

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal

Eli Saul Hinostrroza Sanchez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. Benjamín Manuel Ramos Aranda

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater y a los docentes de la Universidad Continental de Huancayo, Escuela Académico Profesional de Minas, que me guiaron en mi formación académica de éxito, el cual se constituye en los fundamentos de mi vida profesional.

De igual manera un agradecimiento muy especial a mi asesor Ing. Benjamín Manuel Ramos Aranda por los consejos y conocimientos que forjaron en mi persona.

A la Empresa Especializada J.R.C. Ingeniería y Construcción, por haberme brindado la oportunidad de desarrollarme en el área de Operaciones mina sublevel stoping Taladros Largos.

DEDICATORIA

Especialmente la dedico a mis padres por haberme apoyado incondicionalmente en las buenas y las malas.

También a mis hermanos que me motivan a seguir adelante a pesar de los problemas que se presentan en la vida.

ÍNDICE

PORTADA..	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problema específicos.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivos general.....	2
1.3.2. Objetivos específico.....	2
1.4. Justificación.....	3
1.5. Importancia	3
1.6. Alcances y limitaciones.....	3
1.7. Hipótesis y descripción de variables.....	4
1.7.1. Hipótesis general.....	4
1.7.2. Hipótesis específico.....	4
1.8 Descripción de variables.....	4

1.8.1. Variable dependiente.....	4
1.8.2 Variable independiente.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes del problema.....	6
2.2 Bases teóricas.....	7
2.3 Definición de términos.....	35
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.1 Método y alcance de la investigación	42
3.2 Diseño de la investigación.....	42
3.3 Población y muestra.....	43
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1 Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información	44
4.1.1 Análisis de la geomecánica TJ. 692 NV. 4172-Geomecánica	44
4.1.1.1..... Condiciones Geomecánica.....	45
4.1.1.2..... <i>s/ot</i> propuesto para la mejor estabilidad.....	47
4.1.2 Cálculos de costo de operación y explotación.....	48
4.1.3 Análisis de los parámetros de perforación con la broca de 64 mm vs 89 mm de diámetros del diseño de malla propuesto para el TJ 692.	51
4.1.4 Análisis De Los Metros Perforados Del Tajo 692 S. <i>Block</i> 8950 Nv 4172 – 4152.....	79
CONCLUSIONES.....	118
RECOMENDACIONES.....	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
ANEXOS.....	124
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	124
Anexo 2: Taladros en abanico y paralelo positivo en NV. 4152 <i>BLOCK</i> 8950 DEL TAJO 692 S.....	125

Anexo 3: Taladros en abanico y paralelo negativos por en NV. 4172 <i>BLOCK</i> 8950 DEL TAJO 692 S.....	126
Anexo 4: Precios unitarios.....	127
Anexo 5: Precios unitarios.....	128
Anexo 6: Perforación con Simba 89 mm.....	129
Anexo 7: Tajo perforado a iniciar el carguío del tajo con explosivo.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taladros De Perforación En Abanico, Vcr + <i>slot</i> Paralelo - Nv .4172	52
Tabla 2. Taladros De Perforación En Abanico, Vcr + <i>slot</i> Paralelo – Nv. 4152	53
Tabla 3. Metros Perforados Programados Para El Cumplimiento Del Mes En Este Caso En Función De La Simba N. 23	54
Tabla 4. Esquema De Carguío Tj 692 S Radial Negativo – Nv 4172	57
Tabla 5. Diseños De Carguío Para Filas Negativas En Perforación Radial O Abanico	57
Tabla 6. Esquema De Carguío Por Filas Negativas Del <i>slot</i> Tj 692s Nv 4172	58
Tabla 7. Esquema De Carguío Para Filas Negativas En Perforación Del <i>slot</i>	59
Tabla 8. Esquema De Carguío Tj 692 S Radial Positiva – Nv 4152	60
Tabla 9. Diseños De Carguío Para Filas Positivas En Perforación Radial O Abanico	60
Tabla 10. Esquema De Carguío Por Filas Positivas Del <i>slot</i> Tj 692s Nv 4172	61
Tabla 11. Esquema De Carguío Para Filas Positivas En Perforación Del <i>slot</i>	61
Tabla 12. Esquema De Carguío De Vcr Negativo Tj 692s Nv 4172	63
Tabla 13. Diseños De Carguío Para Filas Negativas En Perforación Del VCR	63
Tabla 14. Esquema De Carguío Por Filas Negativas Del <i>slot</i> Tj 692s Nv 4172	65
Tabla 15. Esquema De Carguío Para Filas Negativas En Perforación Del <i>slot</i>	65
Tabla 16. Taladros De Perforación En Abanico, Vcr + <i>slot</i> Paralelo - Nv.4172	67
Tabla 17. Esquema De Carguío De Vcr Positivo Tj 692s Nv 4152	68
Tabla 18. Diseños De Carguío Para Filas Positivas En Perforación Del VCR	68

Tabla 19. Esquema De Carguío Por Filas Positivas Del <i>slot</i> Tj 692s Nv 4172.....	70
Tabla 20. Esquema De Carguío Para Filas Positivas En Perforación Del <i>slot</i>	70
Tabla 21. Taladros De Perforación En Abanico, Vcr + <i>slot</i> Paralelo - Nv.4152.....	72
Tabla 22. Metros Perforados Programados Para El Cumplimiento Del Mes En Este Caso En Función De La Simba N. 23.....	74
Tabla 23. Datos Recopilados Y Tomados En Cuenta Día A Día, Los Metros Perforados Por Equipo Simba N. 23, toneladas Rotas Acumulativas, Ratio De Perforación.....	75
Tabla 24. Cumplimiento De La Simba N. 23.....	81
Tabla 25. Resultados Obtenidos De Perforación, tonelaje; Equipo Simba N. 23	84
Tabla 26. Evaluación De Costos Operativos.....	85
Tabla 27. Metros Perforados De Equipo Simba N. 23. Forma General El Mes.....	85
Tabla 28. Esquema De Carguío Vcr Negativo Tj 692 Nivel 4172.....	87
Tabla 29. Esquema Y Diseños De Carguío Para Vcr Y <i>slot</i> Negativo.....	87
Tabla 30. Esquema De Carguío Tj 682 Paralelo <i>slot</i> – Nv 4152 – 4172.....	89
Tabla 31. Esquema De <i>slot</i> / Sección 4*8 Positivo / Negativo.....	89
Tabla 32. Esquema De Carguío Vcr Positivo Tj 692 Nivel 4172.....	92
Tabla 33. Esquema Y Diseños De Carguío Para Vcr Y <i>slot</i> Positivo.....	92
Tabla 34. Esquema De Carguío Tj 692 N Radial Negativo – Nv 4172.....	93
Tabla 35. Esquema Y Diseños De Carguío Para Filas Negativas En Perforación Radial O Abanico.....	94
Tabla 36. Esquema De Carguío Tj 692 N Radial Positivo – Nv 4172.....	95
Tabla 37. Esquema Y Diseños De Carguío Para Filas Positivas En Perforación Radial O Abanico.....	96
Tabla 38. Cálculo De Burden Según La Fórmula De Langefors.....	97
Tabla 39. En Función A Los Resultados Del Diseño De Esquema Para Carguío De Explosivo Para Vcr Y <i>slot</i> Positivo Y Negativo	102

Tabla 40. En Función A Los Resultados Del Diseño De Esquema Para Carguío De Explosivo Para Filas Negativas En Perforación Radial O Abanico.....	103
Tabla 41: En Función A Los Resultados Del Diseño De Esquema Para Carguío De Explosivo Para Filas Positivas En Perforación Radial O Abanico.....	103
Tabla 42 Horario Presupuesto Simba S7 D.....	104
Tabla 43 Salarios De Los Trabajadores.....	106
Tabla 44 Precios Unitarios De Los Accesorios De Perforación Y Equipos E Accesorios De Afilado De Brocas.....	107
Tabla 45 Cálculo Del Costo De Epps.....	108
Tabla 46 Costo De Herramientas Utilizadas.....	108
Tabla 47 Costo De Lámparas Mineras.....	109
Tabla 48: Costo De Perforación Y Voladura - Utilizando La Broca De 64 Mm.....	110
Tabla 49: Costo De Perforación Y Voladura - Utilizando La Broca De 89 Mm.....	113
Tabla 50: Reducción De Costo En Perforación Y Voladura De La Broca 64 Mm Y La Broca 89 Mm.....	116
Tabla 51 Rendimientos De La Broca De 64 Mm Respecto Al Costo De Producción En toneladas Por Mensual.....	117
Tabla 52 Rendimientos de la broca de 64 mm respecto al costo de producción en toneladas por mensual.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Mapa del Perú - Ubicación de la mina Marcapunta – El Brocal.....	8
Figura 2. Ubicación de la mina Marcapunta Sur-El Brocal.....	8
Figura 3: Complejo volcánico Marcapunta- Smelter (Subterráneo Marcapunta Sur)..	10
Figura 4. Presenta los diferentes tipos de rocas y la identificación, descripción y correlación de las unidades estratificadas de rocas.....	11
Figura 5: Geomecánico (Subterráneo Marcapunta Sur). Tomado de “El Brocal, JRC	12
Figura 6: Cartilla Geomecánica. Tomado de “Especificaciones Técnicas y de Refuerzo mecanizado.....	13
Figura 7: Cartilla de Geomecánica. Tipo de macizo rocoso y soporte.....	14
Figura 8: Parámetros según calidad del macizo rocoso.....	16
Figura 9: Método de minado SUB LEVEL STOPING.....	17
Figura 10. Modelamiento de los tajos. Datamine 3D.....	18
Figura 11. Plano del Slot del Tajo.	19
Figura 12. EQUIPO Simba S7D.....	21
Figura 13. Desviación de perforación con equipos Simbas.....	21
Figura 14. Cuadro de desviación en el taladro.....	22
Figura 15. Taladros en paralelo.....	24
Figura 16. Taladros de Producción en Abanico.....	26
Figura 17. Taladros en Abanico Positivo.....	27
Figura 18. Taladros en Abanico Negativo.....	28
Figura 19. Estándares en Rendimiento de carguío de carga de explosivo.....	29
Figura 20. Plano de Geomecánica del Tj. 692. Nv. 4172.....	45
Figura 21. Resultado de tabla de clasificación Geomecánica.....	46
Figura 22. <i>SLOT</i> PROPUESTO (<i>s/ot</i> tuvieron que retroceder por estabilidad).....	47
Figura 23. Análisis de precios unitarios del slot.....	49
Figura 24. Análisis de Precios unitarios VCR.....	50.

Figura 25. Análisis de Precios unitarios del explosivo utilizado en el slot y VCR.....	51
Figura 26. Metros perforados programados.....	54
Figura 27. Metros perforados programados para el cumplimiento del mes.....	55
Figura 28. Plano Malla de perforación de las Fila negativas.....	64
Figura 29. Plano de la Malla de perforación del slot negativo más longitud de perforación.....	66
Figura 30. Plano Malla de perforación de las Fila Positivas.....	69
Figura 31. Plano de la Malla de perforación del slot positivo más longitud de perforación.....	71
Figura 32. Simba N. 23 – Perforación semanal 4: 4585 m.....	79
Figura 33. Simba N. 23-Perforación mensual 7594 m.....	80
Figura 34. Plano Secuencia de iniciación de VCR.....	88
Figura 35. Plano de la Secuencia de iniciación de SLOT de 4 X 8.....	90
Figura 36. Cálculo de burden según la fórmula de Langefors.....	98
Figura 37. cálculos de burden y espaciamento.....	99
Figura 38. Perforación semanal con brocas de 64 mm vs 89 mm.....	100
Figura 39. Perforación mensual con brocas de 64 mm vs 89 mm.....	101
Figura 40. Malla de perforación negativa con brocas de 64 mm.....	112
Figura 41. Malla de Perforación negativa con brocas de 89 mm.....	115

RESUMEN

En la presente tesis titulada “Implementación de la malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur, de la Sociedad Minera El Brocal”, se detalla la comparación de la antigua malla de perforación en relación con la nueva malla en diseño utilizando brocas de mayor diámetro.

La optimización de rendimientos en la perforación con brocas de menor diámetro mejora la eficiencia de la perforación y la voladura, por tanto, al evaluar costos operativos, ayuda a reducir costos que es principal objetivo de la mina. Entonces, el proponer un diseño de malla de perforación y voladura nueva para taladros largos e implementarla evaluando costos operativos unitarios, influirá significativamente en el incremento de la productividad en Marcapunta Sur-El Brocal.

Con respecto a la investigación, el método es científico, el tipo de investigación experimental, y de diseño descriptivo. Se concluye que el diseño de perforación nos permitirá controlar la granulometría del material volado y evitar el desgajamiento de hastiales. Debido a que la nueva malla obtenida tiene un *burden* de 2.00 m y espaciamiento de 2.00 m, respecto a los disparos que se realizan de dos a cuatro filas. Además, para la perforación en filas negativas de tipo radial o de abanico el factor de carga de explosivo para brocas de 89 mm es de 1.77 kg de anfo / m³, con factor de potencia de 0.48 kg anfo / ton. Además, la perforación es paralela y en abanico en metros perforados de 4,225 m con brocas de 64 mm y 4585 m con brocas de 89 mm. Con una diferencia en la optimización respecto al año 2018 entre las dos brocas, se tiene una producción en toneladas de 79,591, en metro perforado 20,228 metros. Mientras que en el consumo total son 12 unidades, en el costo total de metros perforados (US\$):30,342 dólares y el rendimiento de vida útil total en metros 314. Todo respecto al cambio de broca de 64 mm a 89 mm

Palabras claves: Malla de perforación y voladura, taladros largos, sublevel stoping, costos y producción.

ABSTRACT

This thesis entitled “Implementation of the drilling and blasting mesh of long drills to evaluate operating costs in the sublevel stoping exploitation method in the Marcapunta Sur underground mine of the El Brocal Mining Company”.

The comparison of the old drill mesh in relation to the new drill mesh in design using larger diameter drill bits is detailed.

Optimization of drilling performance with smaller diameter drill bits improves drilling and blasting efficiency by evaluating operating costs helps us reduce costs. Being our primary objective. Propose a new drilling and blasting mesh design for long drills and implement it evaluating unit operating costs, this will significantly influence the increase in productivity in Marcapunta Sur-El Brocal. As for research, the method is scientific, type of experimental research, and descriptive design.

The drilling design is concluded, allowing us to control the granulometry of the material flown and to avoid the tearing of gables. The new mesh obtained has a Burden of 2.00 m and spacing of 2.00 m and the shots are made from 2 to 4 rows. For drilling in radial or fan negative rows, the explosive charge factor for 89 mm bits is 1.77 kg of anfo / m³, with a power factor of 0.48 kg anfo / ton. And for positive rows in radial or fan drilling, the explosive charge factor for 89 mm bits is 2.44 kg of anfo / m³, with a power factor of 0.67 kg anfo / ton.

Parallel and fan drilling in drilled meters of 4,225 m with 64 mm drill bits. And 4585 m with 89 mm drill bits. With a difference in the optimization with respect to the year 2018 between the two drills, there is a Production in tons of 79,591, in 20,228 meters drilled meter, in total consumption 12 units, in the total cost of drilled meters (US\$): 30,342 dollars and the total lifetime performance in 314 meters. All regarding the change of drill bit from 64 mm to 89 mm

Keywords: Drilling and blasting mesh, long drills, sublevel stoping, costs and production.

