jun	1.65	1.73	3.38	3.48	97.13%	
12-Jun	1.69	1.81	3.50	3.48	100.57%	
13-Jun	1.65	1.64	3.29	3.48	94.54%	
14-Jun	1.68	1.63	3.31	3.48	95.11%	
15-Jun	1.58	1.56	3.14	3.48	90.23%	
16-Jun	1.61	1.69	3.30	3.48	94.83%	
17-Jun	1.59	1.53	3.12	3.48	89.66%	
18-Jun	1.68	1.56	3.24	3.48	93.10%	
19-Jun	1.72	1.73	3.45	3.48	99.14%	
20-Jun	1.57	1.68	3.25	3.48	93.39%	
21-Jun	1.65	1.56	3.21	3.48	92.24%	
22-Jun	1.69	1.56	3.25	3.48	93.39%	
23-Jun	1.49	1.56	3.05	3.48	87.64%	
24-Jun	1.58	1.81	3.39	3.48	97.41%	
25-Jun	1.61	1.69	3.30	3.48	94.83%	
26-Jun	0.00	1.62	1.62	3.48	46.55%	Prioridad en otro frente
27-Jun	1.38	1.76	3.14	3.48	90.23%	
28-Jun	1.62	1.73	3.35	3.48	96.26%	
29-Jun	1.58	1.56	3.14	3.48	90.23%	
30-Jun	1.62	1.53	3.15	3.48	90.52%	
Σ	46.46	49.03	95.49	104.40	91.47%	
Promedio / día	1.55	1.63	3.18	3.48	91%	

Nota. Elaboración propia.

Gráfica 3

Avance disparo por día vs Prog. Diario – Junio 2021



Nota. Elaboración propia.

4.1.3.3.4. Avance por disparo guardia vs avance por disparo programado mes de julio

El mes de julio como se observa en el cuadro N° 32, se tuvo en promedio un avance por disparo en el turno día de 49.61 metros y en el turno noche de 51.63 metros, teniendo así un acumulado mensual de 100.13 metros en todo el mes de julio.

Cuadro 32

Seguimiento de avance por día y su cumplimiento de meta del mes de Julio

FECHA	GDIA_N (m)	GDIA_D (m)	AVANCE (m)	PROG./ DIA (m)	CUMP. DIA (%)	OBSERVACIONES
01-Jul	1.68	1.76	3.44	3.48	98.85%	
02-Jul	1.63	1.59	3.22	3.48	92.53%	
03-Jul	1.73	1.66	3.39	3.48	97.41%	
04-Jul	1.69	1.76	3.45	3.48	99.14%	
05-Jul	1.65	1.56	3.21	3.48	92.24%	
06-Jul	1.73	1.75	3.48	3.48	100.00%	
07-Jul	1.62	1.69	3.31	3.48	95.11%	
08-Jul	1.76	1.70	3.46	3.48	99.43%	
09-Jul	1.67	1.65	3.32	3.48	95.40%	
10-Jul	1.65	1.63	3.28	3.48	94.25%	
11-Jul	1.72	1.68	3.40	3.48	97.70%	
12-Jul	1.55	1.59	3.14	3.48	90.23%	
13-Jul	1.58	1.64	3.22	3.48	92.53%	
14-Jul	1.67	1.72	3.39	3.48	97.41%	
15-Jul	1.55	1.56	2.00	3.48	57.47%	
16-Jul	1.70	1.65	3.35	3.48	96.26%	
17-Jul	1.74	0	1.74	3.48	50.00%	Prioridad en otro frente
18-Jul	1.75	1.68	3.43	3.48	98.56%	
19-Jul	1.73	1.69	3.42	3.48	98.28%	
20-Jul	1.68	1.56	3.24	3.48	93.10%	
21-Jul	1.48	1.63	3.11	3.48	89.37%	
22-Jul	1.56	1.60	3.16	3.48	90.80%	
23-Jul	1.68	1.55	3.23	3.48	92.82%	
24-Jul	1.66	1.73	3.39	3.48	97.41%	
25-Jul	1.71	1.68	3.39	3.48	97.41%	
26-Jul	1.59	1.59	3.18	3.48	91.38%	
27-Jul	1.72	1.65	3.37	3.48	96.84%	
28-Jul	1.65	1.59	3.24	3.48	93.10%	
29-Jul	1.70	1.73	3.43	3.48	98.56%	
30-Jul	1.72	1.69	3.41	3.48	97.99%	
31-Jul	1.68	1.65	3.33	3.48	95.69%	
Σ	51.63	49.61	100.13	107.88	93%	

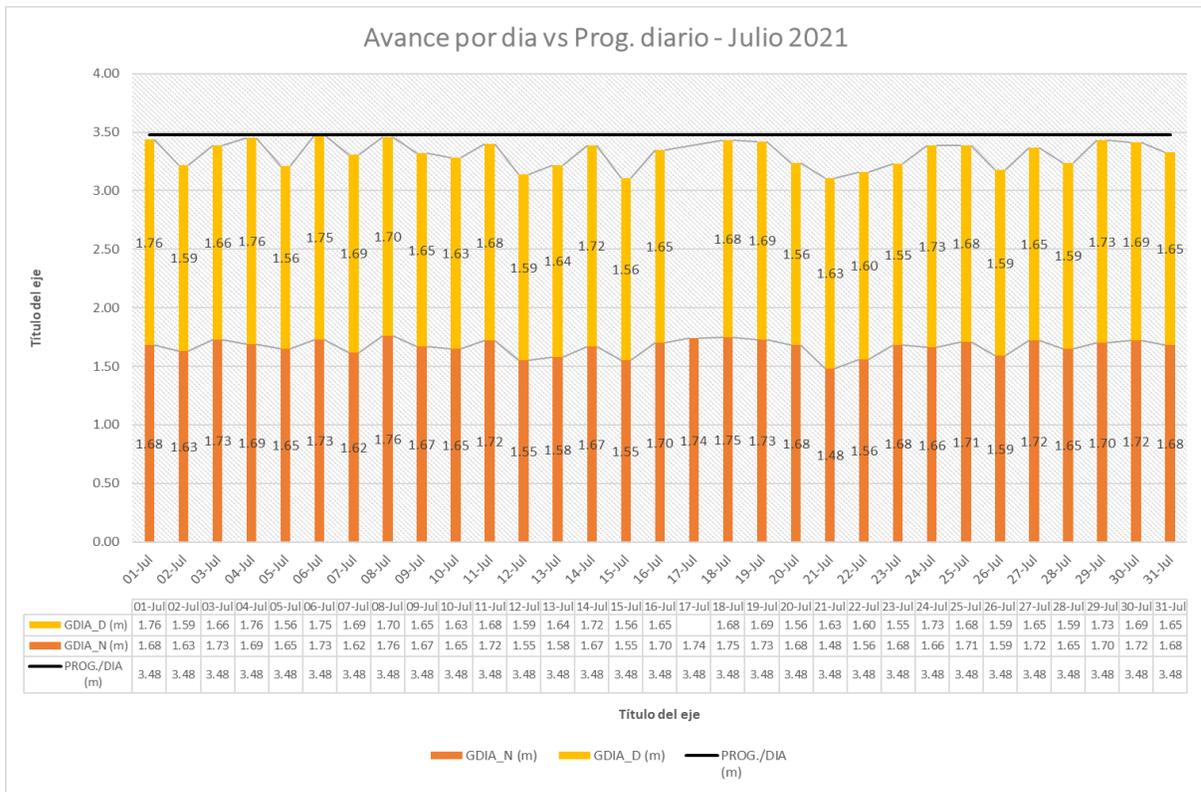
Promedio / día	1.67	1.65	3.23	3.48	93%
-----------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------

Nota. Elaboración propia.

En el Grafico N° 04 se observa el control de avance por día, teniendo como cumplimiento 93% de lo programado.

Gráfica 4

Avance disparo por día vs Prog. diario – Julio 2021



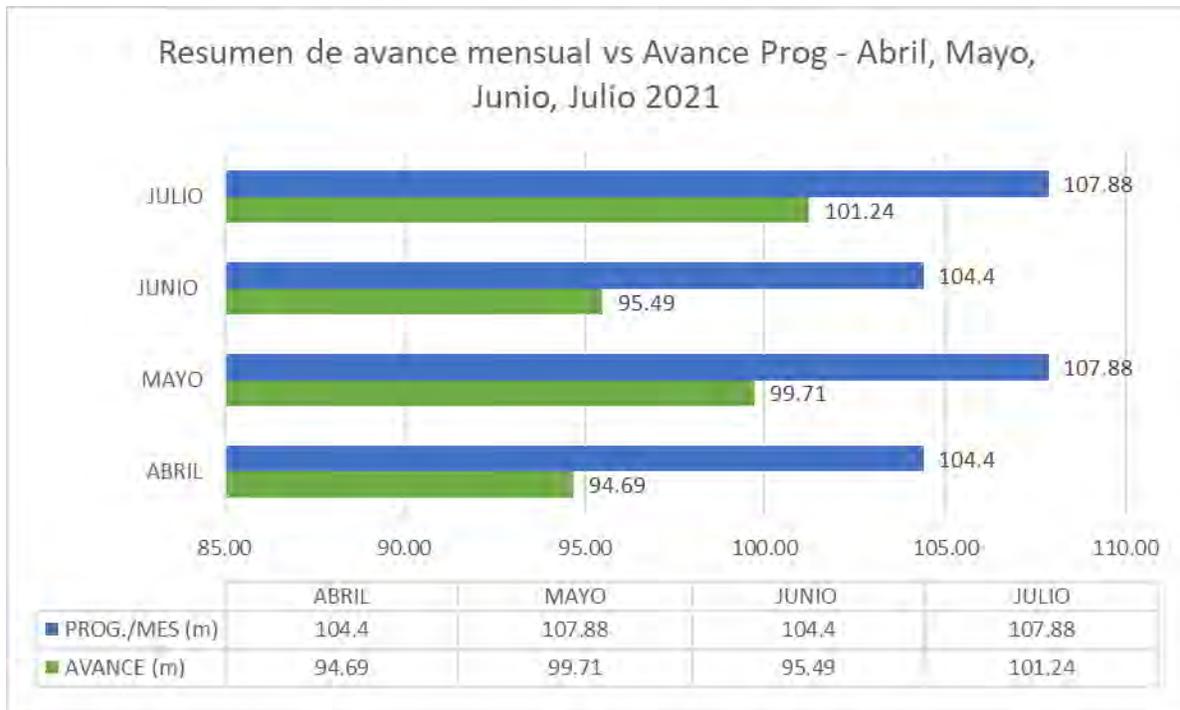
Nota. Elaboración propia.