INTRODUCCIÓN

La actividad de perforación y voladura se realiza de manera cotidiana en todas las minas del mundo. El ejecutar labores mineras subterráneas de desarrollo, preparación y explotación involucran diversas mezclas explosivas tales como dinamita, anfo y emulsiones. En la empresa minera de estudio se realizará una malla de perforación efectiva y de consumo de explosivo el anfo, pero al ser utilizado inadecuadamente genera inestabilidad, vibraciones, sobre roturas, etc., lo que genera riesgos y peligros en la seguridad de los supervisores y personales. No obstante, una voladura eficiente, permite la mejora de los costos operativos de perforación y voladura.

La tesis está dividida en los siguientes capítulos:

En el capítulo I de planteamiento del problema, se muestra la fundamentación y formulación del problema, los objetivos, la justificación, alcances y limitaciones de la investigación.

En el capítulo II del marco teórico, se presentan los antecedentes del estudio, bases teóricas y definición de términos básicos.

El capítulo III metodología de la investigación, se explica la identificación y clasificación de variables y diseño de la investigación.

El capítulo IV de presentación, se muestra el análisis y la interpretación de resultados.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y Formulación del Problema

Las operaciones mineras de perforación y voladura de rocas son de mucha importancia en la actividad minera, principalmente en labores de explotación minera subterránea. Una de esas empresas es la Sociedad Minera El Brocal S.A.A., que aplica los dos métodos de explotación superficial y subterráneo.

La Sociedad Minera El Brocal S.A.A explota minerales de plata plomo y zinc, también su producción de minerales proviene de la extracción por método subterráneo de Marcapunta Zona Sur de donde extrae mineral de cobre. La empresa cuenta con una planta metalúrgica de capacidad de 20000 t por día, esta capacidad es la que determina el rango relevante de producción, el aporte del tajo es de 12000 t por día con minerales de plata plomo y zinc, en tanto de Marcapunta Sur aporta con 8000 t día de mineral de cobre, en ocasiones la producción de minerales de interior mina no ha cumplido con la cuota establecida.

La tecnología minera está en constante desarrollo, lo cual implica que los diferentes procesos que tiene lugar en minería deben ser realizados de manera cotidiana con la tecnología moderna para que la misma cumpla su rol. En minería es un reto de cada colaborador de mejorar día a día nuestros procesos unitarios siendo uno de ellos la perforación y voladura de rocas, en este caso concreto de la ejecución de taladros largos en la explotación para cumplir con el tonelaje asignado.

Para alcanzar una producción sostenida es necesario que la perforación y voladura de rocas se realice mediante taladros largos, esto trae consigo menores costos y mayor seguridad. Todo esto se obtiene una vez efectuado la preparación que requiere este diseño de sublevel stoping (SLS), y así proponer diseños de malla de perforación que garanticen obtener resultados satisfactorios en la voladura.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo influye el diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-EI Brocal?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influye la malla de perforación de taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal?
- ¿Cómo influye el factor de carga a implementar en los taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal?
- ¿Cómo influye la secuencia de iniciación de la detonación de los taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la malla de perforación de taladros largos para mejorar los costos y alcanzar el límite de rotura planeado en Marcapunta Sur-EI Brocal.
- Determinar el factor de carga del explosivo en los taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal.

- Determinar la secuencia de iniciación de la detonación de los taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-El Brocal.

1.4 Justificación

El diseño de mallas de perforación con fines de la voladura de rocas es una tarea primordial de cada unidad minera, teniendo en cuenta la caracterización del macizo rocoso. La empresa trata de bajar los costos operativos, por lo que se hace necesario el presente estudio para conseguir así los objetivos trazados. Por tanto, este diseño permite determinar la cantidad de taladros, la distribución de los mismos en el método sublevel stoping (SLS), la cantidad de energía requerida para obtener determinado volumen de material volado, así como la fragmentación requerida por la planta de beneficio, con la consiguiente reducción de costos y mejora de la seguridad en las operaciones y productividad

1.5 Importancia

En la empresa contratista JRC se tiene deficiencias en la voladura, por ello en el presente trabajo de investigación se está implementando la malla de perforación que permitirán minimizar los costos en el área de sublevel stoping. En operaciones de la mina se basará en los tiempos, tipos de trabajos a ejecutarse y la frecuencia de ejecución que generará el incremento de las utilidades de la mina, para así generar la mayor capacidad de producción, con el beneficio económico para la empresa contratista JRC Ingeniería y Construcción y la empresa El Brocal.

1.6 Alcances y Limitaciones

El presente estudio está centrado en la empresa Sociedad Minera El Brocal S.A., en la mina Marcapunta Sur, en la que se puso mayor énfasis en la revisión conceptual de los cálculos de diseño de mallas de perforación para la minería subterránea sublevel stoping. Para conseguir el éxito deseado se realizará el seguimiento a la perforación, y el cuidado de los diseños en el terreno sea lo más precisa posible. Sobre la base de los resultados obtenidos se

propondrán modificaciones en el diseño de mallas de perforación y voladura, para finalmente evaluar los beneficios económicos.

1.7 Hipótesis y Descripción de Variable

1.7.1 Hipótesis general

La aplicación de la malla de perforación y voladura de taladros largos en el método sublevel stoping influye significativamente en el control de costos operativos en Marcapunta Sur-El Brocal.

1.7.2 Hipótesis específica

- El diseño de malla de perforación de taladros largos en el método de sublevel stoping permitirá controlar los costos operativos en Marcapunta Sur-El Brocal.
- El factor de carga de los explosivos influye en el control de los costos operativos en Marcapunta Sur-El Brocal.
- La secuencia de iniciación de la detonación de los taladros largos influye en el control de los costos operativos en Marcapunta Sur-El Brocal.

1.8 Descripción de Variables

1.8.1 Variable dependiente

Malla de perforación y voladura de taladros largos en sublevel stoping.

Indicadores:

- Equipo de perforación
- Diseño de perforación
- Perforación de taladros largos
- Distribución y carguío de explosivos
- Secuencia de encendido

1.8.2 Variable independiente

Costos operativos (minado de tajos en galerías o subniveles en sublevel stoping).

Indicadores

- Fragmentación
- Factor de carga

- Ratio de perforación y voladura
- Costos de Producción.
- US\$/metro perforado
- US\$ Explosivo/t volada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

Rivera presentó la tesis titulada “Método de minado sublevel stoping en Corporación Minera Castrovirreyna S.A.”, de la Universidad Nacional de Ingeniería, para el cual se propuso el siguiente problema de investigación: selección del método de minado mejor aplicable de manera técnica y económica, para la explotación de rellenos antiguos y diseminados de la veta Matacaballo, en el Nv 642 de la unidad minera Reliquias. Esto con el objetivo de seleccionar el método de minado que mejor se pueda aplicar la técnica y el que resulte mejor económicamente, es decir, el más eficiente, rentable y seguro para la explotación de rellenos antiguos y diseminados de la veta Matacaballo, en el Nv 642 de la unidad minera Reliquias (57).

También, Gutiérrez desarrolló la tesis titulada “Proyecto de aplicación del método tajeo por subniveles en el tajo 420-380 en mina Chipmo, U.E.A. Orcopampa”, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, para lo cual se propuso los siguientes problemas de la mina Chipmo, actualmente se ve enfrentada a un problema de producción. Lo ejecutado en este año (2018), hace de las marcas proyectadas de producción mensuales. Por eso, surge la necesidad de elaborar un proyecto de aplicación de un método de minado que permita alcanzar las producciones trazadas de 21'920.3 onzas del periodo marzo a junio y de 23'107.9 onzas de oro para el periodo de julio a diciembre (58).

Además, Loayza sustentó su tesis titulada “Aplicaciones estratégicas en las operaciones mineras de mina Iscaycruz”, de la Universidad Nacional de Ingeniería, para el cual se propuso los siguientes problemas: falta de gestión en las operaciones mineras y maquinarias y equipos parados, que retrasan la profundización, exploración y la producción de mineral, falta de gestión en la logística (que retrasan el envío de los repuestos o maquinarias y equipos), falta de gestión en la seguridad donde aumentan los incidentes y accidentes, falta de continuidad en la búsqueda de reservas de mineral. El objetivo de la minera Iscaycruz es continuar con la búsqueda de nuevas reservas de mineral, para

incrementar la vida económicamente rentable de la mina, para ello se tiene que gestionar las exploraciones diamantinas, labores de desarrollo, etc. (59)

Asimismo, Munguía desarrolló la tesis titulada “Recuperación de Mineral Diseminado mediante el Método Sub Level Stopping Cuerpos (SLS)”, cuyo costo del método SLS es menor comparativamente al resto de los demás métodos de minado de esta unidad minera y, por lo tanto, permite recuperar bloques mineralizados de menores valores económicos en forma rentable. Por eso, bajo la coyuntura actual de los precios de los metales a nivel mundial, la rentabilidad del mineral diseminado recuperado es aún mucho mayor. Entonces, la recuperación de los diseminados ha permitido elevar la productividad, bajar los costos operativos, aumentar las reservas y por lo tanto extender la vida útil del yacimiento y una mejora en los ingresos de la Empresa. La aplicación de SLS en mantos es reciente y está en función a las dimensiones de manto (60).

Palomino desarrolló la tesis titulada “Minado por subniveles con taladros largos en cuerpos y vetas” de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. en la Unidad de Producción Uchucchacua” Esta mina presentó un significativo método de explotación del mineral que busca generar mayor volumen roto por disparo, con dilución hasta 15%, reducir nuestro costo operativo y mejorar el gerenciamiento de la seguridad. La búsqueda de estas mejoras se ha orientado a la aplicación del método de “taladros largos con subniveles” en reemplazo del método “corte y relleno ascendente” y *shrinkage* en cuerpos y vetas (61).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Ubicación y acceso

El informe de Implementación en la malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stopping, en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal, está ubicado en el distrito de Colquijirca, provincia de Cerro de Pasco, departamento de Pasco, Perú a una altitud de 4300 m.s.n.m.

La ruta de recorrido a la mina es por dos vías:

- ✓ Lima- La Oroya-Colquijirca: 295 km (Carretera Central asfaltada).
- ✓ Lima-Canta-Huayllay-Colquijirca: 265 km

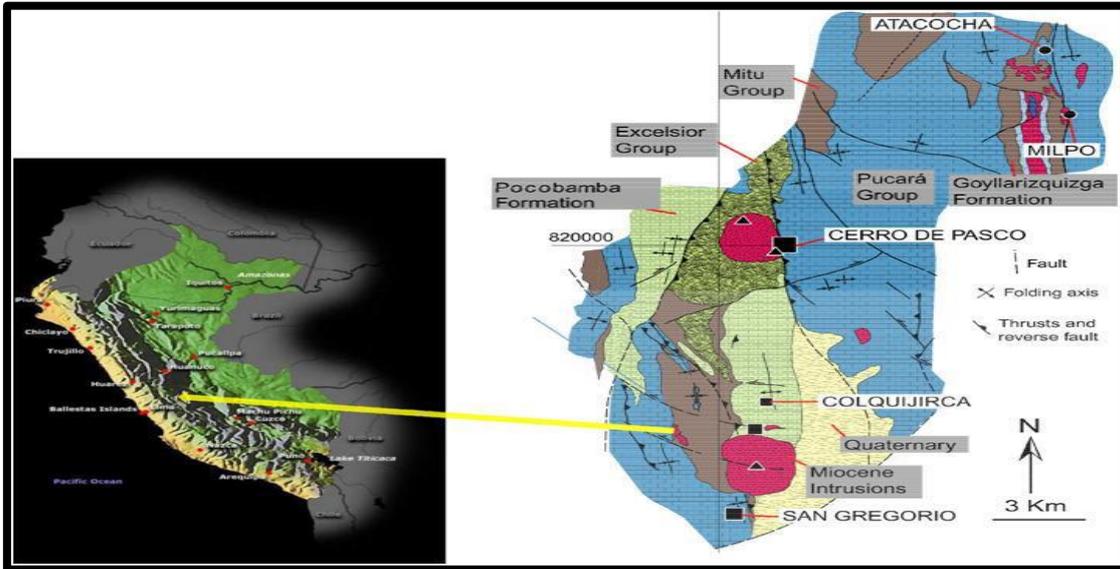


Figura 1. Mapa del Perú. Ubicación de la mina-El Brocal. Tomado de Sociedad Minera El Brocal S.A.A. IV Brazilian Symposium on Mineral Exploration, por Sociedad Minera El Brocal <https://docplayer.es/62886966-Sociedad-minera-el-brocal-s-a-a-iv-brazilian-symposium-on-mineral-exploration.html>

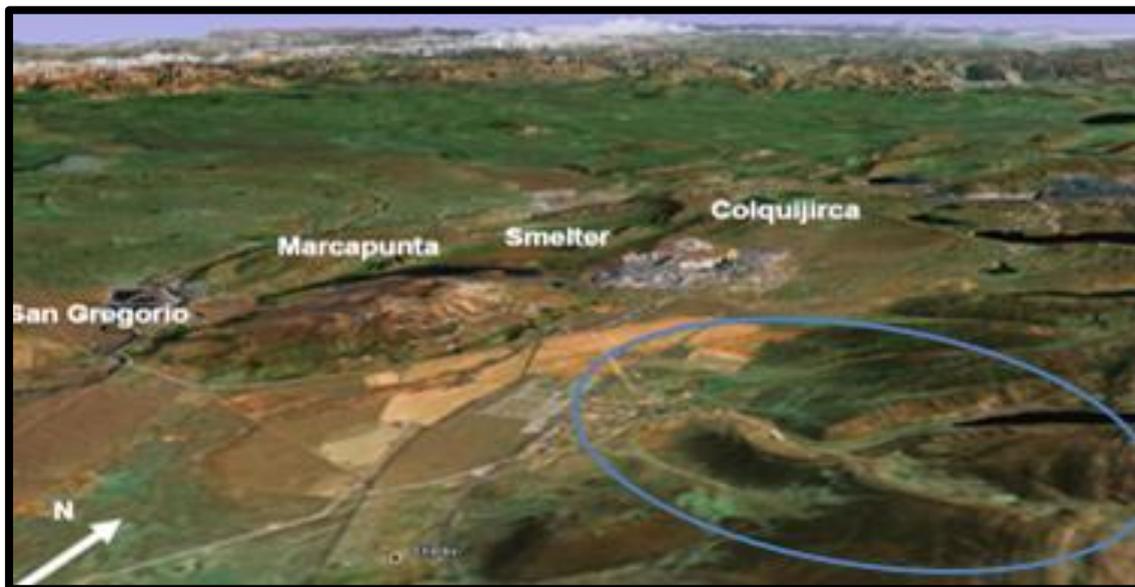


Figura 2. Ubicación de la mina Marcapunta Sur-El Brocal. Tomado de operaciones en mina subterránea Marcapunta“, por R. Castro”. Lima: 2014.

Clima

El clima según el Servicio Nacional de Meteorología E Hidrología del Perú (Senamhi), en Colquijirca-Marcapunta, presenta un clima frío, además de precipitaciones de fuerte a extrema entre los meses del año.

Fauna y vegetación

La fauna en Colquijirca-Marcapunta está representada por el ganado vacuno, ovino, porcino, y algunas aves silvestres.

2.2.2 Geología

La geológica se inicia en el triásico y revela una sucesión de eventos de depósitos minerales, tectónicos y volcánicos controlados por una estructura de dirección Norte-Sur, denominada Falla Longitudinal, que es una estructura muy importante de la región los mantos mineralizados a ser explotados se encuentran localizados en las rocas de la Formación Calera, estando constituidos principalmente por calizas silicificadas, La caja techo y la caja piso de estos mantos estarán constituidos por estas calizas silicificadas. Debajo de estas calizas se presentan brechas de la Formación Poco-Bamba (Miembro Shuco-Secuencia Conglomerática) (6).