4.1.3.3.5. Resumen de avance mensual

Analizando el resultado del seguimiento de avance por disparo mensual tendremos el siguiente resumen de los meses: Abril, mayo, junio y julio (Gráfico N° 05)

Gráfica 5

Resumen de avance mensual vs Avance programado en Rampa Sandra



Nota. Elaboración propia.

Como se observa en el Grafico N° 05, el mes de abril se logró un total de 94.69 m de avance equivalente a 310.66 pies con un cumplimiento de 91 % a lo planificado, posteriormente el mes de mayo se logró un avance de 99.71m equivalente a 327.13 pies con un cumplimiento de 92%, después en el mes de junio se tuvo un avance mensual de 95.49 m equivalente a 313.29 con un cumplimiento de 91% y el mes de julio 101.24 m equivalente a 332.15 pies con un cumplimiento de 94%. Para nuestro análisis es importante tener los avances y la cantidad de taladros perforados por disparo, pues así calcularemos el número de pies perforados por disparo.

En el siguiente cuadro N° 33 se muestra el seguimiento de la cantidad de brocas Sandvik empleadas mensualmente para los 4 meses que se realizó la investigación.

Cuadro 33

Rendimiento de pies perforados mensual por broca Sandvik en la Rampa Sandra

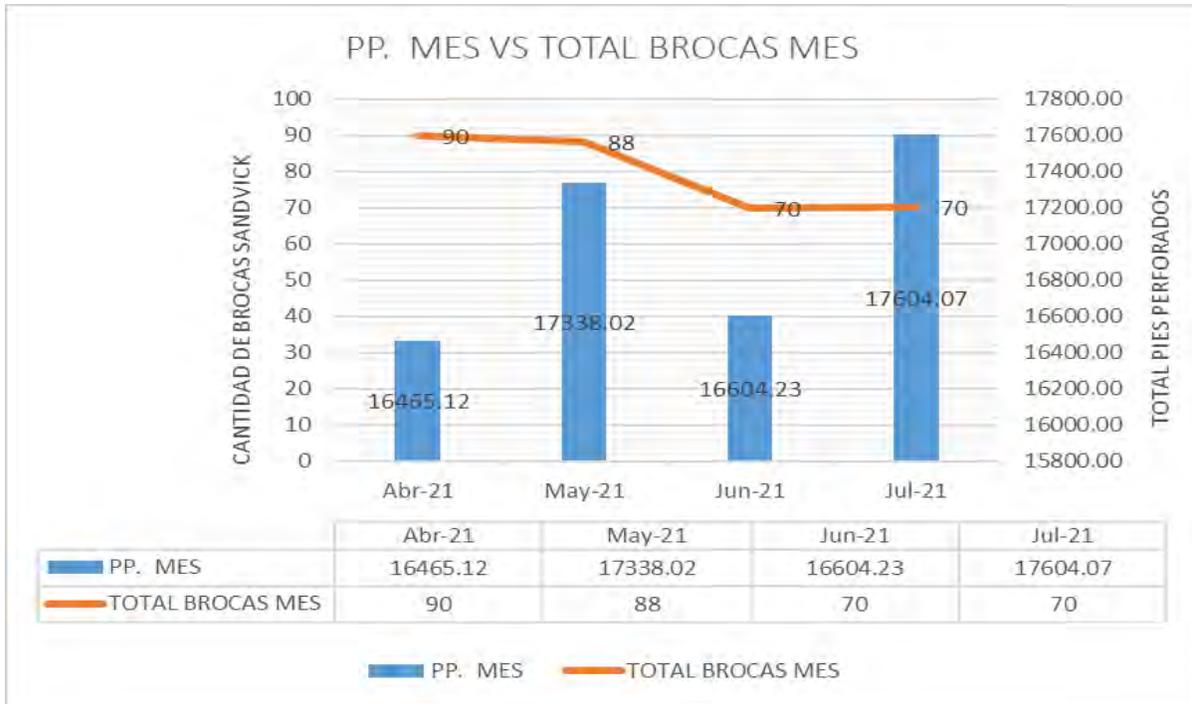
MES	AVANCE (m)	AVANCE (pies)	PP. MES	TOTAL BROCAS MES	RENDIMIENTO (PP/BROCA)	OBJ
Abr-21	94.69	310.66	16,465.12	90	183.38	200
May-21	99.71	327.13	17,338.02	88	196.89	200
Jun-21	95.49	313.29	16,604.23	70	237.58	200
Jul-21	101.24	332.15	17,604.07	70	251.00	200
PROMEDIO	97.78	320.81	17,002.86	80	217.21	200

Nota. Elaboración propia.

Considerando el objetivo del rendimiento de 200 pies perforados por broca, el mes de abril se obtuvo en total 16,465.12 pies perforados con un consumo total de 90 brocas de 36 mm y un rendimiento 183.38 pies perforados por broca, para el mes de Mayo la cantidad de pies perforados aumento a 17,338.02 y un consumo total de 88 brocas de 36 mm y un incremento de rendimiento de 196 pies perforados por broca, en el mes de junio la cantidad de brocas bajo a 70 unidades con un total de pies perforados de 16,604.23 y un rendimiento de 237.58 pies perforados por disparo, logrando así el objetivo trazado de pasar los 200 pies perforados por broca y para el mes de julio se tuvo un consumo de 70 brocas de 36 mm con un total de 17,604.07 con un rendimiento de 251.00 pies perforados por broca, también pasando los 200 pies perforados por broca que se tuvo como objetivo. En el grafico N° 06 se observa los pies perforados total por mes y la cantidad de brocas empleadas por mes.

Gráfica 6

Pies perforados por mes vs Cantidad de brocas usadas por mes en la Rampa Sandra

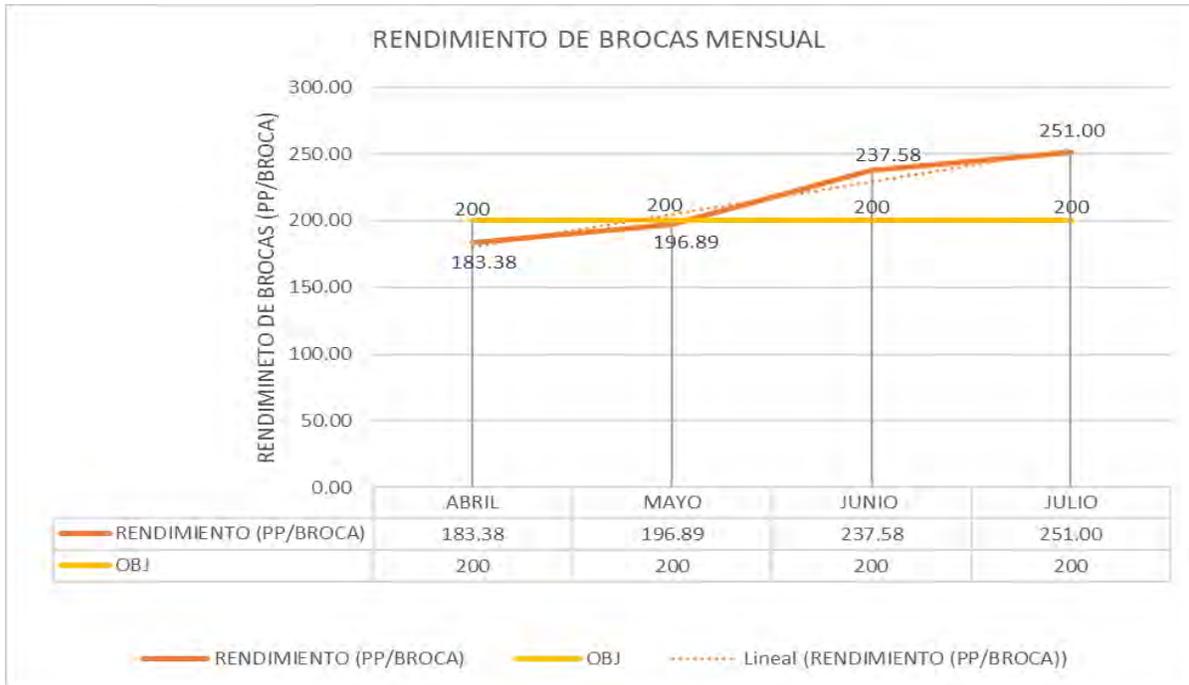


Nota. Elaboración propia.

Desde abril del 2021 hasta julio de 2021 como se observa en el gráfico N° 07 nos resume en el rendimiento de las brocas Sandvik, fechas donde se hizo el cambio de marca de brocas a Sandvik en la rampa Sandra, se tuvo un promedio mensual de 17,002.86 pies perforados con un promedio mensual de consumo de brocas Sandvik de 36 mm de 80 brocas, dándonos así un promedio mensual de rendimiento de 217.21 pies perforados por broca. Resultado satisfactorio a lo que se busca.

Gráfica 7

Rendimiento brocas Sandvik mensual



Nota. Elaboración propia.

4.1.4 Costos incurridos

4.1.4.1. Costos de perforación y voladura

Los costos son clasificados según el consumo de: aceros, combustible, herramientas, insumos, lubricantes, madera, servicios mina, sostenimiento y ventilación.

Estructura de costos en labores de avance empleando pala neumática en una sección de 2.5 m x 2.7 m.

Ancho = 2.50 metros

Cant. de taladros disparados= 48

Alto = 2.70 metros

Av. / disparo = 1.74 m

Barreno = 6 pies

Cantidad de Taladros Arranque = 9

Eff. de perforación = 95%

Taladros perforados = 53

Eff.xDisparo 90%

Cant. De Taladro alivio = 5.00

Longitud perforado = 5.70

Emulsión x taladro 5000

Cart. Volumen esponjado 21 m3

Emulsión x taladro 3000 Cart.

Cuadro 34

Estructura de costos de perforación y voladura en la Rampa Sandra

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	COST/UNIT.	COST/ DISP.	COSTO (\$/m)
MANO DE OBRA						
Perforista. A	Tarea.	0.86	100%	138.88	119.4368	
Ayudante perforista.	Tarea.	0.86	100%	126.24	108.5664	
Operador de Pala Neumática	Tarea	0.41	100%	138.88	56.9408	
Ayudante Palero	Tarea	0.41	100%	126.24	51.7584	
Motorista	Tarea	0	100%	135.52	0	
Ayudante motorista	Tarea	0	100%	132.31	0	
Servicios mina	Tarea	0	100%	132.31	0	
Carrilano	Tarea	0.83	100%	124.77	103.5591	
Bodeguero	Tarea	0.13	100%	129.21	16.7973	
Capataz	Tarea	0.13	100%	163.69	21.2797	274.55
ACERO DE PERFORACIÓN						
Barra de 4 pies	PP	151.05	1200	235.95	29.7	
Barra de 6 pies	PP	151.05	1200	281.62	35.45	
Broca de 36 mm	PP	302.1	175	63.35	109.36	
Broca de 32 mm	PP	0	230	60.19	0	100.29
EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS						
Famecorte E20	Pza	0	1	2.26	0	
Emulnor 500	Pza	0	1	0.65	0	
Emulnor 1000	Pza	35	1	0.77	26.97	
Emulnor 3000	Pza	141	1	0.83	117.31	
Emulnor 5000	Pza	165	1	0.94	154.4	
Cordón Detonante	Mts	12	1	0.73	8.71	
Fanel LP 2.40m	Pza	48	1	2.58	123.84	
Detonador	Pza	2	1	2.74	5.48	
Ensamblado						

Mecha Rápida de Ignición	Mts	1	1	1.25	1.25	251.7
HERRAMIENTAS Y OTROS						
Pico	Pza	2	60	29	0.97	
Lampa minera	Pza	2	60	42.36	1.41	
Cucharilla	Pza	2	90	18	0.4	
Comba de 6 Lb.	Pza	1	180	53.22	0.3	
Barretillas	Jgo.	2	60	127.12	4.24	
Soplete	Pza	1	120	83.82	0.7	
Guiador	Pza	1	30	2.5	0.08	
Atacador	Pza	3	30	11.02	1.1	
Punzón de encebado	Pza	1	150	17	0.11	
Saca barreno	Pza	1	150	75	0.5	
Pintura	Gln	1	30	7.29	0.24	
Mochila	Pza	1	120	65	0.54	
Llave stilson 14"	Pza	1	180	110.34	0.61	
Plataforma de Perforación	Pza	1	90	1815.82	20.18	
Flexómetro 5 m	Pza	1	30	14	0.47	18.3
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD						
Saco de jebe	Pza	1.7225	45	52	1.99	
Pantalón de jebe	Pza	1.7225	45	53.2	2.04	
Botas de jebe con punta de acero	Par	3.38	75	66.3	2.98	
Guantes de neopreno	Par	3.38	5	33.84	22.85	
Mameluco	Pza	3.38	180	85	1.59	
Pantalón Drill	Pza	3.38	120	50	1.41	
Polo de Algodón	Pza	3.38	90	30	1.13	
Protector (casco)	Pza	3.38	360	44.85	0.42	
Tafilete	Pza	3.38	180	14.7	0.28	
Respirador Survivair	Pza	3.38	180	90.02	1.69	
Cartucho P-100	Pza	3.38	15	28.74	6.47	
Survivair (filtro)	Pza	3.38	360	435	4.08	
mantenimiento	Pza	3.38	360	435	4.08	
Correa						
portalámparas de Seguridad	Pza	3.38	180	23.4	0.44	
Tapón de oídos	Pza	3.38	75	3.33	0.15	

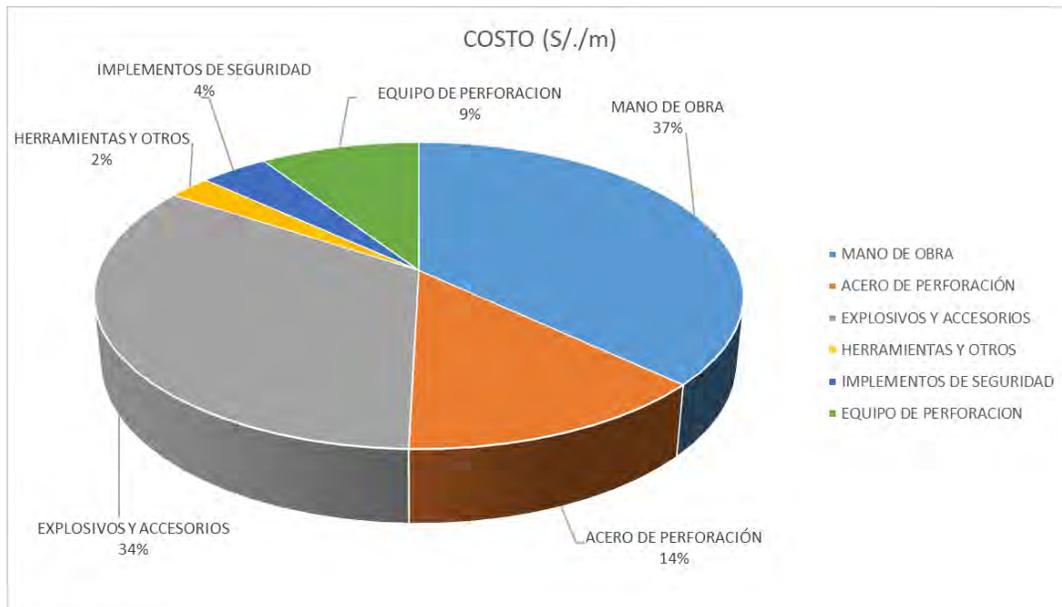
Lentes policarbonato c/impactos	Pza	3.38	120	27.63	0.78	
Barbiquejo	Pza	3.38	180	2.46	0.05	
Arnés y línea de vida	Pza	0	180	291.15	0	
Botín Minero c/punta de acero	Par	3.38	180	78.75	1.48	
Filtro para respirador	c/u	3.38	2	0.95	1.6	29.55
EQUIPO DE PERFORACION						
Perforadora	PP	302.1	80000	0.34	102.17	
Manguera de jebe de 1"	Mts	30	120	14.41	3.6	
Manguera de jebe de 1/2"	Mts	30	120	7.63	1.91	
Aceite perforadora Torcula 100	Gln.	302.1	600	24.75	12.46	69.05
OTROS EQUIPOS						
Pala neumática	Hr	3.31	1	0	0	
Locomotora	Hr	3.31	1	0	0	
Carros mineros	Hr	3.31	1	0	0	
Instalación área de ventiladora	Und	0	1	0	0	0
Planilla de costos fijos						
TOTAL COSTOS DIRECTOS (S/.)						743.45

Nota. Cuadro obtenido del Área de costos y productividad Marose SAC.

En el gráfico N°08 podemos interpretar lo siguiente: El costo directo mayor de perforación y voladura es el de mano de obra con un 37%, le sigue el costo de explosivos y accesorios con un 34%, aceros con 14%, equipo de perforación con 9%, implementos de seguridad con 4% y herramientas y otros con un 2%.

Gráfica 8

Costos directos de perforación y voladura



Nota. Elaboración propia.

4.1.4.2. Costos de las brocas Sandvik de 36 mm en la rampa sandra

A partir de abril del 2021 hasta julio del 2021 que se emplearon brocas de la marca Sandvik. Se realizó el siguiente análisis de costos de adquisición en brocas descartables de 36 mm (Cuadro N° 35 y Gráfico N°09) donde se puede observar que en el mes de abril se tuvo un consumo de 90 brocas con un costo de S/. 5,689.88, en mayo un consumo de 88 brocas con un costo de S/5,580.33, en junio un consumo de 70 brocas con un costo mensual de S/4,428.91 y finalmente en julio se tuvo también un consumo de 70 brocas con un costo mensual de S/4,444.50.

Cuadro 35

Costo mensual

MES-AÑO	TOTAL BROCAS MES	COSTOS
Abr-21	90	S/5,689.88
May-21	88	S/5,580.33
Jun-21	70	S/4,428.91
Jul-21	70	S/4,444.50
PROMEDIO	79.47	S/ 5,035.91

Nota. Elaboración propia.

En el gráfico N° 09 también se puede observar que los costos mensuales de adquisición de las brocas descartables de 36 mm de marca Sandvik permanecen en un rango de S/. 4,400 a S/. 5,700 mensual, teniendo así un costo mensual promedio de S/. 5,035.91 en la rampa Sandra, con un consumo promedio mensual de 80 brocas descartables de 36 mm.

Gráfica 9

Costo mensual de brocas en la rampa Sandra



Nota. Elaboración propia.

CAPITULO V.
ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y PROPUESTA
DE MEJORA CONTINUA

5.1. Análisis e interpretación de resultados

Para poder encontrar una mejora es importante identificar las desviaciones o fallas más frecuentes en las operaciones de perforación.

5.1.1 Fallas que intervienen en el rendimiento de las brocas de perforación

Se tiene los siguientes aspectos más comunes que influyen en el rendimiento de las brocas.

5.1.1.1. Barrenación con alto volumen de agua en el barrido

El papel de agua para el barrido cumple un papel importante para la perforación de taladros, pues este limpia el detritus que aparece a partir de la roto percusión de la barra conjuntamente con la broca, pero cuando la cantidad de agua comienza a ser elevada, la cantidad de arena

abrasiva comienza a aumentar y eso hace que se destruya el acero y a consecuencia de ello cause rotura de los botones como se ve en la imagen N° 38.

Imagen 38

Barreno gastado con rotura de botones



Nota. Sandvik Mining and Construction, Juan Garcés.

En el cuadro N°36 se observa la comparación de brocas empleadas antes y después y su resultado respecto a la falla en barrenación con alto volumen de agua en el barrido.

Cuadro 36

Comparación de fallas en la barrenación con alto volumen de agua en el barrido

		BROCA DESCARTABLE DE 36 MM EMPLEADA	
		ANTES	DESPUES
FALLA QUE INTERVIENE EN EL RENDIMIENTO DE BROCAS		BOARD LONGYEAR	SANDVIK
BARRENACIÓN CON ALTO VOLUMEN DE AGUA EN EL BARRIDO	Estado / Solución	Mal uso y excesivo volumen de agua en el barrido	Capacitación al perforador sobre correcto uso y volumen de agua para el barrido
	Resultado	Cantidad de arena abrasiva excesiva produciendo mayor rotura de botones	Volumen de agua controlada, menor cantidad de arena abrasiva, poca rotura de botones.

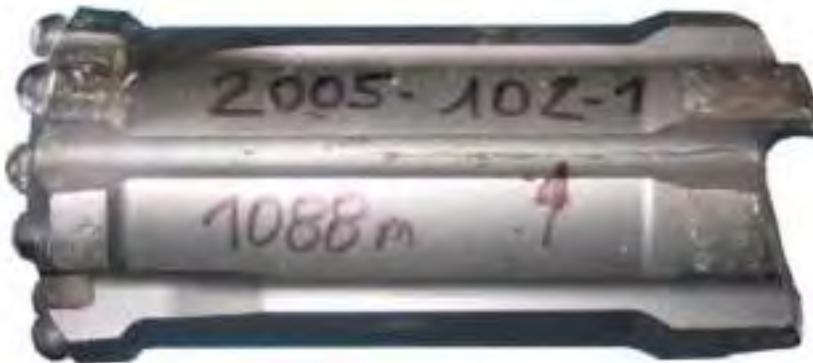
Nota. Elaboración propia.