2.2.3 Geología estructural

Los estratos sedimentarios están fuertemente plegados en el área de Colquijirca, dando lugar a la presencia de varios anticlinales y sinclinales. Los ejes de los pliegues tienen un rumbo NNW a una extensión de unos 35 km desde Goyllarisquizga hasta Colquijirca por SSE y un buzamiento suave del eje hacia el Sur (6).

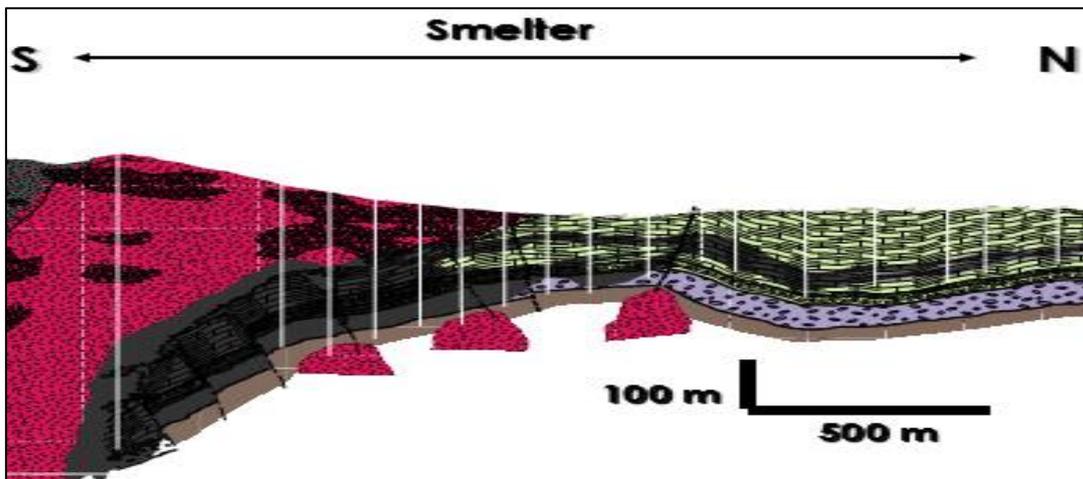


Figura 3. Complejo volcánico Marcapunta-Smelter (Subterráneo Marcapunta Sur). Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción 2014

Pliegues

En el área de explotación minera de Colquijirca se presentan algunas estructuras geológicas como un anticlinal volcado asimétrico, de rumbo N20°W/60°NE. Estas dos estructuras han sido afectadas por dos fallas normales principales una con orientación N30°W/75°NE y la otra con orientación N55°W/80°NE. (3)

Fallas y fracturamientos

A lo largo de la región Colquijirca existen tres fallas longitudinales: Huachuacaja (con desplazamiento aparente de rumbo), Cerro de Pasco de rumbo N-S (falla inversa) y una tercera que sigue al plano axial del anticlinal Mercedes-Chocáyoc con desplazamiento aparente del bloque Este hacia el Sur (falla dextral). (63)

Estratigrafía

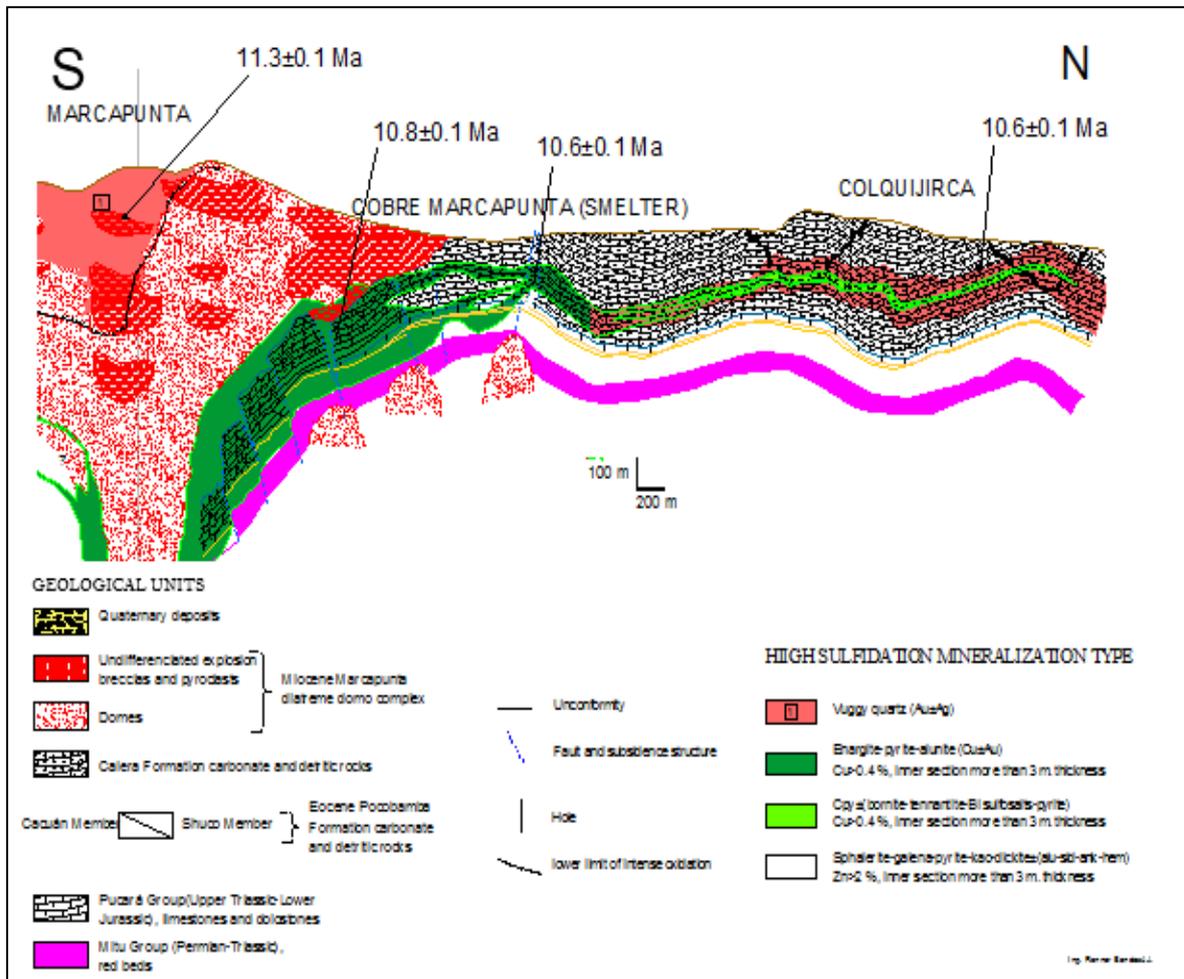


Figura 4. Presenta los diferentes tipos de rocas y la identificación, descripción y correlación de las unidades estratificadas de rocas. Tomada de “Operaciones a detalle”, por Buenaventura. Recuperado de <http://www.buenaventura.com/es/operaciones/detalle/17>

2.2.4 Geomecánica

El estudio realizado en la mina subterránea Marcapunta Sur muestra en su estructura presencia de carbonatos, arcillas expansivas e inestables, luego de calizas, vulcano clásticos y mineral. Además, este estudio de geomecánica se desarrolla en función de RMR básico, calidad, su alteración.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SOPORTE Y REFUERZO MECANIZADO			SISTEMA CSIR DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA - ÍNDICE "RMR" (SEGÚN BIENIAWSKI - 1989)									
DOSIFICACIÓN SHOTCRETE VIA HUMEDA			1	Resistencia de la roca intacta (MPa)	Índice de carga puntual	>10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	No se usa; es preferible emplear UCS		
				Resistencia a la compresión uniaxial UCS	>250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25-may	05-ene	<1	
INSUMOS	UND.	1 m ³	Valuación									
CEMENTO	Kg	425	15									
AGREGADO	Kg	1620	12									
FIBRA METALICA	Kg	20 - 30	7									
PLASTIFICANTE	Lt	5	4									
ACELERANTE	Lt	7	2									
AGUA	Lt	190	1									
Relación Agua/Cemento :		0.4	0									
% Absorción :		2.3	2									
R'f'c :		290-330 kg/cm ²	3									
DATOS TÉCNICOS DE PERNOS HYDRABOLT			3	Espaciamiento entre discontinuidades (m)	>2.00	2.00-0.60	0.60 - 0.20	0.20 - 0.06	<0.06			
Valuación												
20												
15												
10												
8												
5												
DATOS TÉCNICOS DE PERNOS HYDRABOLT			4	Estado de las discontinuidades	Persistencia (m)	<1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	>20		
					Valuación	6	4	2	1	0		
				Abertura (mm)	Cerrada	<0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 5.0	>5.0			
				Valuación	6	5	4	1	0			
				Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Lustrada			
				Valuación	6	5	3	1	0			
				Relleno	Sin relleno	relleno duro (<5 mm)	Relleno duro (>5 mm)	Relleno blando (<5 mm)	Relleno blando (>5 mm)			
				Valuación	6	4	2	2	0			
				Descomposición	Fresca	Levemente descompuesta	Moder. Descompuesta	Altamente descompuesta	Extrem. Descompuesto			
				Valuación	6	5	3	1	0			
DATOS TÉCNICOS DE PERNOS HYDRABOLT			5	Agua Freatica	Caudal por 10 m de excavación (L/min)	0	0-10	10 - 25	25 - 125	>125		
					Presión de agua/ Esfuerzo principal mayor	0.0	0.0-0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5		
				Condición general	Completamente seco	Húmedo	Húmedo	Gotearo	Fluyendo			
				Valuación	15	7	7	4	0			
Corrección por orientación de discontinuidades (6)												
Dirección y buzamiento					Muy favorables	Favorables	Regulares	Desfavorables	Muy desfavorables			
Valuación	Túneles y labores mineras				0	-2	-5	-10	-12			
	Cimentaciones				0	-2	-7	-15	-25			
	Taludes				0	-5	-25	-50	-60			
Corrección de discontinuidades en un túnel												
Rumbo perpendicular al eje del del túnel						Rumbo paralelo al eje del túnel				Buzamiento 0° - 20°		
Avance con el buzamiento			Avance contra el buzamiento			Buzamiento 45° - 90°		Buzamiento 20° - 45°				
Buzamiento 45° - 90°		Buzamiento 20° - 45°		Buzamiento 45° - 90°		Buzamiento 20° - 45°		Buzamiento 45° - 90°		Buzamiento 20° - 45°		
Muy favorable		Favorable		Regular		Desfavorable		Muy desfavorable		Regular		
Calificación												
Clase					I	II	III	IV	V			
Calidad					Muy buena	Buena	Regular A	Pobre	Muy pobre			
Valuación					100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20			
Características geotécnicas												
Clase					I	II	III	IV	V			
Tiempo de Auto Soporte (T.A.S) y Vano					20 años para 15 m	1 año para 10m	1 semana para 5m	10 horas para 2.5m	30 minutos para 1m			
Cohesión (Kj/cm ²)					>4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	<1			
Ángulo de fricción interna					>45°	45° - 35°	35° - 25°	25° - 15°	<15°			

Figura 6. Cartilla Geomecánica. Tomado de "Especificaciones Técnicas y de Refuerzo mecanizado", por JRC Ingeniería y Construcción, 2014 [folleto]

2.2.6 Diseño de ejecución en las operaciones de mina

<p style="text-align: center;">CARTILLA GEOMECANICA</p> <p style="text-align: right;">Versión 02</p> <p style="text-align: center;">TIPO DE MACIZO ROCOSO Y SOPORTE (SOSTENIMIENTO Y REFORZAMIENTO)</p>								
TIPO ROCA	CLASE	COLOR	R.M.R.	ESTRUCTURAS	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACION PERMANENTES	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACION TEMPORALES	TIEMPO DE AUTOSOPORTE
BUENA	II		Mayor a 61		Roca muy dura, levemente fracturada, húmeda en algunos casos	Sin soporte	Sin soporte	Mayor de 2 meses
REGULAR "A"	III-A		51-60		Roca dura, levemente fracturada, sana o ligeramente intemperizada, húmeda o mojada	Pernos de 7 pies sistemático espaciados de 1.2 a 2.0 mt	Pernos de 7 o 5 pies puntuales de ser requeridos	2 meses
REGULAR "B"	III - B		41 - 50		Roca medianamente dura, moderadamente fracturada, con presencia de algunas fallas menores, ligeramente a moderadamente intemperizada, ligeros goteos.	Percutar minuciosamente y aplicar Shotcrete de 2 pulgadas e inyectar Pernos sistemáticos de 7 pies de longitud espaciados de 1.2-1.5 metros	Percutar minuciosamente e inyectar Pernos sistemáticos de 7 o 5 pies de longitud en la bóveda (Corona) espaciados de 1.2 a 1.5 metros. En zonas de mayor fracturamiento (presencia de fragmentos rocosos pequeños) utilizar malla electrosoldada o Shotcrete de acuerdo a la dimensión de los fragmentos y al grado de fracturamiento.	1 semana
MALA "A"	IV - A		31-40		Roca suave, fracturada, con algunas fallas panizadas, moderadamente intemperizada, con goteo en fracturas y fallas.	Shotcrete de 2 pulgadas mas pernos de 7 pies sistematicos.	Shotcrete de 2-3 pulgadas mas Pernos sistematicos de 7 pies de longitud espaciados de 1.0 a 1.5 metros.	2 días
MALA "B"	IV - B		21 - 30		Roca muy suave, muy fracturada, fallada, panizada, arcillosa, muy intemperizada con goteos o ligeros flujos de agua.	Pernos sistematicos de 10 pies de longitud en bóveda y 7 pies en hastiales, espaciados cada 1 metro + una capa de Shotcrete de 3" de espesor + Arcos Noruegos espaciadas de 1.0 a 1.5 metro.	Pernos sistematicos de 10 pies de longitud en bóveda y 7 pies en hastiales, espaciados cada 1 metro + una capa de Shotcrete de 3" de espesor + Arcos Noruegos espaciadas de 1.0 a 1.5 metro.	Inmediato
MUY MALA	V		Menor a 20		Roca muy suave, intensamente fracturada, descompuesta, con presencia de arcillas, con goteos y flujos de agua.	Cerchas Tipo Omega espaciadas a 0.8 a 1.5 metros mas una capa de Shotcrete de espesor variable. De ser necesario (derrumbes) utilizar marchavantes.	Cerchas Tipo Omega espaciadas a 0.8 a 1.5 metros mas una capa de Shotcrete de espesor variable. De ser necesario (derrumbes) utilizar marchavantes.	Inmediato

Figura 7. Cartilla de Geomecánica. Tipo de macizo rocoso y soporte. Tomado de "Cartilla de Geomecánica", por JRC Ingeniería y Construcción, 2014 [folleto]

Castro, al realizar su tesis, referente a las operaciones mina de Marcapunta, el Brocal al realizarse las labores de desarrollo, la Mina Marcapunta

Norte creció significativamente, por lo que creció la zonificación de la mina. La Zona Sur, que es el modelo a seguir, lanza el desarrollo de la Rp 1345S que nos da la posibilidad de preparar el *block* 9060, 8948 que nos proyecta a la explotación de una gran cantidad de Tajos de Mineral Económico. (63)

Asimismo, para el desarrollo del trabajo de la implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos del método sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal. Se debe realizarse la operación en las labores de desarrollo, ya que la Mina Marcapunta Sur creció significativamente, y se realizan así la zonificación de la mina en la Zona Sur.