5.1.1.2. Uso de brocas gastadas

El uso de brocas gastadas como se ve en la imagen N°39 ocasiona rajaduras o agrietamiento en el faldón, también el mal procedimiento de aflojado de broca. La recomendación para un buen uso es aumentar la presión de avance, apretar las uniones antes de percutir, un buen procedimiento de desacople y cambiar el acero desgastado.

Imagen 39

Broca gastada con agrietamiento



Nota. Imagen obtenida de Sandvik Mining and Construction, Juan Garcés.

En el cuadro N°37 se observa la comparación de brocas empleadas antes y después y su estado, solución y resultado respecto al uso de brocas gastadas.

Cuadro 37

Comparación de fallas en el uso de brocas gastadas

		BROCA DESCARTABLE DE 36 MM EMPLEADA	
		ANTES	DESPUES
FALLA QUE INTERVIENE EN EL RENDIMIENTO DE BROCAS		BOARD LONGYEAR	SANDVIK
USO DE BROCAS GASTADAS	Estado / Solución	Uso de brocas gastadas sin conocimiento de aprovechamiento.	Capacitación en presión de avance para el aprovechamiento de brocas gastadas, cambio de broca.
	Resultado	Rajaduras o agrietamiento en el faldón.	Poca rajadura o agrietamiento en el faldón

Nota. Elaboración propia.

5.1.1.3. Selección inadecuada de broca al tipo de terreno

El agrietamiento entre botones como se ve en la imagen N°40 tiene como causa probable una barrenación con botones grandes o una selección inadecuada del acero. La recomendación más adecuada es selección de una broca adecuada al tipo de terreno.

Imagen 40

Broca con agrietamiento entre botones



Nota. Sandvik Mining and Construction, Juan Garcés.

En el cuadro N°38 se observa la comparación de brocas empleadas antes y después y su estado, solución y resultado respecto a la selección inadecuada de broca.

Cuadro 38

Comparación de fallas en la selección inadecuada de broca

FALLA QUE INTERVIENE EN EL RENDIMIENTO DE BROCAS		BROCA DESCARTABLE DE 36 MM EMPLEADA	
		ANTES	DESPUES
		BOARD LONGYEAR	SANDVIK
SELECCIÓN INADECUADA DE ACERO	Estado / Solución	Barrenación con botones grandes o una selección inadecuada del acero según en terreno.	Elección de una broca adecuada al tipo de terreno (Broca descartable de 36 mm Sandvik)
	Resultado	Rajadura o agrietamiento entre botones.	No existe rajadura o agrietamiento entre botones

Nota. Elaboración propia.

5.1.1.4. Mal emboquillamiento y percusión en vacío.

Este tipo de problema en la broca como se observa en la Imagen N°41, es causado por el excesiva rotación aplicada en una broca atorada, un mal emboquillamiento, también es consecuencia de una percusión en vacío al desacoplar, al tener mucha percusión al retroceder o cuando la resistencia de la roca es baja.

Para evitar que exista una rajadura completa, se debe disminuir la rotación ajustando el pomo, reducir presiones de avance y percusión en el emboquillado o apoyar la broca al momento del desacople.

Imagen 41

Broca con rajadura completa



Nota. Imagen obtenida de Sandvik Mining and Construction, Juan Garcés.

En el cuadro N°39 se observa la comparación de brocas empleadas antes y después y su estado, solución y resultado respecto al mal emboquillamiento y percusión en vacío.

Cuadro 39

Comparación de fallas en el mal emboquillamiento y percusión en vacío.

		BROCA DESCARTABLE DE 36 MM EMPLEADA	
		ANTES	DESPUES
FALLA QUE INTERVIENE EN EL RENDIMIENTO DE BROCAS		BOARD LONGYEAR	SANDVIK
MAL EMBOQUILLAMIENTO Y PERCUSIÓN EN VACIO.	Estado / Solución	Percusión en vacío al desacoplar, mucha percusión al retroceder o cuando la resistencia de la roca es baja	Disminución en la rotación ajustando el pomo, reducción de presión de avance y percusión en el emboquillado o apoyar la broca al momento del desacople. Capacitación a personal en campo.
	Resultado	Rajadura completa	No existe rajadura completa

Nota. Elaboración propia.

5.1.1.5. Mala presión de avance

La pérdida de botones como se ve en la Imagen N° 42 es ocasionada la mayoría de veces por una percusión en vacío y una mala presión de avance. Para un control de perdida de botones se debe tener buenas prácticas de emboquillado y barrenación, así también aumentar la presión de avance.

Imagen 42

Broca con pérdida de botones



Nota. Imagen obtenida de Sandvik Mining and Construction, Juan Garcés.

En el cuadro N°40 se observa la comparación de brocas empleadas antes y después y su estado, solución y resultado respecto a la mala presión de avance.

Cuadro 40

Comparación de fallas con la presión de avance

FALLA QUE INTERVIENE EN EL RENDIMIENTO DE BROCAS		BROCA DESCARTABLE DE 36 MM EMPLEADA	
		ANTES	DESPUES
		BOARD LONGYEAR	SANDVIK
MALA PRESIÓN DE AVANCE	Estado / Solución	Baja presión de avance, malas prácticas de emboquillado y barrenación.	Capacitación de buenas prácticas de emboquillado, barrenación y presión de aire.
	Resultado	Perdida de botones en brocas.	Baja cantidad de perdida de botones.

Nota. Elaboración propia.

5.1.1.6. Baja resistencia de tensión y compresión en botones

Cuando existe una pérdida de botones bajo el nivel del cuerpo, es decir que el botón desaparece de la superficie de la broca a causa del desgaste del botón por no tener apoyo suficiente para resistir las fuerzas de tensión y compresión

Imagen 43

Broca con pérdida del botón bajo el nivel del cuerpo



Nota. Imagen obtenida de Sandvik Mining and Construction, Juan Garcés.

En el cuadro N°41 se observa la comparación de brocas empleadas antes y después y su estado, solución y resultado respecto a la baja resistencia de tensión y compresión en botones.

Cuadro 41

Comparación de fallas con la baja resistencia de tensión y compresión en botones

FALLA QUE INTERVIENE EN EL RENDIMIENTO DE BROCAS		BROCA DESCARTABLE DE 36 MM EMPLEADA	
		ANTES	DESPUES
		BOARD LONGYEAR	SANDVIK
BAJA RESISTENCIA DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN EN BOTONES	Estado / Solución	El botón desaparece de la superficie de la broca a causa del desgaste del botón.	Elección de una broca adecuada al tipo de terreno (Broca descartable de 36 mm Sandvik)
	Resultado	Perdida de botones bajo el nivel del cuerpo	Baja pérdida de botones bajo el nivel del cuerpo

Nota. Elaboración propia.

5.1.1.7. Barrenación en roca dura y uso de botón desgastado

La pérdida del botón al nivel de la base como se ve en la imagen N°44 suele ser causado por una barrenación en roca dura, ocasionado también por tener botones muy desgastados que no proveen soporte a las fuerzas de compresión.

Imagen 44

Broca con pérdida de botón al nivel de la base.



Nota. Imagen obtenida de Sandvik Mining and Construction, Juan Garcés.

En el cuadro N°42 se observa la comparación de brocas empleadas antes y después y su estado, solución y resultado respecto a la barrenación en roca dura y uso de brocas con botón desgastado.

Cuadro 42

Comparación de fallas en barrenación en roca dura y uso de brocas con botón desgastado

FALLA QUE INTERVIENE EN EL RENDIMIENTO DE BROCAS		BROCA DESCARTABLE DE 36 MM EMPLEADA	
		ANTES	DESPUES
		BOARD LONGYEAR	SANDVIK
BARRENACIÓN EN ROCA DURA Y USO DE BOTON DESGASTADO	Estado / Solución	Barrenación en roca dura, ocasionado por tener botones muy desgastados que no proveen soporte a las fuerzas de compresión	Elección de una broca adecuada al tipo de terreno (Broca descartable de 36 mm Sandvik)
	Resultado	La pérdida del botón al nivel de la base	No existe pérdida del botón al nivel de la base

Nota. Elaboración propia.

5.1.2. Comparación de rendimiento mensual de brocas de la marca boart longyear y Sandvik

Haciendo el análisis de pies perforados y consumo de brocas de 36 mm en la rampa Sandra desde el mes de julio del 2020 hasta julio del 2021, como se ve en el cuadro N°43, se puede observar que a partir de julio del 2020 (Periodo que se empleaba brocas de la marca Boart longyear hasta marzo de 2021 en promedio se tuvo un total de 15350.39 pies perforados con un consumo promedio de 117 brocas mensuales dándonos así un rendimiento de 135.17 pies perforados por broca de 36 mm Boart longyear. Desde abril del 2021 hasta julio de 2021, fechas donde se hizo el cambio de marca de brocas a Sandvik, se tuvo un promedio mensual de 17002.86 pies perforados con un promedio mensual de consumo de brocas Sandvik de 36 mm de 80 brocas, dándonos así un promedio mensual de rendimiento de 217.21 pies perforados por broca. Resultado satisfactorio a lo que se busca, pues así se reduce el consumo de brocas de

hasta 38 brocas descartables por mes.

Cuadro 43

Comparación de rendimiento mensual de brocas en la Rp Sandra

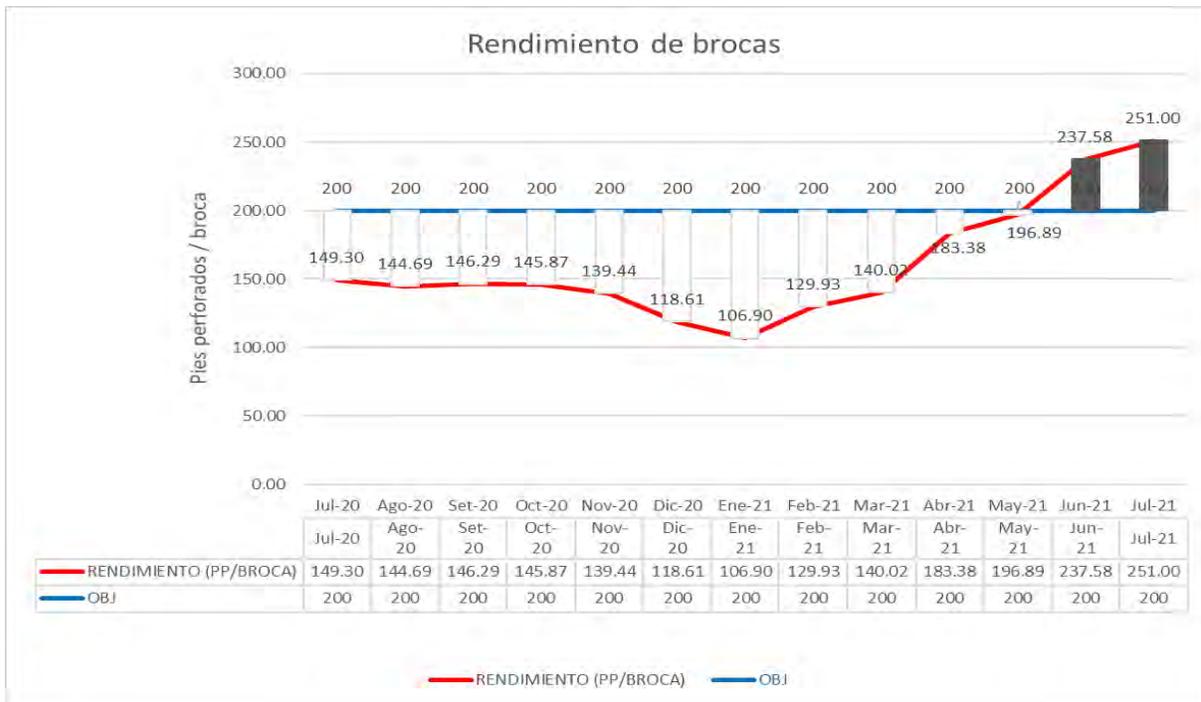
MARCA	MES-AÑO	RENDIMIENTO (PP/BROCA)	OBJETIVO
BOART LONGYEAR	Jul-20	149.30	200
	Ago-20	144.69	200
	Set-20	146.29	200
	Oct-20	145.87	200
	Nov-20	139.44	200
	Dic-20	118.61	200
	Ene-21	106.90	200
	Feb-21	129.93	200
	Mar-21	140.02	200
		PROMEDIO	135.67
SANDVIK	Abr-21	183.38	200
	May-21	196.89	200
	Jun-21	237.58	200
	Jul-21	251.00	200
		PROMEDIO	217.21

Nota. Elaboración propia.

En el grafico N° 10 se observa el seguimiento del rendimiento de brocas desde julio de 2020 hasta julio del 2021, los primeros nueve meses muestra los rendimientos con la marca boart longyear los últimos cuatro meses muestra el rendimiento de brocas de la marca Sandvik, en el grafico notoriamente se muestra el aumento de rendimiento a partir de abril del 2021.

Gráfica 10

Rendimiento mensual de brocas en la Rp Sandra



Nota. Elaboración propia.

5.1.3. Comparación del consumo mensual de brocas de la marca boart longyear y Sandvik

En el cuadro N° 44 se ve que desde el mes de julio del 2020 hasta marzo de 2021, periodo donde se utilizaron brocas de la marca Boart longyear se tuvo un consumo mensual promedio de 116 brocas de 36 mm, desde abril del 2021 hasta julio del 2021, periodo que se empleó broca de la marca Sandvik se tuvo un promedio mensual de consumo de brocas de 80 brocas de 36 mm. Realizando un comparativo de la cantidad promedio de brocas empleadas tanto como Boart longyear y Sandvik fue de 117 y 80 respectivamente, teniendo así un ahorro mensual de 37 brocas en promedio mensual.

Cuadro 44

Consumo de brocas mensual

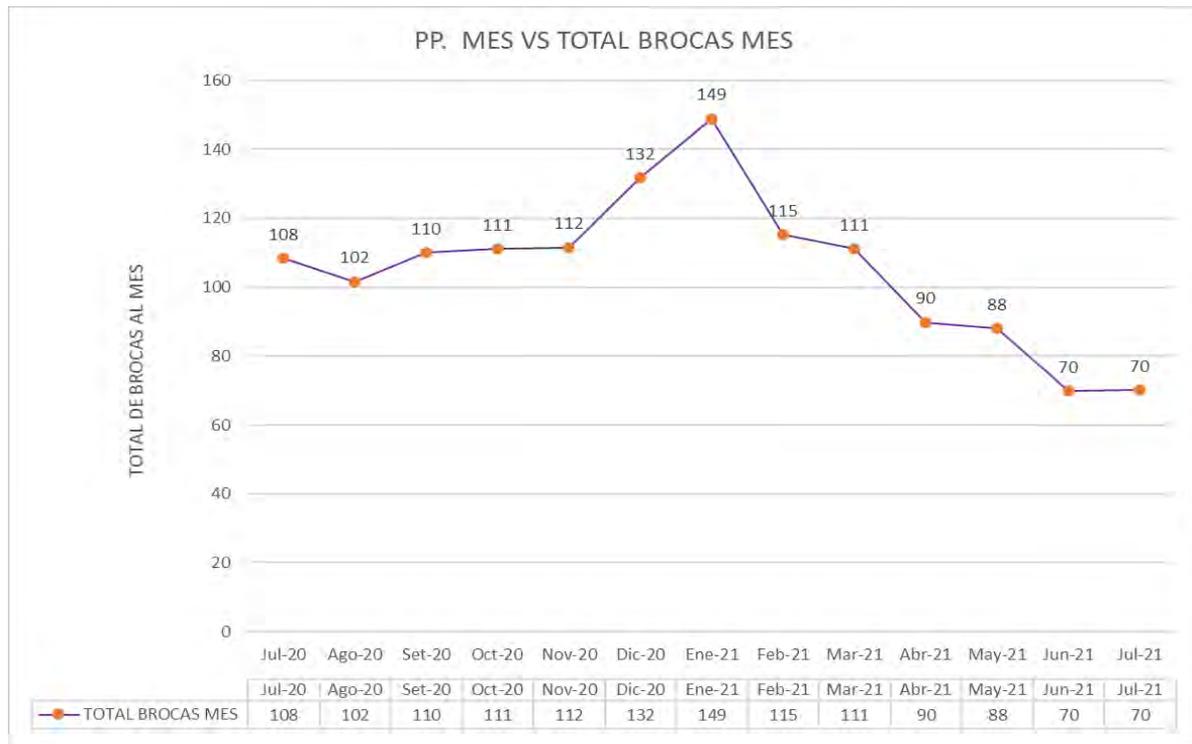
MES-AÑO	TOTAL BROCAS MES
Jul-20	108
Ago-20	102
Set-20	110
Oct-20	111
Nov-20	112
Dic-20	132
Ene-21	149
Feb-21	115
Mar-21	111
PROMEDIO	117
Abr-21	90
May-21	88
Jun-21	70
Jul-21	70
PROMEDIO	80

Nota. Elaboración propia.

En el Gráfico N° 11 se observa el consumo mensual de brocas desde julio del 2020 hasta julio del 2021 en la rampa Sandra, los últimos 4 meses (uso de brocas Sandvik) se evidencia una reducción de consumo de brocas considerable hasta 90 brocas en un mes a diferencia de la marca board longyear que llegó a consumir hasta 149 brocas usadas sólo en un mes (de julio 2020 hasta marzo del 2020).

Gráfica 11

Consumo mensual brocas en la Rampa Sandra



Nota. Elaboración propia.

5.1.4. Comparación de los costos mensuales de brocas de la marca boart longyear y Sandvik

Considerando el consumo de brocas de 36 mm en la rampa Sandra como se ven en el cuadro N°45, de la marca Boart longyear se tuvo en promedio un costo mensual de S/. 7,390.56, solo en la Rampa Sandra con un promedio mensual de consumo de brocas de 117 unidades. Caso de las brocas Sandvik de 36 mm, que se tuvo un costo mensual promedio de S/. 5,035.91 con un consumo promedio de brocas de 36 mm de 80 unidades al mes. Considerando el costo mensual promedio de brocas tanto de la marca Boart longyear y Sandvik, tenemos una diferencia de S/. 2,354.65 de ahorro mensual promedio.

Cuadro 45

Costo mensual en brocas en la Rampa Sandra

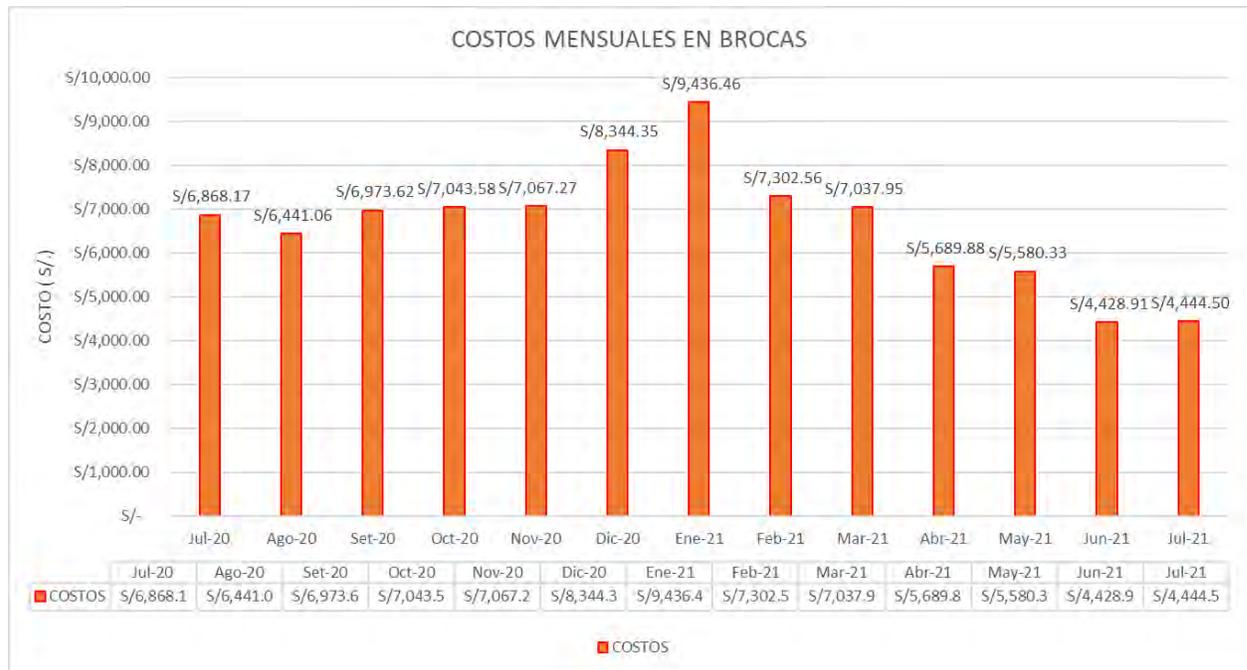
MES-AÑO	TOTAL BROCAS	COSTOS
Jul-20	108	S/ 6,868.17
Ago-20	102	S/ 6,441.06
Set-20	110	S/ 6,973.62
Oct-20	111	S/ 7,043.58
Nov-20	112	S/ 7,067.27
Dic-20	132	S/ 8,344.35
Ene-21	149	S/ 9,436.46
Feb-21	115	S/ 7,302.56
Mar-21	111	S/ 7,037.95
PROMEDIO	116.63	S/ 7,390.56
Abr-21	90	S/ 5,689.88
May-21	88	S/ 5,580.33
Jun-21	70	S/ 4,428.91
Jul-21	70	S/ 4,444.50
PROMEDIO	79.47	S/ 5,035.91

Nota. Elaboración propia.