Con la Rp. 890 W, que la más moderna de esta zona, nos da la posibilidad en la zona Alta de preparar los *blocks* 8950, 9033 Nv. 4172, *block* 8950, 9033, 8868 Nv. 4152; zona intermedia los *blocks* 8950 Nv. 4092, *blocks* 8950 Nv. 4072, *block* 9102 Nv. 4052, zona de profundización los *blocks* 9022 Nv. 4032, *blocks* 9022 Nv. 4012 y 3992, lo que nos proyecta a la explotación de tajos con mineral económico y marginal. (63)

Luego de ejecutar estas perforaciones de avance nos permitió identificar los minerales. En esa área de operaciones la mina JRC realiza el avance de desarrollo con todos los estándares que se establece por la mina El Brocal, de las galerías e infraestructura con servicios de agua, aire, mantenimiento eléctrico de JRC, caja eléctrica de 440v, pantalla en los tajos de 220 v.

Además, esa área debe de estar habilitada para el ingreso del área de sublevel stoping, se empieza con la perforación con simbas en los diferentes tipos de labores, ya sea en la zona alta, intermedia y la profundización, según la ruta de la simba destinada por proyecto del mes.

Parámetros según calidad del macizo rocoso					
Tipo de roca	Clase	Color	RMR	Máxima abertura sin sostenimiento - Span (Metros)	Tiempo de auto soporte
REGULAR "A"	III - A		51 - 60	De 4.4 m a 6.5 m	De 01 semana a 02 meses
REGULAR "B"	III - B		41 - 50	De 2.5 m a 4.0 m	De 04 días a 01 Semana
MALA "A"	IV - A		31 - 40	De 1.5 m a 2.5 m	De 01 día a 03 días
MALA "B"	IV - B		21 - 30	De 1.0 m a 1.5 m	De 04 horas a 10 horas (Inmediato)
MUY MALA	V		Menor a 20	De 0.5 m a 1.0 m	Inmediato

Figura 8. Parámetros según calidad del macizo rocoso. Tomado de "Parámetros según calidad del macizo rocoso", por JRC Ingeniería y Construcción, 2014 [folleto]

De igual manera se procede con la rotura del mineral de los diferentes tajos según proyecto del mes. Además, se realiza la extracción de mineral, marginal según la ley destinada por geología del Brocal.

Todo está basado según el proyecto del mes del área de Planeamiento de JRC, juntamente con El Brocal y todas las operaciones de la mina subterránea Marcapunta Sur y Norte lo realiza la Empresa Contratista Minera JRC Ingeniería y Construcción.

2.2.5 Operación del método de sublevel stoping

El método de sublevel stoping se desarrolla en la Mina Marcapunta Sur, en yacimientos de forma vertical, de forma tabular con mantos de gran espesor / potencia, por general en dimensiones superiores de 10 m altura * 8 a 10 m de ancho. Estos están separados por pilares de dimensiones de ancho 8 m que posteriormente se pueden recuperar, tanto en roca mineralizado, el cual debe presentarse condiciones buenas de estabilidad, competentes en el autoaporte de los pilares para la rotura de mineral para luego su extracción respectiva del mineral y marginal.

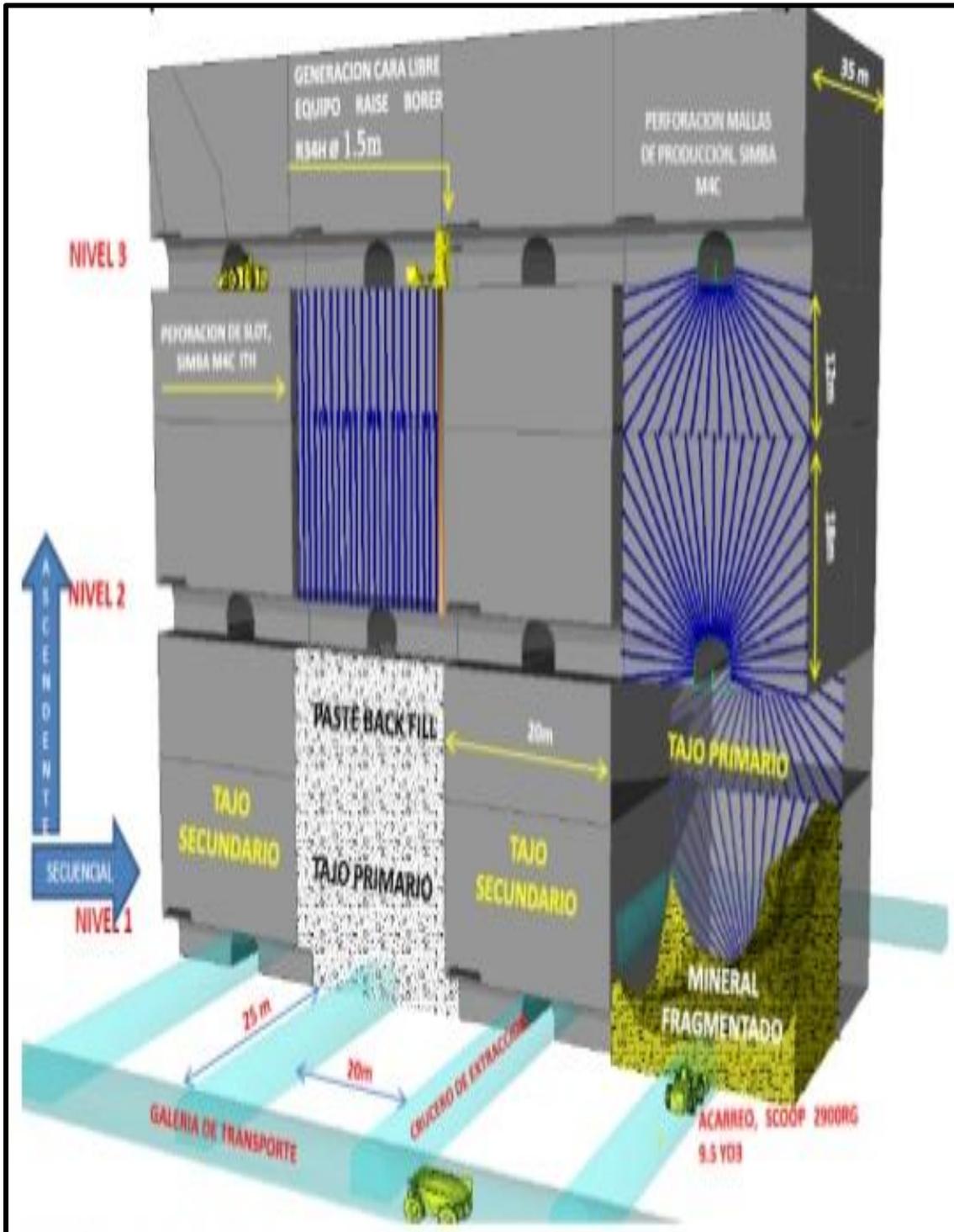


Figura 9. Método de minado sublevel Stopping Método de minado sublevel Stopping, tomado del informe de Braulio Castillo Anyosa del Esquema de sublevel Stopping, por Medina E. 2013 <https://es.slideshare.net/BraulioCastilloAnyos/sublevel-stopping-48585372>

El método de explotación en sublevel stopping es de explotación masiva a bajo costo, que incrementa la productividad y mejora los rendimientos operativos.

Para lo cual se describe los estándares y/o procedimiento de trabajo. En este método de minado es necesario cumplir los estándares de entrega en los tajeos, para así no tener demoras innecesarias en el proceso.

Para lo cual detallamos el estándar de entrega de tajeos en las variantes de perforación.

A. Preparación

- Subniveles 4m x 4m (+1%)
- Galerías 4m x 4m (+1%)

Es importante para el drenado del agua la perforación de taladro de servicio que se acumula por el barrido de la perforación con simba.

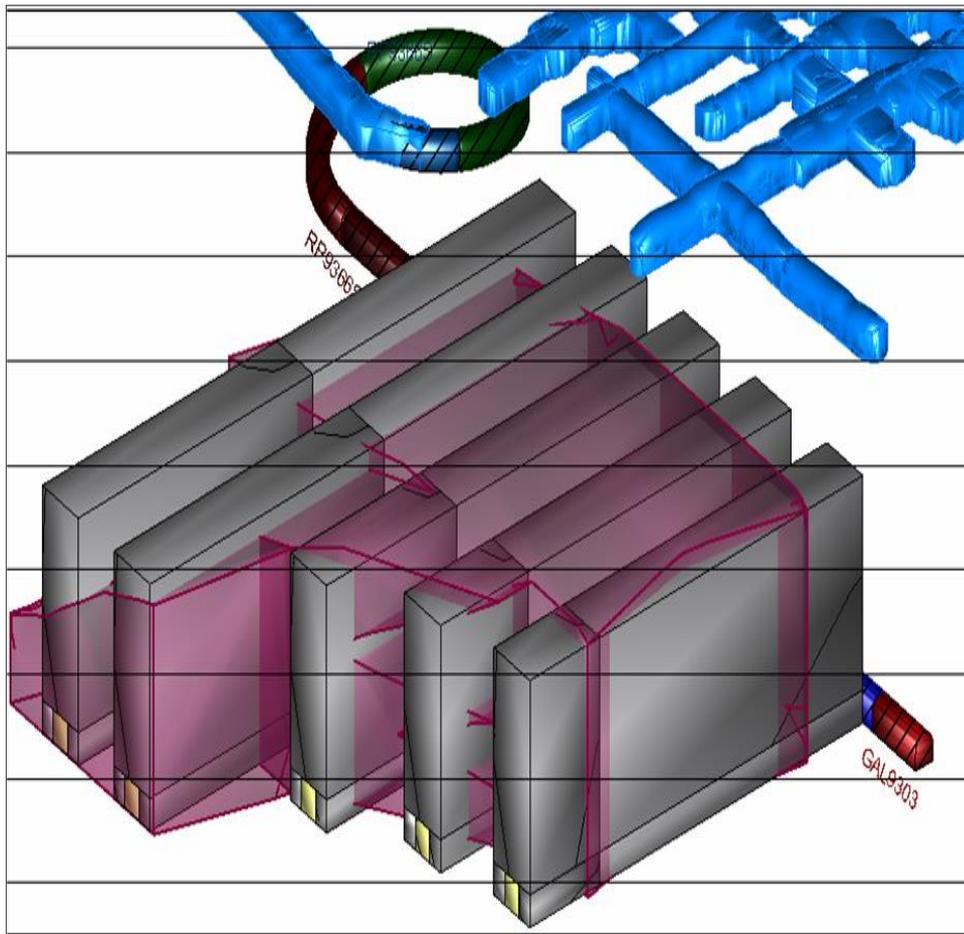


Figura 10. Modelamiento de los tajeos. Datamine 3D. Tomado de Modelamiento de los tajeos”, por el área de planeamiento minero mina brocal [Datamine Studio 3.2] 2017 compañía minera el brocal

B. Perforación negativa del slot

Para una buena perforación se necesita cumplir con el diseño de preparación y evitar el relleno ya que esto genera demoras en la perforación.

Debe de estar bien raspado el piso

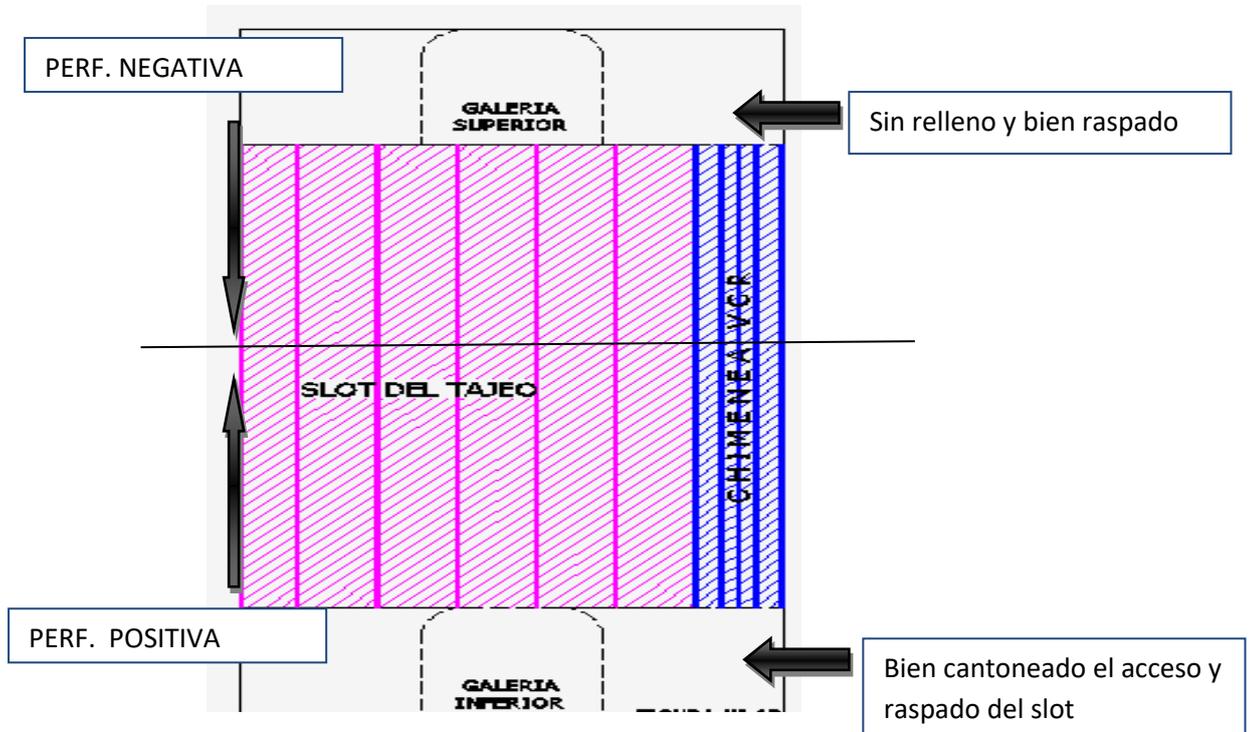
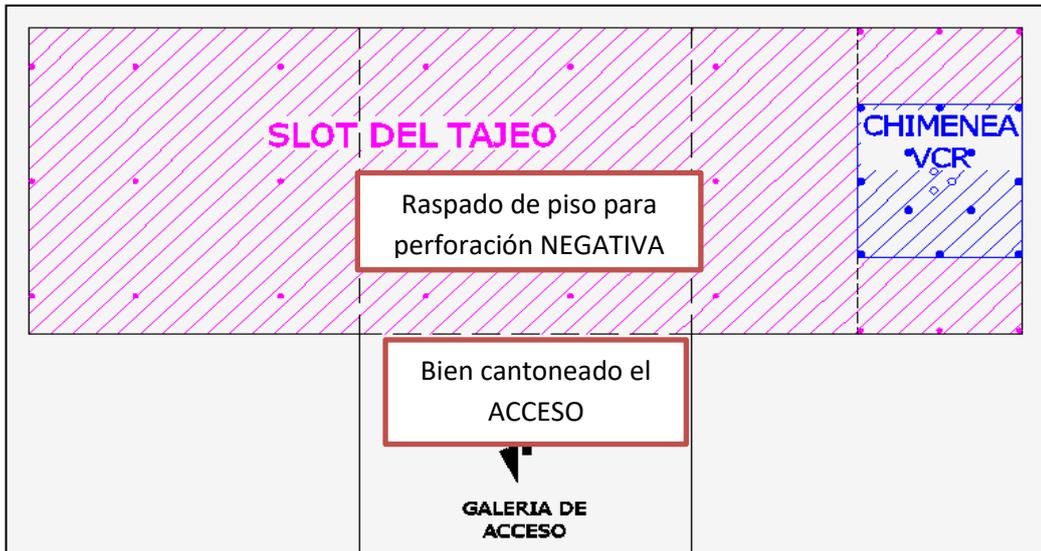


Figura 11. Plano del Slot del Tajo. Tipo de Slot del tajo. Tomado por el área de planeamiento minero mina brocal [AUTOCAD CIVIL 3D] 2017 compañía minera el brocal

Cumplir con el diseño el área de operaciones mina para una buena perforación del área de sublevel stoping.