En el gráfico N° 12 se observan los costos mensuales de brocas en la rampa Sandra a partir de julio del 2020 hasta julio del 2021. Considerando que desde julio del 2020 hasta marzo del 2021 se utilizaron brocas de la marca boart longyear, en este periodo se llegó a gastar hasta S/. 9,436.46 sólo en brocas de 36 mm en el mes de enero del 2021, caso muy distinto fueron los costos incurridos a partir de la implementación de la marca Sandvik desde el mes de abril del 2021 hasta julio del 2021 que tuvo un valor máximo de S/. 5,689.88 en costos incurridos de consumo de brocas descartables de 36 mm.

Gráfica 12

Costo mensual de brocas en la Rampa Sandra



Nota. Elaboración propia.

5.2. Propuesta de mejora continua

5.2.1. Elección de la marca de broca con mayor rendimiento de pies perforados por broca y menor costo

Con los resultados obtenidos con el uso mensual de brocas de la marca boart longyear y Sandvik en: avances por pies perforados por mes, cantidad de brocas utilizadas, costo por metro y costo total mensual tenemos el siguiente resumen (Cuadro N° 46).

Cuadro 46

Seguimiento de comportamiento de brocas en la rampa sandra

MARCA	MES-AÑO	AVANCE (m)	PIE PERFORADO MES	TOTAL BROCAS (Uds)	RENDIMIEN TO (PIE PERFORADO/ BROCA)	OBJ	COSTO (S/./m)	COSTO TOTAL(S/.)
BOART LONGYEAR	Jul-20	93.06	16,181.43	108	149.30	200	S/ 73.80	S/ 6,868.17
	Ago-20	84.58	14,706.32	102	144.69	200	S/ 76.16	S/ 6,441.06
	Set-20	92.58	16,098.62	110	146.29	200	S/ 75.32	S/ 6,973.62
	Oct-20	93.24	16,213.36	111	145.87	200	S/ 75.54	S/ 7,043.58
	Nov-20	89.43	15,551.19	112	139.44	200	S/ 79.02	S/ 7,067.27
	Dic-20	89.82	15,617.75	132	118.61	200	S/ 92.90	S/ 8,344.35
	Ene-21	91.54	15,917.90	149	106.90	200	S/ 103.08	S/ 9,436.46
	Feb-21	86.11	14,973.03	115	129.93	200	S/ 84.81	S/ 7,302.56
	Mar-21	89.43	15,550.71	111	140.02	200	S/ 78.70	S/ 7,037.95
	PROMEDIO	89.98	15,645.59	117.00	135.67	200	S/ 82.15	S/ 7,390.56
SANDVIK	Abr-21	94.69	16,465.12	90	183.38	200	S/ 60.09	S/ 5,689.88
	May-21	99.71	17,338.02	88	196.89	200	S/ 55.97	S/ 5,580.33
	Jun-21	95.49	16,604.23	70	237.58	200	S/ 46.38	S/ 4,428.91
	Jul-21	101.24	17,604.07	70	251.00	200	S/ 43.90	S/ 4,444.50
	PROMEDIO	97.78	17,002.86	80.00	217.21	200	S/ 51.58	S/ 5,035.91

Nota. Elaboración propia.

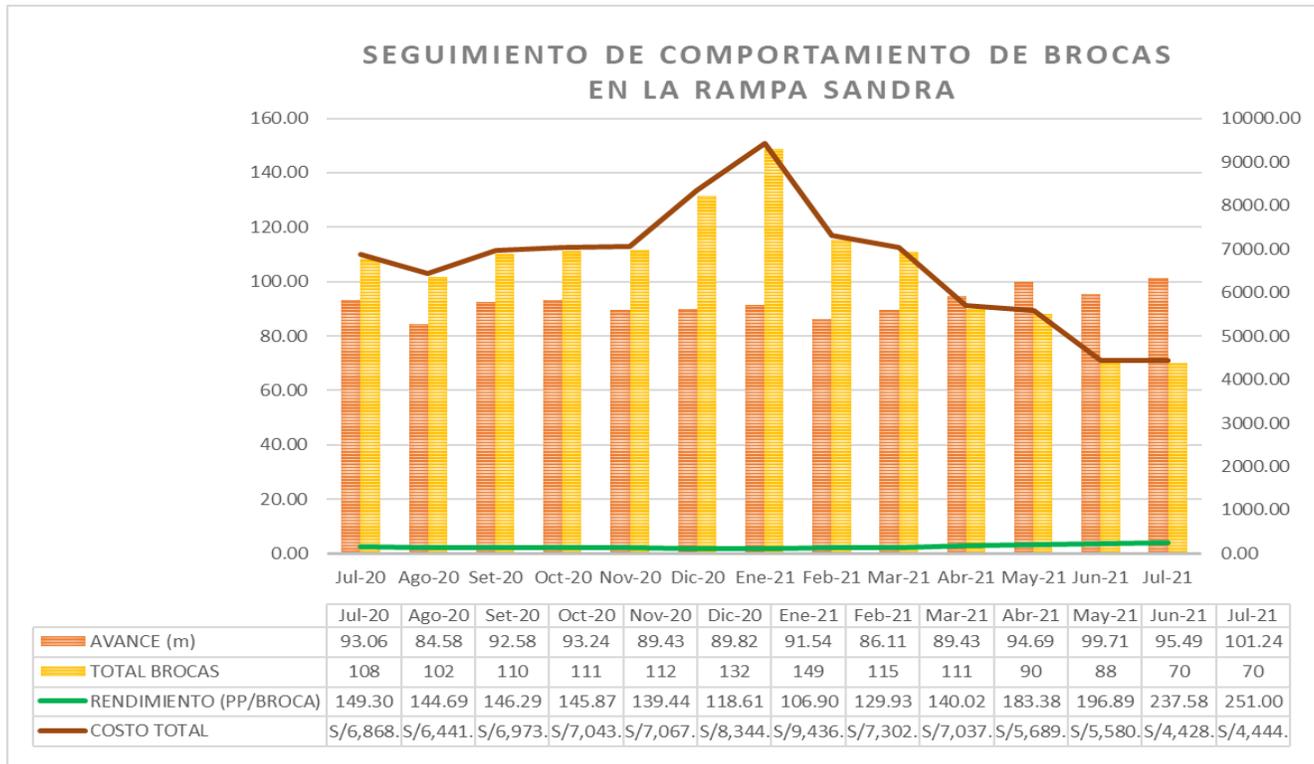
Empleando brocas de la marca Sandvik obtenemos mejores resultados a comparación de las brocas Boart longyear, es decir: Obtenemos en promedio: ligero mayor avance por disparo mensual, más 7.81 metros, el consumo de brocas de 36 mm se reduce en 37 unidades en promedio mensualmente, esto trae consigo un menor costo para la compra de brocas descartables de 36 mm, es decir una reducción de un monto de S/. 30.56 por metro, equivalente a S/. 2354.65 por mes. El rendimiento de brocas alcanza a 217.21 pies perforados por broca, un resultado mayor a los que se pide tener como mínimo que es 200 pies perforados por broca.

En el gráfico N°13 podemos observar que a partir de julio del 2020 hasta marzo del 2020 resultados con el uso de brocas descartables de 36 mm de la marca boart longyear, y desde abril

del 2021 hasta julio del 2021 con brocas descartables de 36 mm de la marca Sandvik.

Gráfica 13

Seguimiento de comportamiento de brocas en la rampa Sandra



Nota. Elaboración propia.

5.2.2. Capacitación y entrenamiento al personal en el uso correcto de brocas en la operación

La capacitación y experiencia del perforista es importante, considerar que este cumpla con el estándar de perforación y los procedimientos operativos según el tipo de labor, condición del terreno, y puntos importantes como: Barrenación con adecuada cantidad de agua en el barrido, buen uso de brocas gastadas, selección adecuada de broca al tipo de terreno, adecuado emboquillamiento y percusión en vacío, adecuada presión de avance, correcta resistencia de tensión y compresión en botones, entre otros.

Para la presente investigación, se capacitó al personal involucrado en la perforación con

Jackleg, tanto de manera teórica como práctica (En el Anexo N°09 se observa el alcance de una capacitación a un trabajador en campo), el seguimiento de sus trabajos fue un trabajo continuo por parte del área operativa y del área de SGI y la constante de un trabajo seguro. Para una mejor referencia de las charlas de seguridad al trabajador en interior mina ver el Anexo N° 08.

Imagen 45

Capacitación a personal involucrado en la perforación de frentes de trabajo



Nota. Imagen obtenida por fuente propia en sala de capacitaciones campamento Cía. Minera Poderosa, junio 2021.

5.2.3. Inspección rutinaria de aceros de perforación durante y después de su uso

Es importante realizar inspecciones rutinarias de los aceros de perforación, identificar desviaciones que puedan perjudicar el rendimiento de las brocas, incluso daños a la propiedad o accidentes a los trabajadores. Todo perforista debe tener la capacidad de identificar recursos que no tengan buenas condiciones, reportarlo inmediatamente y realizar el requerimiento de nuevo. Es importante mencionar que existen factores que influyen en el avance por disparo, verificar el paralelismo de taladros toma un papel importante, pues nos da la confianza de sacar un buen disparo, es decir un avance por disparo óptimo.

Imagen 46

Medición de longitud de perforación



Nota. Imagen obtenida por fuente propia en la Rampa Sandra, Cía. Minera Poderosa S.A, abril 2021.