2.2.6 Perforación de taladros largos

Es un método de minado de alta producción aplicable “a cuerpos o vetas extensos, de buzamiento casi vertical y geometría regular que poseen un mineral y cajas competentes que requieren esporádicos o ningún soporte y el mineral roto fluye bajo la influencia de la gravedad”. (1)

Además, este método posee una fuerte inversión en la etapa de preparación, aunque dicho costo es compensado por el hecho que gran parte de la preparación es ejecutado en mineral. Dicho método no es selectivo, por lo que la geometría del cuerpo debe ser regular y bien definida. La perforación de taladros es ejecutada con máquinas perforadoras de taladros largos. El uso eficiente de voladuras a gran escala hace del Tajea por subniveles uno de los métodos de minado subterráneo de más bajo costo. (2)

Generalmente cuando los cuerpos mineralizados presentan grandes dimensiones, éstos se dividen en dos o más tajeas para evitar el colapso o desprendimiento de las cajas, de estas formas se dejan pilares de mineral in situ, el que sirve de soporte para las cajas. Estos pilares pueden ser recuperados, parciales o totalmente al final de la explotación, ya que, en esta fase existe menor riesgo de crear condiciones de inseguridad para el personal. Existen dos variaciones en este método: (2)

- El método taladros paralelo.
- El método taladros en abanico.

Asimismo, se debe de tomar en cuenta los criterios básicos para realizar un trabajo seguro de perforación de taladros largos con la finalidad de evitar la ocurrencia de incidentes y/o accidentes al realizar dicha actividad.



Figura 12. Equipo de perforación de marca simba S7D, Marca Epiroc Perú S.A. Tomada de “La empresa de equipos mineros Epiroc Perú S.A”, Recuperado de <https://www.epiroc.com/es-pe/products/drill-rigs/production-drill-rigs/simba-s7>

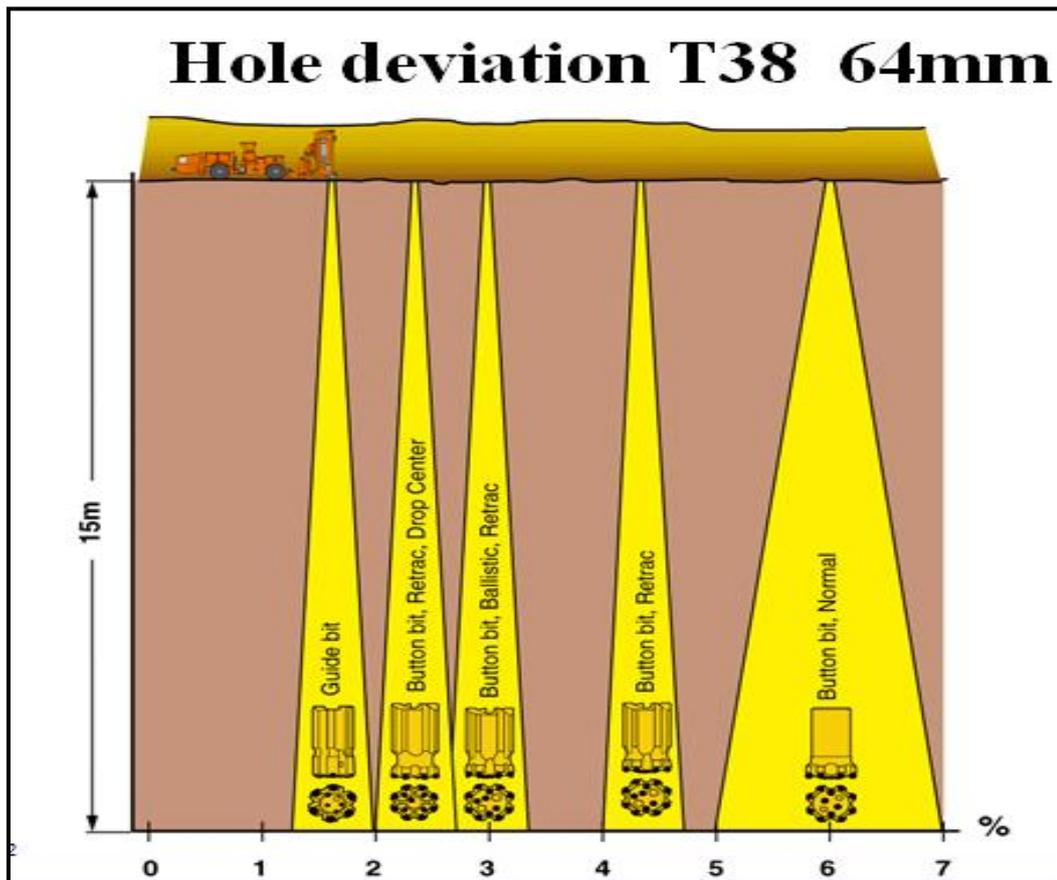


Figura 13. Cartilla de desviación de taladros según tipo de broca. Tipo de broca en relación a la desviación del taladro tomada en una altura de 15 metros. Tomado de “Cartilla de desviación de taladros según tipo de broca”, por Sandvik Mining, 2015 [folleto]

Con el uso del tubo guía, se reduce la desviación de los taladros en la perforación por debajo del 2%.

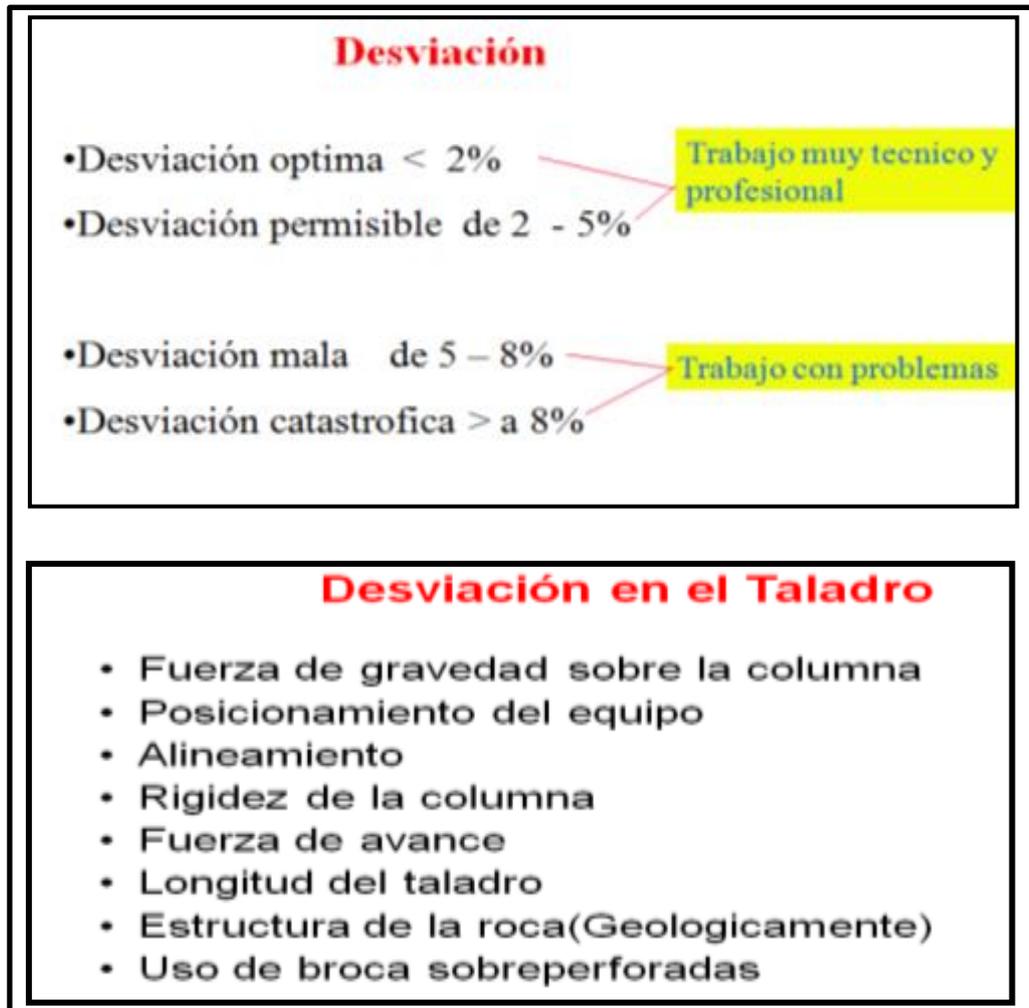


Figura 14. Resultado Geomecánico de la desviación del taladro perforado (Subterráneo Marcapunta Sur). Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2014

Por lo tanto, debemos de considerar no tener desgaste excesivo de las brocas que se usan actualmente y de igual manera la columna de perforación debe de estar con sus metros de perforación óptimo dentro del tiempo de su vida útil con lo cual garantizaremos el cumplimiento de las ratios de perforación en los simbas.

Método taladros en paralelo

Las operaciones de perforación con equipos simbas se desarrollará en galerías en distintos niveles: *blocks* alta y baja, donde se realiza por taladros largos positivos en paralelos con el uso barras de extensión de 1.50 m, donde la perforadora llevará diez barras normalmente de extensión. Si es necesario se incrementa y los tubos tag que son la guía de la perforadora, luego se entuba los taladros perforados con tubos PVC, para lograr una profundización deseada según proyecto.

Una vez concluida la perforación de taladros positivos se traslada la simba en la parte superior del *block*, para realizar la perforación de taladros negativos paralelos, para luego realizar la perforación en conexión con los taladros negativos pasantes. Además, la voladura se comienza en la parte inferior del *block* por guardia luego en la parte superior, por lo general se rompe cuatro filas o máximo cinco a ocho filas, esto es por mantener la ventilación fluida para luego realizar la extracción del tajo roto.

Método taladros en abanico

Las operaciones de taladros en abanico se realizan en *blocks* superiores e inferiores de las galerías la perforación con barras de 1.50 m, cuyas longitudes y ángulos de posición varían según el diseño de malla de perforación en abanico. En la mina Marcapunta Sur-El Brocal, las longitudes se adaptan al contorno de la mineralización en ambos lados en yacimientos mineralizados verticales con cajas o hastiales con buenas características geomecánicas.

Los dos métodos de taladros en paralelos y abanicos se aplican en Marcapunta Sur-El Brocal, en función de la mineralización, que es una característica geomecánica con la finalidad de disminuir los altos costos por labores de preparación.

Inicialmente se construye una chimenea o VCR DE 2.1 m * 2.1 m (creando una cara libre) y posteriormente se disparan los taladros próximos, para abrir la cara libre a todo el ancho del tajo generalmente se llama el *SLOT* 8.0 m.*4.0 m., luego se disparan las filas de producción 15 a 30 m horizontales a 10 m a 15 m de altura del tajo.

Se utiliza voladuras controladas en los límites de los tajos para reducir los riesgos por caída de rocas. Los diámetros de las brocas para este tipo de método varían entre 64 y 89 mm, la separación entre secciones de perforación oscila entre 1.6 y 2.1 m. El emboquillado, orientación y desviación de los taladros, son algunas de las condiciones operativas para obtener buenos resultados. Por ello, es necesario emplear sistemas de orientación y accesorios especiales y no perforar taladros con longitudes mayores a 25 m.

A. Perforación de filas de producción

- El correcto pintado de malla enumerando las filas de perforación.
- Pintado de la gradiente y del eje central. Esto para poder sacar el baricentro de la labor y realizar la perforación radial y evitar la desviación de los taladros
- La galería debe de contar con sus refugios respectivos cada 15 m limpios sin carga acumulada.
- Se debe de delimitar el área de perforación.

- Se debe de pintar los pilares.

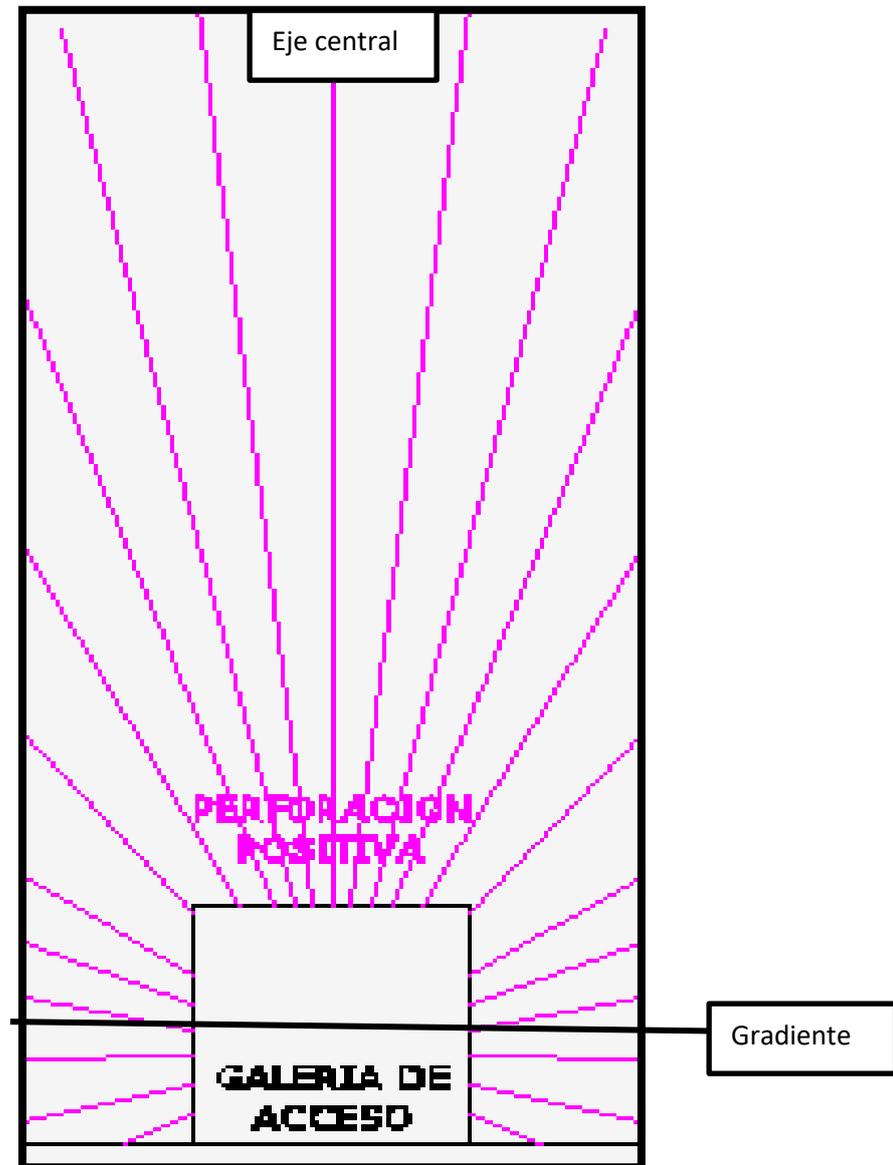


Figura 16. Plano de los taladros de producción en abanico. Tipo de Slot del tajo Tomado de "Área de planeamiento minero Mina Brocal", por Autocad Civil 3D, 2017 [software]

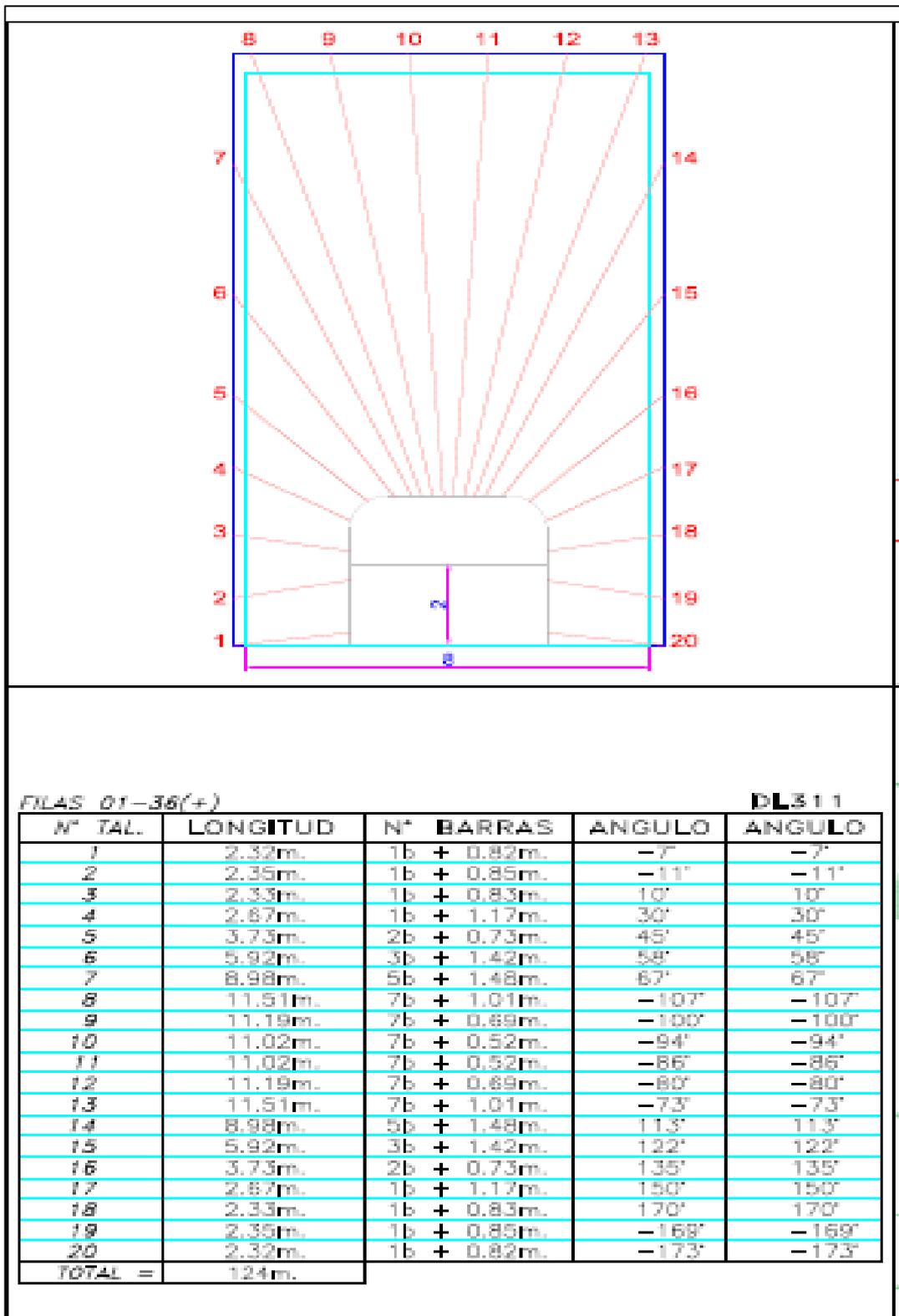


Figura 17. Plano de los taladros en abanico positivo. Tomado de “Área de planeamiento minero Mina Brocal”, por Autocad Civil 3D, 2017 [software]

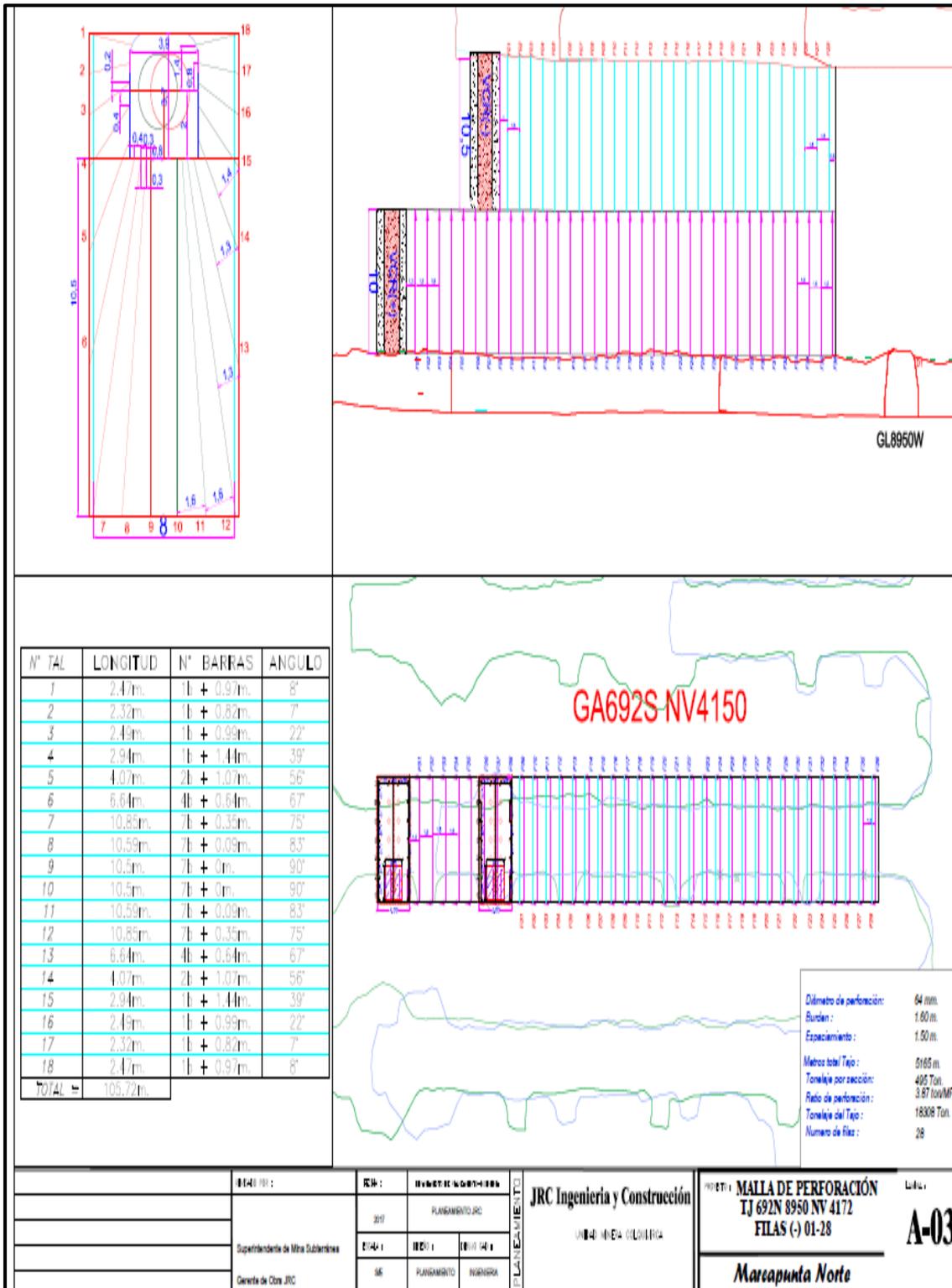


Figura 18. Plano de los Taladros en Abanico Negativo. Tipo de Slot del tajo. Tomado de “Área de planeamiento minero Mina Brocal”, por Autocad Civil 3D, 2017 [software].

B. Voladura

En el método de taladros largos se debe tener en cuenta para lograr una voladura eficiente, un esquema y secuencia de salida detallado y óptimo con la sección diseñada, para así evitar sobrerotura y debilitamiento del tajeo. Todo esto debe realizarse sin la ocurrencia de incidentes y controlando la carga operante, la vibración y el banqueo excesivo.

El equipo que se debe de utilizar para el carguío de carga de explosivo es el yetanol, su funcionamiento óptimo es a presión de aire.

ESTANDARES EN RENDIMIENTOS DE CARGUIO			
TIPOS DE CARGUIO	POSITIVO	NEGATIVO	TIEMPO
VCR	X		5 HORAS
VCR		X	3 HORAS
RADIALES	X		1 FILA 40 MIN
RADIALES		X	1 FILA 40 MIN
PARALELOS	X		1 FILA 30 MIN
PARALELOS		X	1 FILA 30 MIN
CON UNA PRESION DE 70 PSI EN EL SUMINISTRO DE AIRE			

Figura 19. Estándares en Rendimiento de carguío de carga de explosivo. Tomado de “Estándares en Rendimiento de carguío de carga de explosivo área de operaciones”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2014

2.2.7 Producción

La producción del método de sublevel stoping está en función de los insumos utilizados y el esfuerzo que se pone en la operación de las actividades. La finalidad si se aprovecha al máximo cada recurso en la eficiencia y eficacia del personal especializado, la perforación del simba, la disponibilidad de los equipos, la voladura y la extracción del mineral y marginal mejorará las ganancias de la productividad de la empresa El Brocal y La ECM JRC, además de la reducción de costos operativos.

2.2.8 Optimización de producción

La producción es uno de los principales procesos económicos y el medio a través del cual el trabajo humano genera riqueza, en realizar eficientemente una actividad en función en este caso de la perforación de las simbas en taladros paralelos y abanicos, voladura o rotura y la extracción de mineral y marginal, del proceso productivo en la economía, para la empresa El Brocal y ECM JRC.

2.2.9 Variables de producción

La evaluación de los tonelajes, metros perforados, consumo de brocas y metros perforados para el equipo es con simba 23. En el siguiente cuadro se muestra la producción del equipo simba 23 en trabajos de perforación de 64 mm y 89 mm

Cuadro 1: Producción mina Brocal 2018

Programa de Producción.

<i>Equipo</i>	Simba10	Simba18	Simba20	Simba21	Simba22	Simba23	Simba25
---------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Resumen de metros perforados con broca 64 mm

Valores	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19
TMS	13417	13377	13337	13297	13257	13217	13177	13137	13233	13193	13289	13249	159,182
mts. Perf.	3518	3478	3438	3398	3358	3318	3278	3238	3286	3334	3382	3430	40,456
consumo de brocas	7	8	8	7	8	6	7	8	8	7	8	8	90
% Zn.	5.86	5.82	5.97	5.92	6.05	6.15	6.07	6.02	5.97	6.03	6.01	5.96	5.99
% Pb.	0.37	0.39	0.33	0.41	0.40	0.35	0.43	0.43	0.50	0.48	0.39	0.29	0.40
% Cu.	0.10	0.08	0.07	0.09	0.07	0.08	0.09	0.10	0.15	0.08	0.09	0.09	0.09
.Oz-Ag	2.28	2.05	2.00	2.05	2.04	2.06	2.04	1.99	2.05	2.36	2.32	2.32	2.13
VPT US\$	124.01	111.82	104.35	101.89	100.10	75.99	81.21	78.75	80.47	88.73	107.31	109.53	97

Resultados	PRECIOS POR METRO PERFORADO EN CADA TRABAJO DE PERFORACION						
	ITEM	TRABAJO	CONCEPTO	U. M.	CANTIDAD	P.U. (US \$)	TOTAL (US \$)
	1	TALADROS LARGOS	PERFORACIÓN SPT VERTICAL	M	19,343.980	1.20	23,212.78

Programa de Producción.

Equipo	Simba10	Simba18	Simba20	Simba21	Simba22	Simba23	Simba25
--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Resumen de metros perforados con broca 89 mm

Valores	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	Plan 2018
TMS	20126	20066	20006	19946	19886	19826	19766	19706	19850	19790	19934	19874	238,774
mts. Perf.	5277	5217	5157	5097	5037	4977	4917	4857	4929	5001	5073	5145	60,684
consumo de brocas	6	7	8	6	8	6	7	6	7	7	6	7	81
% Zn.	5.86	5.82	5.97	5.92	6.05	6.15	6.07	6.02	5.97	6.03	6.01	5.96	72
% Pb.	0.37	0.39	0.33	0.41	0.40	0.35	0.43	0.43	0.50	0.48	0.39	0.29	5
% Cu.	0.10	0.08	0.07	0.09	0.07	0.08	0.09	0.10	0.15	0.08	0.09	0.09	1
.Oz-Ag	2.28	2.05	2.00	2.05	2.04	2.06	2.04	1.99	2.05	2.36	2.32	2.32	26
VPT US\$	132.01	119.82	112.35	109.89	108.10	83.99	89.21	86.75	88.47	96.73	115.31	117.53	1,260

Resultados

PRECIOS POR METRO PERFORADO EN CADA TRABAJO DE PERFORACION

ITEM	TRABAJO	CONCEPTO	U. M.	CANTIDAD	P.U. (US \$)	TOTAL (US \$)
1	TALADROS LARGOS	PERFORACIÓN SPT VERTICAL	M	19,343.980	1.30	23,212.78

Producción Mina brocal 2018

Resumen de metros perforados con brocas 89 y 64 mm

Actividad	Equipo	EQUIPO
Producción	Simba23	S7D

MESES	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	TOTAL
PRODUCCION	33,543	33,443	33,343	33,243	33,143	33,043	32,943	32,843	33,083	32,983	33,223	33,123	397,956
METRO PERFORADO	14316	10916	13265	14833	18321	18301	16136	19161	19480	20689	19339	23222	207979
CONSUMO TL	76	78	88	97	107	99	85	98	100	101	95	119	1139
TOTAL (US \$)	\$17,179	\$13,099	\$15,918	\$17,800	\$21,985	\$21,961	\$19,363	\$22,993	\$23,376	\$24,827	\$23,207	\$27,866	\$249,575

Cuadro 2. Índices-KPIS de producción mina Brocal 2018

AÑO 2018	Broca 64 mm	Broca 89 mm	DIFERENCIA
PRODUCCION (ton)	159,182	238,774	79,591
METRO PERFORADO (m)	40,456	60,684	20,228
CONSUMO TOTAL	93	81	12
COSTO TOTAL DE METROS PERFORADOS (US \$)	\$48,547	\$78,889	30,342
RENDIMIENTO DE VIDA UTIL TOTAL (m)	435	749	314
INDICES DE OPERACIÓN			
INDICE DE PRODUCCION /CONSUMO DE BROCAS	1712	2948	1,236
INDICE DE PRODUCCION /COSTO DEL ACEROS	3.28	3.03	0.25
INCREMENTO PORCENTUAL DE LA VIDA UTIL	100%	158%	58%

Del cuadro se observa que para el año 2018 se tiene lo siguiente:

- Producción (ton): 79,591.
- Metro perforado (m): 20,228.
- Consumo total:12
- Costo total de metros perforados (US\$):30,342
- Rendimiento de vida util total (m): 314

Del cuadro se muestra los índices de operación:

- Índice de producción /consumo de brocas: 1,236.
- Índice de producción /costo del aceros: 0.25
- Incremento porcentual de la vida útil: 58%

2.2.9 Sistema de carguío y transporte

En la mina Marcapunta Sur empleamos el método de explotación por sublevel stoping, como la explotación principal donde los equipos de carguío Scooptrams y Sandvik, utilizan el uso del telemando para los tajos explotados; cargan en un punto y luego se trasladan el material para descargar en otro punto la máxima distancia estandarizada de estos equipos; sobre la cual un equipo puede cargar o botar el material se define como su alcance de 150 m la geometría del depósito a excavar es el factor primario para determinar el alcance

requerido por el equipo recepcionado la descarga en la distribución de los volquetes tanto para la extracción de mineral como del desmonte de las labores en desarrollo se coordinaban al inicio de guardia.