CONCLUSIONES

1. Después de un análisis del rendimiento de brocas tanto de la marca boart longyear y Sandvik, se tuvo como resultado: Que empleando brocas descartables de 36 mm de la marca Sandvik en la Rampa Sandra se reduce la cantidad de brocas consumidas de 117 a 80 unidades en promedio al mes en comparación de la marca boart longyear.
2. Las principales causas que generan deficiencias en los componentes de las brocas de la marca boart longyear son: La barrenación con alto volumen de agua en el barrido que ocasiona un mayor desgaste de botones por la presencia de material abrasivo, el uso de brocas gastadas que ocasiona rajaduras o agrietamiento en el faldón, el mal procedimiento de aflojado de broca, la selección inadecuada de broca al tipo de terreno que en este caso resulto tener mejores resultados la broca descartable de 36 mm de la marca Sandvik, el mal emboquillamiento y percusión en vacío causado por el excesiva rotacion aplicada en una broca atorada, tambien es consecuencia de una percusión en vacío al desacoplar, al tener mucha percusión al retroceder o cuando la resistencia de la roca es baja, la mala presión de avance que genera perdida de botones, uso de botones desgastados que no proveen soporte a las fuerzas de compresión en roca dura.
3. Los efectos que producen las prácticas inapropiadas de trabajo con brocas de la marca boart longyear en la rampa Sandra son: Las rajaduras y agrietamiento en el faldón, perdida de botones, cuerpo de la broca desgastada, agrietamiento en el acero de la broca, agrietamiento en el fondo del inserto, rajadura completa de la broca y perdida de botones bajo el nivel del cuerpo.
4. Con la nueva implementación de brocas Sandvik de 36 mm acompañada de buenas prácticas de perforación y aplicación de los estándares de perforación en la Rampa Sandra,

las fallas que intervienen en el rendimiento de las brocas de perforación en brocas disminuyen notoriamente, traduciendo ello que el rendimiento de brocas suba de 135.67 a 217.21 pies perforados por broca, favorable para la marca Sandvick comparación con la marca boart longyear, obteniendo un resultado positivo considerando el mínimo permisible que es de 200 pies perforados por broca.

5. Con la implementación de brocas descartables de 36 mm de la marca Sandvik los costos mensuales en la Rampa Sandra se reducen en un promedio de S/. 7,390.56 a S/. 5,035.91 es decir S/. 2,354.65, específicamente de S/ 82.15 (antes de la implementación de la marca Sandvik) a S/ 51.58 (Después de la implementación de la marca Sandvik) por metro de avance. Considerando que la empresa contratista tiene trabajos de perforación en diferentes labores de avance y producción (5 labores de avance y 20 de producción en promedio) en los niveles 2590, 2635y 2670 de la veta Samy de la Cia. Minera Poderosa implementando las brocas Sandvik en todas sus labores, se tendría una reducción estimada de costos mensual promedio de hasta S/. 35,319.75 solo en consumo de brocas.

RECOMENDACIONES

1. La implementación de brocas descartables de la marca Sandvik tienen mejor resultado en el rendimiento de pies perforados por broca, se recomienda utilizarlos en todas sus labores de avance y producción que tengan roca dura, con un rango de RMR de 60 a 80, adicional a ello también considerar la implementación de brocas descartables de 32 mm utilizadas para perforaciones de sostenimiento para pernos de anclaje, lo cual también tendría resultados favorables.
2. Es importante la constante capacitación teórico - práctico al personal en procedimientos y estándares de perforación con perforadora Jackleg para frentes de avance y producción. Se recomienda seguir con las buenas prácticas in situ.
3. El reconocimiento de factores técnicos que influyen en el rendimiento de las brocas prevendrá futuros inconvenientes de fallas en las brocas y su oportuna identificación antes de que pueda afectar los indicadores de perforación.
4. El realizar una perforación asertiva con maquina Jackleg en labores horizontales tenemos una garantía de un buen rendimiento de pies perforados por broca. Únicamente se debe realizar la perforación si el frente se encuentra estable y ventilada. Durante el proceso de perforación, el perforista y su ayudante están en la obligación de verificar constantemente la existencia de rocas sueltas para eliminarlas. Para perforar los taladros de las alzas (coronas) en las galerías y cortadas con maquina Jackleg es recomendable usar plataformas de perforación.
5. Al realizar la implementación de brocas de la marca Sandvik en todas sus labores de avance y producción tendrá una reducción considerable en costos, esto de la mano con personal involucrado en la perforación capacitado y supervisión constante.

BIBLIOGRAFIA

Área de Ingeniería y Planeamiento. (2019). *Estándares Operativos. Cía Minera Poderosa S.A.*

La libertad, Perú.

Boart Longyear. (2016). *IN-HOLE TOOLS Global Performance Tooling Catalog*. Estados

Unidos.

Camiper. (2016). *Diplomado: Ingeniería Geotécnica Aplicada en Minería. Modulos I y IV*.

Lima.

Cia Minera Poderosa. (2016). *Informe Anual de Sostenibilidad*. Lima.

CPUMET, C. P. (2006). *Gestión y manejo de explosivos perforación y voladura*. Perú.

Emmanuel G., J. C. (2005). *Guía de análisis de fallas de herramientas para perforación –*

Sandvik Mining and Construction. México.

Exsa S.A. (2012). *Parámetros en la voladura de rocas*. Perú: Seguridad Minera.

Exsa SA. (2009). *Manual Práctico de Perforación y Voladura*. Lima, Perú.

Famesa Explosivos S.A.C. (2018). *Catálogo de productos de Famesa Explosivos*. Perú.

Fernández, J., Pérez, H., & Mulone, D. (2017). *Correlación entre el índice RMR de Bieniawski*

y el índice Q de Barton en formaciones sedimentarias de grano fino. España: Informes de la Construcción.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación. 3ra*

Edición. México.

Israel M., P. (2013). *Optimización del uso de aceros de perforación en la UEA San Cristobal*

de Minera Bateas SAC. Huancayo, Perú.: Universidad Nacional Del Centro Del Perú.

Jáuregui, A. (2009). *Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la optimización de*

los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura. Lima, Perú.

- López J., C. (1987). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Madrid, España: Geológico Minero de España.
- López J., C. (1990). *Apuntes de proyectos de ingeniería*. E.T.S.I. España: Ingeniería de Minas.
- Ludger, O. (2014). *Introducción a la Ingeniería de Rocas de Superficie y Subterránea*. Medellín. Colombia.
- Palomino, H. (2016). *Optimización del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo, para mejorar la eficiencia en Compañía Minera Poderosa S.A.* La Libertad, Perú.: Universidad Nacional de Trujillo.
- Persson, P., Holmberg, R., & Lee, J. (1994). *Rock Blasting and Explosives Engineering*. Canberra, Australia. Australia: Libraries Australia.
- Rodríguez, G. (2017). *Informe de Asistencia Técnica en Estandarización de Perforación y Voladura*. Patáz, Santa María.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ta Edición. México.
- Sandvik mining and construction. (2013). *Perforación con martillo de fondo (DTH) sandvik RH550*.
- SECOROC. (2017). *Product catalogue Tophammer equipment*. Atlas Copco Peruana SA. Perú.

ANEXOS

Anexo N° 01

Imagen 47

Barra de acero de la marca bort longyear.

11th SYSTEM RODS
Collared and Tapered Rods / H22



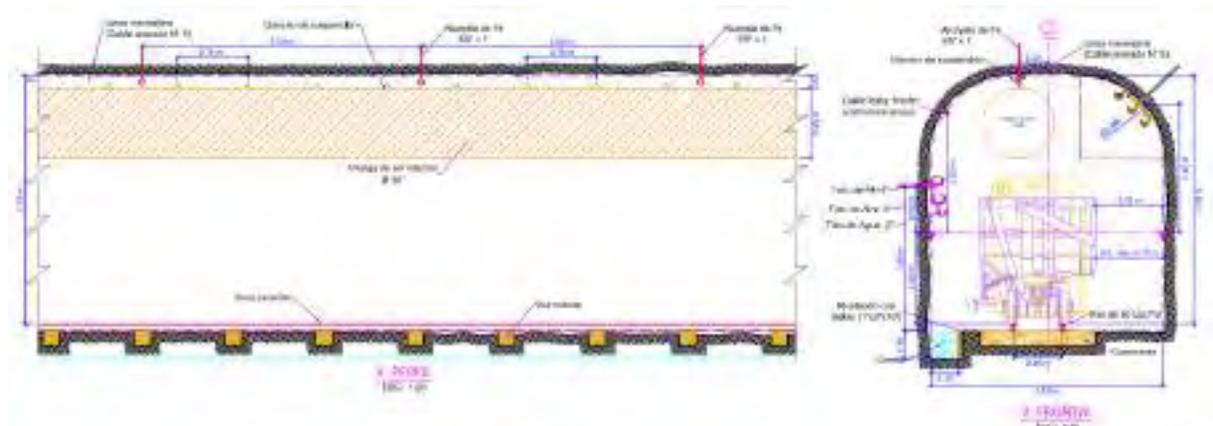
PART #	LENGTH		WEIGHT	
	MM	FT/IN	KG	LB
250783	600	2'	22	49
250784	760	2 1/2 FT/IN	27	59
250785	1020	3'	40	88
250786	1270	4' 3/4 FT/IN	50	110
250787	1530	5' 0 FT/IN	64	141
250788	1790	5' 9 FT/IN	80	176
250789	2050	6' 7 FT/IN	98	215
250790	2310	7' 6 FT/IN	118	259
250791	2570	8' 5 FT/IN	140	308
250792	2830	9' 4 FT/IN	164	361
250793	3090	10' 2 FT/IN	190	419
250794	3350	11' 0 FT/IN	218	480

Nota. Imagen obtenida del catálogo de aceros de perforación boart longyear

Anexo N° 02

Imagen 48

Instalación de manga de ventilación en sección de 2.5mx2.7m vista Perfil



Nota. Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A.