2.2.9.1 Carguío

En la mina Marcapunta Sur, como es mecanizada, se empleará equipos mecanizados *trackless*, sobre ruedas, este equipo de carguío tiene como finalidad de operar, cargar, acarreo de material y descarga (LHD) de bajo perfil, para seguir los procedimientos establecidos y normas de seguridad y ambientales vigentes, teniendo en cuenta los tiempos de ciclos que se tenía en la extracción de mineral y desmonte.

2.2.9.2 Transporte

Este sistema de transporte es con volquetes de capacidad de 30 toneladas, se destinará los que se puedan emplear en su totalidad, ya que se realizará el incremento de la producción.

Además, la posible economía de escala que se realiza al tener un solo equipo de gran tamaño debe sopesarse respecto a la incertidumbre asociada a la disponibilidad de este equipo. Mientras que una flota de equipos puede seguir trabajando si alguno de sus componentes no estuviera disponible por razones mecánicas, la producción debe esperar si el único equipo de carguío o transporte sufre algún imprevisto y debe detener su operación para solucionar un problema mecánico. Existen varios algoritmos que permiten calcular la disponibilidad de equipos en una flota. Así, el número total de equipos necesarios para satisfacer una producción dada puede calcularse sobre la base de la disponibilidad.

2.2.10 Costo unitario

Es el cociente que resulta de dividir el gasto total incurrido en la producción entre el número total de unidades producidas o generadas. Por lo tanto, el costo unitario tiene componentes fijos y variables.

A. Costos fijos

Son conocidos como costos indirectos, ya que son gastos que se consideran independiente de la producción. Este tipo de costos pueden variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida.

B. Costos variables

Son aquellos costos que varían en forma proporcional, con el nivel de producción o actividad de la empresa. Son los costos por producir o vender. Ejemplo: Mano de obra directa, materiales e insumos directos, impuestos específicos, transporte, comisiones sobre ventas. (3)

2.3 Definición de Términos

2.3.1 **Anticlinales.** Pliegue cóncavo hacia abajo de la corteza terrestre que presenta los estratos más antiguos en su núcleo. (4)

2.3.2 **Buzamiento.** Ángulo vertical medido entre el horizontal y un plano inclinado; este ángulo se mide hacia abajo y varía de 0° a 90°. (5)

2.3.3 **Carguío.** Consiste en la carga de material mineralizado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, *stock* de mineral o botaderos de estéril. (6)

2.3.4 **Calizas silicificadas.** Es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio y otros carbonatos. (7)

2.3.5 **Cámaras de acumulación.** Son secciones definidas para la acumulación temporal de mineral y /o desmonte. (8)

2.3.6 **Conglomerado.** Es una roca sedimentaria de tipo detrítico formada mayoritariamente por clastos redondeados tamaño grava o mayor (>2 mm). (9)

2.3.7 **Costos operativos.** Son todas las operaciones unitarias y auxiliares que se desarrolla en la mina. (10)

- 2.3.8 **Costo unitario.** Es el cociente que resulta de dividir el gasto total incurrido en la producción entre el número total de unidades producidas o generadas, por lo tanto, el costo unitario tiene componentes fijos y variables. (11)
- 2.3.9 **Costos fijos.** Conocidos como costos indirectos, son gastos que se consideran independiente de la producción. Este tipo de costos puede variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida. (12)
- 2.3.10 **Costos variables.** Conocidos como costos directos, son los costos primarios en una operación minera en los procesos productivos de perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares mina, definiéndose esto en los costos de personal de producción, materiales e insumos, equipos. (10)
- 2.3.11 **Desmorte (waste).** Sustancia rocosa que no contiene metales o los contiene en cantidad insuficiente que no es económica. (13)
- 2.3.12 **Diseño.** La elección de un método de explotación de un yacimiento mineral se basa principalmente en una decisión económica (costos, beneficio, inversiones, flujos de caja, etc.). Esta decisión está relacionada con múltiples factores propios del yacimiento tales como: ubicación, forma, tamaño, topografía superficial, profundidad del cuerpo mineral, tipo de mineral, complejidad y calidad de la mineralización, distribución de la calidad de la mineralización (selectividad), características del macizo rocoso, calidad de la información de reservas., inversiones asociadas. (14)
- 2.3.13 **Estratos.** Son a cada una de las capas en que se presentan divididos los sedimentos, las rocas sedimentarias, las rocas piroclásticas y las rocas metamórficas cuando esas capas se deben al proceso de sedimentación. (15)

- 2.3.14 **Falla longitudinal.** Falla de rumbo, cuya traza es paralela al rumbo de las capas o de los pliegues; esta falla no debe confundirse con la falla de desplazamiento de rumbo. (16)
- 2.3.15 **Galería.** Labor semejante a la anterior, generalmente de menor sección, abierta en el interior mina, que sigue la dirección de la veta, sobre esta o alguna de sus cajas. (17)
- 2.3.16 **Geología.** La geología es la ciencia que estudia la estructura interna de la tierra y su composición, así como los cambios que ha sufrido a lo largo del tiempo geológico. (18)
- 2.3.17 **Geología estructural.** Son esfuerzos endógenos y exógenos, marcadores de la deformación, estructuras primarias, estructuras secundarias tectónicas y no tectónicas, contactos; estructuras penetrativas y no penetrativas y disciplinas conexas aplicaciones. (19)
- 2.3.18 **Labores.** Son accesos excavados para explotar un yacimiento; en la mina subterránea principalmente. (20)
- 2.3.19 **LHD.** Corresponden a palas de bajo perfil que pueden clasificarse tanto como equipos de carguío y acarreo mínimo o como equipo combinado de carguío y transporte. (21)
- 2.3.20 **Mena.** Mineral obtenido de una explotación, por ejemplo, la calcopirita o la galena. (13)
- 2.3.21 **Mineral (ore).** Sustancia mineral de la que puede extraerse económicamente uno o más metales. (13)
- 2.3.22 **Nivel.** Cuando el mineral proviene de varios niveles es transportado por un nivel hasta el pique y/o rampa o exterior, este es denominado principal o nivel general de transporte. (22)
- 2.3.23 **Operaciones mina.** Conjunto de operaciones encaminadas a la extracción de los minerales útiles como la perforación y voladura, sostenimiento, movimiento de mineral y/o desmonte, tráfico de personal,

instalación de tuberías de agua y aire comprimido, relleno hidráulico etc. con el menor costo y tiempo, la máxima seguridad minera, salud ocupacional y conservación del medio ambiente. (23)

2.3.24 **Potencia.** Es el espesor del filón o depósito, medido perpendicularmente a las cajas en el punto considerado. Generalmente se da el espesor o potencia media del filón. (10)

2.3.26 **Sección transversal.** Cuando el plano es perpendicular al eje del sólido desarrollando cálculos determinados en el frente de la sección, en función del área de la sección, la altura con el ancho, el buzamiento y potencia de la estructura. (5)

2.3.27 **Scooptram.** Son los equipos accionados por motores diésel debido a la mayor flexibilidad que tienen para desplazarse, pero por razones tanto ambientales como de costo operativo la tendencia a futuro parece ser hacia equipos eléctricos o híbridos o bien operados con hidrógeno. (24)

2.3.28 **Minería subterránea.** Es aquella explotación de recursos mineros que se desarrolla por debajo de la superficie del terreno, para esto se hace necesaria la realización de túneles, pozos, chimeneas y galerías, así como cámaras. Además, los métodos más empleados son los túneles y pilares, hundimientos, corte y relleno (*cut and fill mining*), realce por subniveles (*sublevel stoping*) y cámaras-almacén (*shrinkage*). (25)

2.3.29 **Sublevel stoping.** Es un método en el cual se excava el mineral por tajadas verticales dejando el caserón vacío, por lo general de grandes dimensiones, particularmente en el sentido vertical. Además, el mineral arrancado se recolecta en embudos o zanjas emplazadas en la base del caserón, desde donde se extrae según diferentes modalidades. (26) El término *sublevel* hace referencia a las galerías o subniveles a partir de los cuales se realiza la operación de arranque del mineral. (20)

2.3.30 **Tajos de explotación.** Son cavidades donde se explota de forma verticales o sub verticales de gran espesor. (27)

- 2.3.31 **Tectónicos.** Es la especialidad de la geología que estudia las estructuras geológicas producidas por deformación de la corteza terrestre, las que las rocas adquieren después de haberse formado, así como los procesos que las originan. (28)
- 2.3.32 **Transporte.** Es la operación por la cual se traslada el mineral arrancado en volquetes en caso de la mina El Brocal. En otro caso, es la operación por la cual se traslada el mineral arrancado de los chutes principales de carguío y tolvas de carguío de los piques de izaje de mineral hacia la planta de beneficio. (29)
- 2.3.33 **Triásico.** Es una división de la escala temporal geológica que pertenece a la era mesozoica. Dentro de esta encontramos al triásico, que ocupa el primer lugar precediendo al jurásico. Comenzó hace 251 millones de años y acabó hace 201 millones de años. (29)
- 2.3.34 **Track Less.** También podríamos denominarlo minado sobre llantas, debido a que todo el equipo de arranque y extracción son perforadoras, rompe bancos, desatadores de roca, palas cargadoras (scooptram), camiones de bajo perfil (volquetes), dumpers, motoniveladoras, etc. (29)
- 2.3.35 **Volcánicos.** Procesos por los cuales el magma y los gases asociados a él, suben a profundidades menores y de ahí, salen a la superficie terrestre y en la atmósfera con erupciones piroclásticas. (30)
- 2.3.35 **Zonificación.** Son perforaciones verticales que se hacen con el objetivo de extraer e identificar reservas, leyes del mineral a explotar. (20)
- 2.3.36. **VCR.** Es un método de explotación que consiste en extraer el mineral comprendido entro dos niveles de espaciamiento vertical de aproximadamente 60 metros, se desarrolla un nivel superior a lo largo y ancho de la estructura mineralizada para preparar una cámara superior de perforación desde la cual opera la perforadora (31).
- 2.3.37. **Tajos de explotación.** Son cavidades donde se explota, ya sea de forma verticales o subvertical, que es de gran espesor (32)

- 2.3.38. **Filas de producción.** Son los taladros perforados en forma radial distribuidas consecutivamente con un ángulo determinado.
- 2.3.39. **Anfo.** Es una mezcla explosiva adecuadamente balanceada en oxígeno. Está formulado con 93.5% a 94.5% de nitrato de amonio en esferas y 6.5% a 5.5% de combustible líquido, pudiendo este ser petróleo residual o la combinación de petróleo residual más aceite quemado. Es un agente explosivo de bajo precio cuya composición es 94.3% de nitrato de amonio y 5.7% de gasoil, que equivale a 3.7 litros de este último por cada 50 kg de nitrato de amonio (31).
- 2.3.40. **Factor de carga.** Cantidad de explosivo usado en kilogramos por unidad de roca para volarlo en toneladas (38)
- 2.3.41. **Factor de potencia.** Cantidad de explosivo usado en kilogramos por unidad de roca para volarlo metros cúbicos (2).
- 2.3.42. **Fanel.** Es un accesorio de voladura con características mejoradas en la tracción y abrasión de la manguera fanel, haciéndolo apropiado para todas las aplicaciones de la minería superficial, subterránea y obras civiles; logrando de esta manera una alta eficiencia, seguridad e incrementando la productividad (33).
- 2.3.43. **Secuencia de detonación.** El objetivo es crear caras libres dentro de la masa de la roca durante la tronadura, controlar la energía explosiva disponible, mejorar la fragmentación, proporcionar alivio y controlar el desplazamiento de la masa de roca y reducir la fractura fuera de la última línea de barrenos y la fractura de los extremos, controlar la vibración del suelo (frecuencia, PPV) y la onda aérea, reducir los requerimientos de explosivo y reducir los kilos de explosivo que detonan a la vez (31).
- 2.3.44. **Malla de perforación.** Se dice a la relación *burden* por espaciamiento es decir $B \times E$. Que generalmente se expresa en metros. También se dice que es el diseño inicial para perforación, con la finalidad de lograr una distribución uniforme de la energía, un confinamiento y nivel de energía adecuado (32).
- 2.3.45. **Carguío de taladros con explosivo.** Carga larga y continúa de un explosivo o agente de voladura dentro de un taladro (34).

- 2.3.46. **Simba S7D.** Máquina de perforación electro hidráulico especialmente diseñado para perforar taladros verticales ascendentes y descendentes (32).
- 2.3.47. **Implementación.** La implementación satisfactoria de los estándares dependerá de la participación de los responsables, de lo percibido, del propósito del estándar y de los recursos para asistir en el proceso (31).
- 2.3.48. **Optimización.** Conseguir que algo llegue a la situación óptima o dé los mejores resultados posibles. En matemáticas e informática, determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso o sistema para que el resultado que se obtenga sea el mejor posible (32).
- 2.3.49. **Mecha rápida.** Es un accesorio (cordón) que contiene dos alambres, uno de fierro y el otro de cobre; uno de los cuales está envuelto en toda su longitud por una masa pirotécnica especial, y ambos a la vez están cubiertos por un plástico impermeable (31).
- 2.3.50. **Pentacord.** Es un accesorio de voladura, que posee características como la alta velocidad de detonación, la facilidad de manipulación 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 (35).
- 2.3.51. **Booster.** Es un explosivo potente de alta densidad, velocidad y presión de detonación, por lo que la columna explosiva que será activada con éste, maximizará su desarrollo energético, lo cual redundará favorablemente en el resultado de la voladura (36).
- 2.3.52. **Producción.** Consiste en el aporte de mineral programado mensual que se debe abastecer de mina a planta concentradora (34).
- 2.3.53. **Dilución.** Es la disminución de la ley del mineral de un yacimiento por mezcla con la roca caja (34)

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Método y Alcance de la Investigación

3.1.1 Ámbito de estudio

Se realiza en la mina Sociedad Minera El Brocal S.A.A., Marcapunta Sur, que se encuentra ubicada en la región de Pasco, provincia de Pasco y distrito de Tinyahuarco.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de estudio de investigación que se realiza es aplicado, ya que por medio del desarrollo de la investigación se pretende solucionar los problemas de perforación que se tiene en la actualidad en la compañía.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo-explicativo, en primera instancia se describe los datos de entrada para luego buscar establecer la relación entre las variables.