Anexo N° 03

Imagen 49

Cantidad de cartuchos de cemento y resina empleadas por longitud de perno

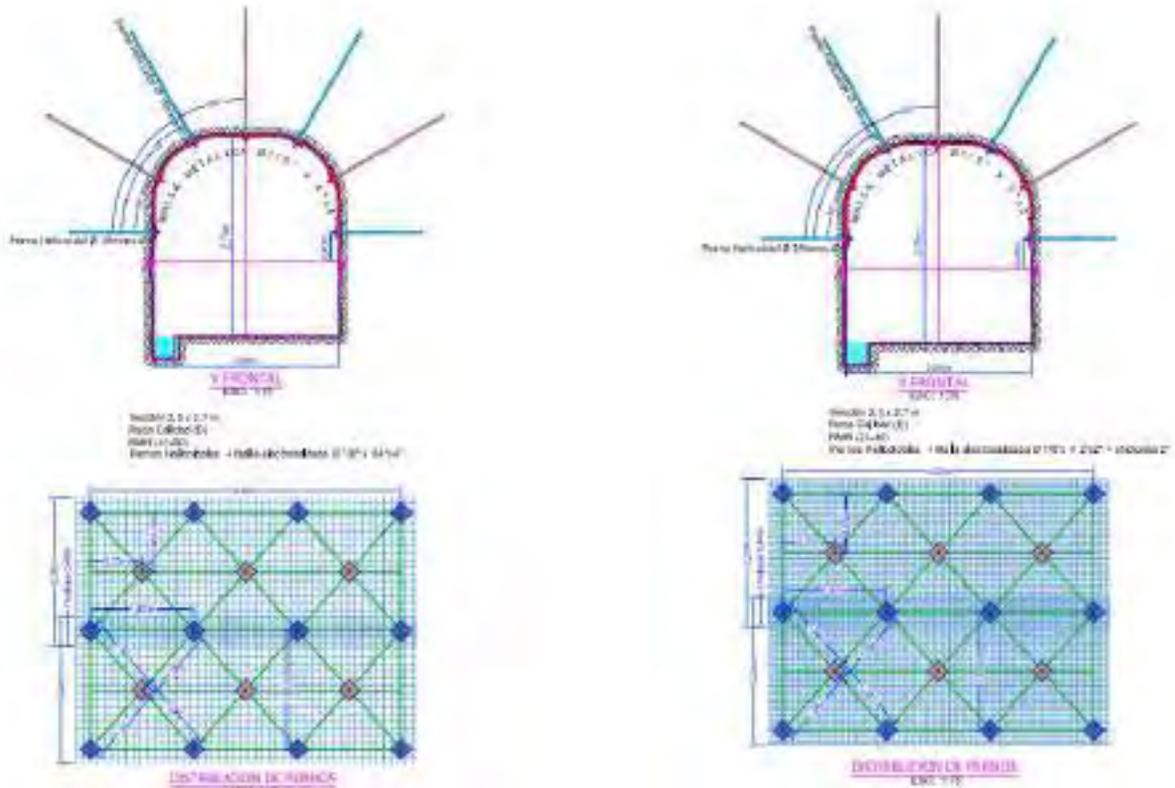


Nota. Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

Anexo N° 04

Imagen 50

Sostenimiento con perno helicoidal y malla en sección 2.5mx2.7m con malla metálica de 2.00m

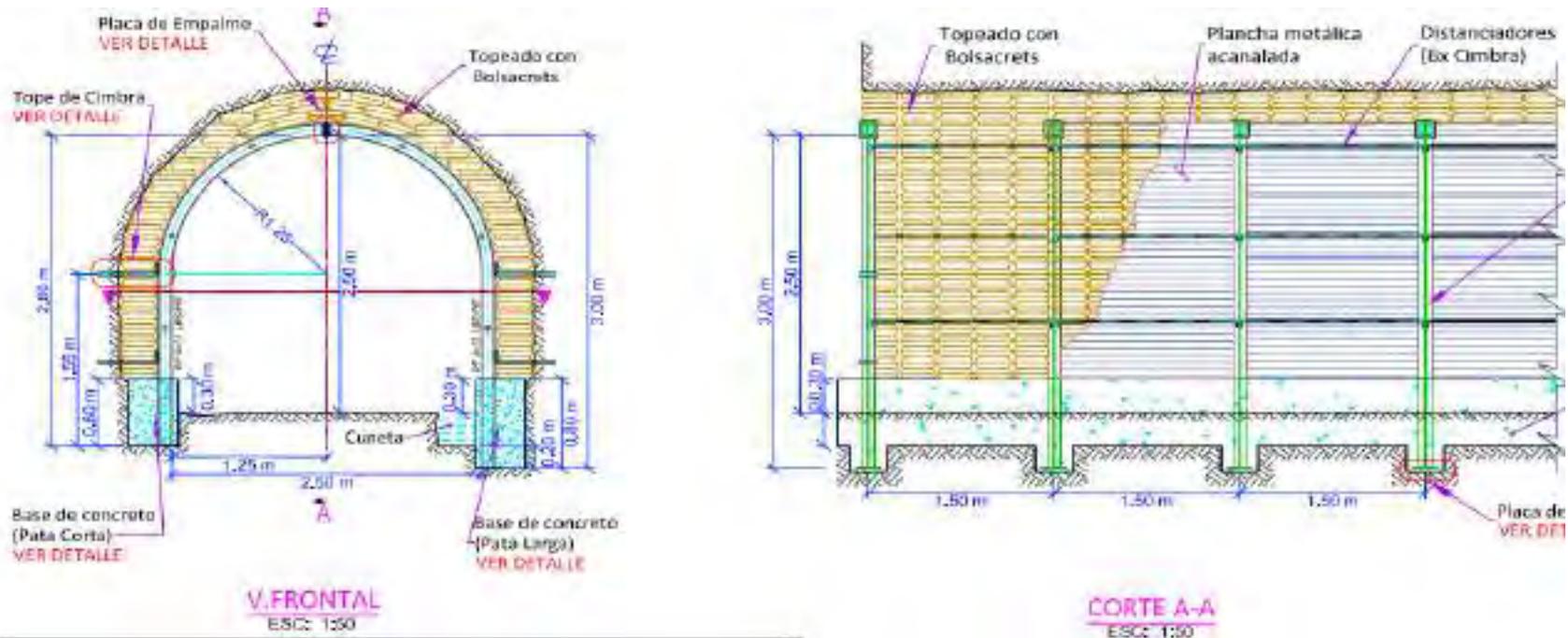


Nota. Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

Anexo N° 05

Imagen 51

Sostenimiento con Sostenimiento con cimbras metálicas en secciones de 2.5mx2.5m



PROPIEDADES MECANICAS DE LOS COMPONENTES DE LA CIMBRA

Componente	Material	Norma	Límite de Fluencia Mpa	Resistencia a la Tracción Mpa	Elongación %
Placas de unión	Plancha Estructural 12 mm	ASTM A36	250 <	450 <	27
Distanciadores	Barra de Acero Corrugado	ASTM A635 Gr 60	440 <	750 <	19
Pernos Grado 5	Acero para pernos	ASTM A325	430 <	800 <	—

Nota. Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

Anexo N° 06

Imagen 52

Ventilador Auxiliar Removex



Nota. Imagen obtenida por fuente propia en el nivel 2635 de la Cía. Minera Poderosa, Julio 2021.

Anexo N° 07

Imagen 53

Medición de avance por disparo en frente de trabajo



Nota. Imagen obtenida por fuente propia en la rampa Sandra, Cia Minera Poderosa, junio 2021.

Anexo N° 08

Imagen 54

Charla de seguridad con trabajadores de la empresa Marose.



Nota. Imagen obtenida por fuente propia en almacén interior mina, junio 2021.

Anexo N° 09

Imagen 55

Capacitación a perforista en frente de trabajo

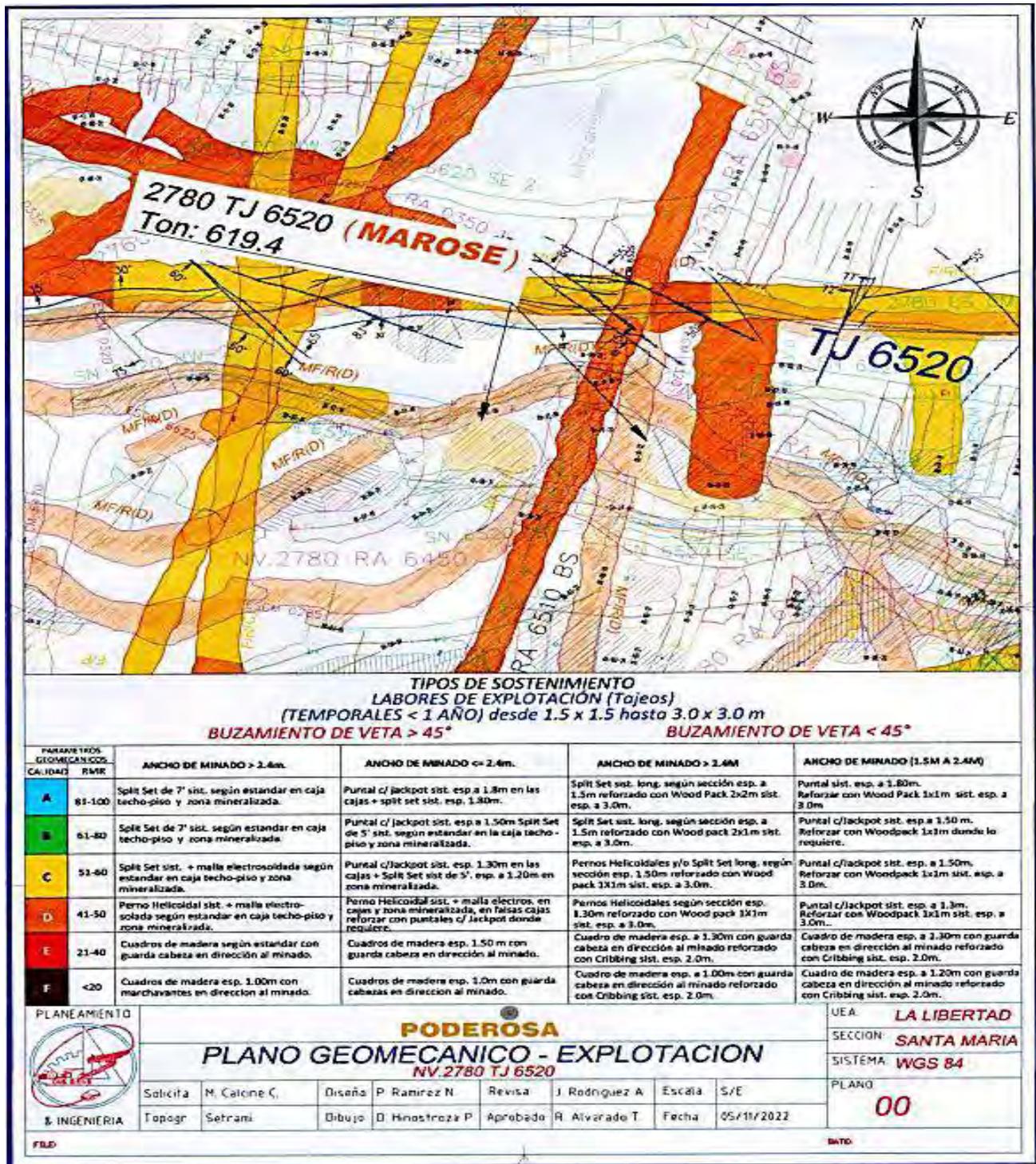


Nota. Fuente propia a perforista de Contrata Marose, mayo 2021

Anexo N° 10

Imagen 56

Plano geomecánico en labores de explotación



Nota. Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A

Anexo N° 11

Imagen 57

Plano de la Rampa Sandra



Nota. Imagen obtenida del departamento de Planeamiento e Ingeniería de la Cía. Minera Poderosa S.A