3.1.4 Método de investigación

- **Método general:** Método Científico.
- **Método específico:** El método de la investigación es descriptivo – explicativo. En un conjunto de datos y características de la población de estudio.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es experimental, se realiza la investigación en un tiempo dado específico, en función a los reportes registrados en la unidad minera, con el fin de lograr eficiencia y efectividad.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población está conformada por los *blocks* mineralizados de la zona Alta, Intermedia y la profundización de la mina Marcapunta Sur-Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

3.3.2 Muestra

Se tomará como muestra un (1) *block* mineralizado del Nivel 4172-4152, Zona alta *block* 8950. Tajo 692 Nv. 4172-4152 (tajo pasante), Marcapunta Sur, Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se realizará para la Implementación de malla de perforación y voladura de taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-El Brocal; los siguientes registros:

- Reporte de metros perforados de las simbas
- Registro y cumplimiento de explotación y producción
- Reporte de equipos simbas
- Reporte diario de operación
- Reporte de suministros
- Reporte de rotura (VCR, *slot* y filas disparas)
- Reporte de marginal y mineral.
- Informe geomecánico y Otros.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información

Se cambió el diámetro de perforación de 64 mm a 89 mm, para el diseño de malla de perforación nueva. Pasaremos dos análisis la malla de perforación utilizada anteriormente en comparación al diseño de malla de perforación nueva

4.1.1 Análisis de la geomecánica Tj. 692 NV. 4172-Geomecánica JRC

El tope de las galerías aledañas GA 706S y GA 720S se encuentran influenciadas por el contacto, estas presentaron inestabilidad después del sellado de los *slot*, por lo que se creó un antecedente.

En la siguiente figura se muestra los *dichos slot* que tuvieron a retroceder por estabilidad.

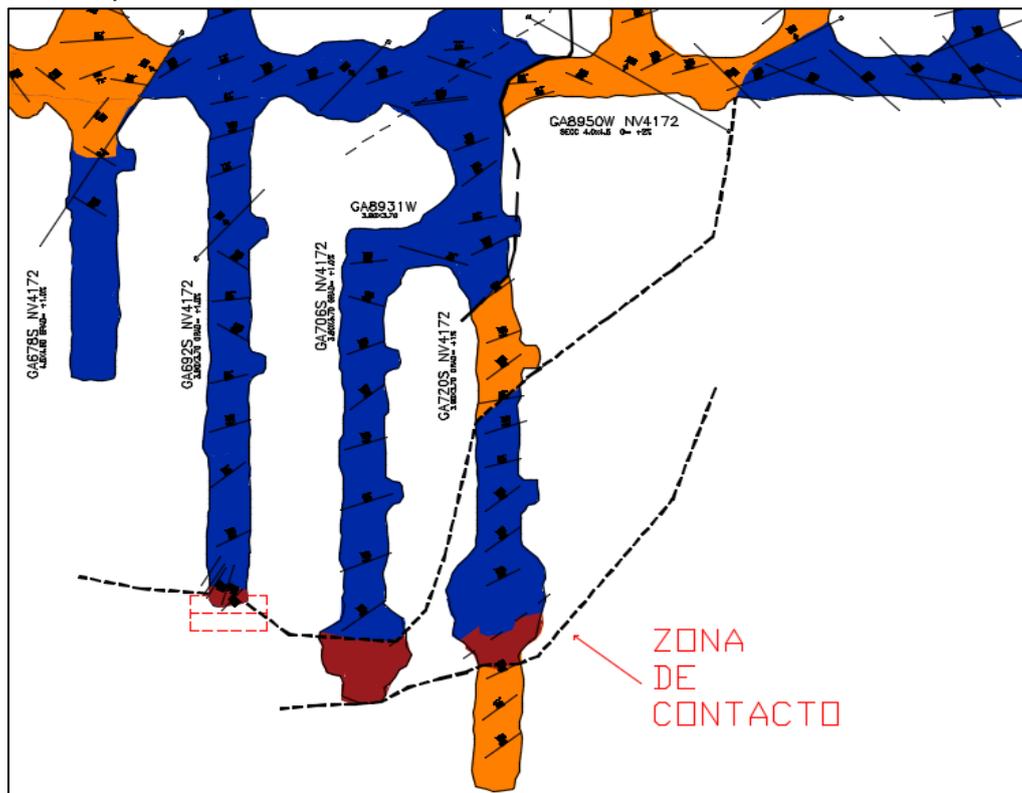


Figura 20. Plano Geomecánica del Tj. 692. Nv. 4172. Tomado de "Parámetros según calidad del macizo rocoso", por JRC Ingeniería y Construcción, 2014

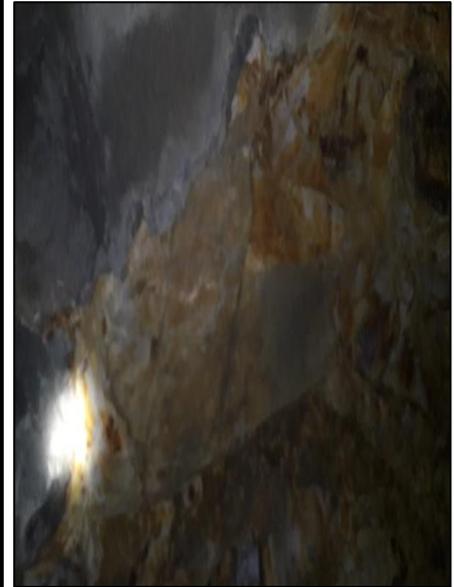
Interpretación. Análisis de la estabilidad del *slot* durante el proceso de perforación y voladura evaluando de medidas correctivas.

4.1.1.1 Condiciones geomecánica

- El techo del *slot* se encuentra construido por cuñas y bloques de roca de gran tamaño.
- Persistencia mayor a 20m condición desfavorable.
- Espaciamiento 0.6 a 2m.
- Las juntas presentan relleno muy alterado, condición muy desfavorable.
- RMR (29 a 26) hacia el techo.
- SPAN = 0
- TAS = Inmediato

TAS= Tiempo de autoaporte.

JRC		CLASIFICACION GEOMECHANICA RMR			
Mina:	Brocal				
Labor:	60-6923				
Block:	8930W				
Nivel:	4172				
Resp.:	Renard Cuillen				
Fecha:	24-02-18				
Hora:	11:00				
% Cump.:					
R.C.U. (Mpa)	15	12	7	4	2
R.O.D. (%)	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%
Apertura	6	5	4	3	2
Rugosidad	6	5	4	3	2
Agua	15	10	7	4	0
R.M.R.*	42				
* Bienawiski 78					
R.M.R.* (Ajustado)	28				
<p>28 No existe cohesión hacia el techo. "Inestable" Se debe retroceder el Slop.</p>					
<p>LITOLOGIA:</p> <p>% DE CUMPLIMIENTO:</p> <p>FECHA DE CUMPLIMIENTO:</p>					
Geomecanico JRC			Supervisor de Turno		



SE EVIDENCIA FORMACIÓN DE CUÑAS HACIA EL TECHO

Figura 21. Resultado de tabla de clasificación geomecánica. Tomado de "Parámetros según la calidad del macizo rocoso", por JRC Ingeniería y Construcción, 2014

4.1.1.2 Slot propuesto para la mejor estabilidad

En la siguiente figura se muestra retroceder el slot 5.0m de color verde.

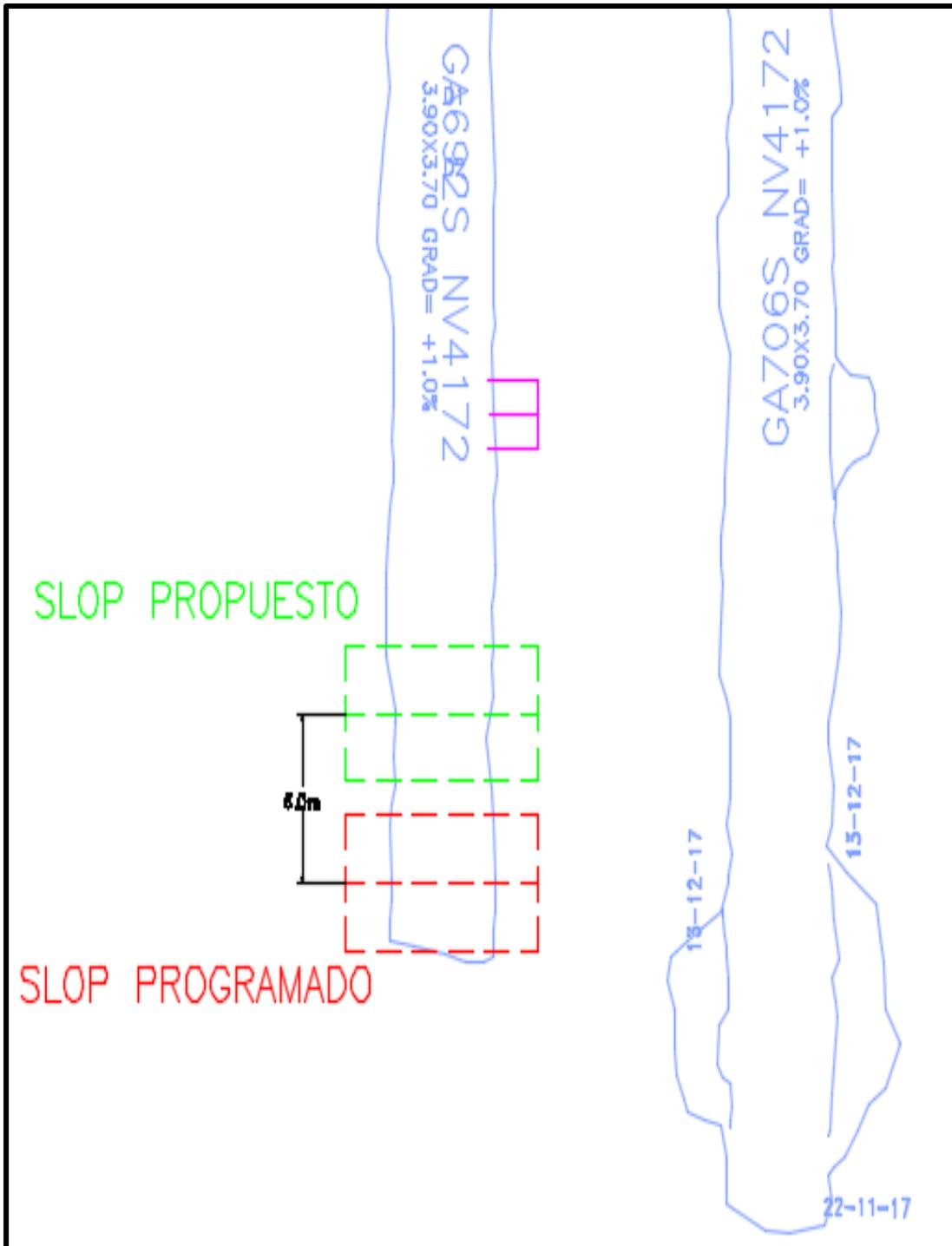


Figura 22. Plano geomecánico del slot para retroceder por estabilidad. Tomado de “estudio geomecánico de la calidad del macizo rocoso”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2014

Interpretación. Por términos de estabilidad se procedió a retroceder el *slot* a 5 m respectivamente, para luego continuar las filas de perforación.

4.1.2 Cálculos de costo de operación y explotación

4.1.2.1 Datos recopilados

Se tomaron en cuenta los siguientes datos generales: tipo de metal:
cobre Cu.

En las figuras siguientes, se muestra los precios unitarios son importantes para el análisis más adelante de costos de perforación y voladura en términos de costo de perforación voladura por tonelaje.

ANALIS DE PRECIS UNITARIOS							
PARTIDA							
UNIDAD DE MEDIDA	Tcm						RENDIMIENTO
ELABORADO POR	SVEESAA						LONGITUD DE BARRA DE PERFOR
1 UNIDAD DE PRODUCCION	SMEBSAA						LONGITUD PROMEDIO DE TALADRO
TIPO DE MATERIAL	Mineral						N DE TALADROS PERFORADOS DIA
DUREZA DE MATERIAL	Media						N DE TALADROS DISPARADO DIA
INCLUYE	Simba 7 generacion de bancos						FACTOR DE POTENCIA
							HORAS POR GUARDIA
							RENDIMIENTO SCOOPTRAM
							PESO ESPECIFICO DEL MATERIA
							HORAS EFECTIVAS POR GUARDIA
ITEM	Descripcion	Cant.	Und.	P.U.USS	PARCIAL	S-TOTAL	TOTAL
	Operador Simba	10	hh	7.64	78.74	0.073	
	Ayud. Operador Simba	10	hh	5.42	55.72	0.052	
	Operador scoop	10	hh	7.16	73.6	0.068	
	Operador Anicard	8	hh	5.71	45.68	0.042	
	Cargador -disparador	10	hh	5.42	55.72	0.052	
	Ayudante cargador	10	hh	5.42	55.72	0.052	
	Tecnico en Voladuras	6	hh	8.6	51.6	0.048	
	Asistente Tecnico en Voladuras	6	hh	5.42	32.62	0.03	
	Dectrisista	6	hh	8.6	51.6	0.048	
	Personal Servivio Mina Tuberos	6	hh	5.42	32.52	0.03	
	Muestreo	10	hh	5.42	55.72	0.052	
	Jefe de Guardia	4	hh	14.03	56.12	0.052	0.6
	Materiales		und	0.32	209.92	0.192	
	Barra de extension 5 pies total		und	0.93	610.28	0.565	
	shank adapter		und	0.09	59.04	0.054	
	Copas de afilado		und	0.03	5.89	0.005	
	aaguatdera		und	2.73	1.07	0.001	
	Accesorio de tuberia '' valvulas		und	5.5	2.2	0.002	
	Tubos PVC		igo	4.11	274.01	0.254	
	tablero elect		gda	750	7.5	0.005	
	tablero electronico arrancador		ml	1000	0	0.003	
	conectores		ml	70	20.3	0.019	
	Cables electricos		ml	0	0	0	
	Vangas de ventilacion -30		und	2	1.58	0.001	
	Grasa para finado		glb	8	8	0.007	
	Aceite de perforacion		und	8.96	1.79	0.002	1.11
	Herramientas						
	implementos de seguridad y agia	0.08		545	516	0.048	
	herramientas manuales	0.05		646	32.25	0.03	
	lampara minera	97.68		0.12	11.7216	0.011	
	iliminacion	2		149.2	289.4	0.276	0.37
	EQUIPOS						
	Simba Electrohidraulico	8	hm	130	1040	0.963	
	Scooperam de 60 y d3 y control remoto	9	hm	90	810	0.75	
	Anicard	8	gdia	40	320	0.295	
	cargador de lamparas	97.68	hh	0.26	25.4	0.024	2.03
	COSTOS DIRECTOS						4.11
	GASTOS GENERALES			4.52			0.19
	UTLIDAD			10			0.41
	COSTO TOTAL			USS' Ton			4.78

Figura 23. Análisis de precios unitarios del slot. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
PARTIDA :	Chimenea slot (VCR)	Rendimiento	15.00	ml/disp.				
	Perforacion - voladura - Limpieza	longitud de barra perforació	3.00	mts				
DIMENSIONES TAJO:	2.10 x 2.10	longitud promedio tal	15.00	mts				
	10.00 mts	Nº taladros perforados	20.00					
UNIDAD DE MEDIDA :	ml	Nº taladros disparados	13.00					
ELABORADO POR	JRC Ingeniería y Construcción SAC	Nº taladros de alivio	7.00					
UNIDAD DE PRODUCCION :	SMEBSAA	Factor de carga		Kg/ton				
TIPO DE MATERIAL :	Mineral	rendimiento scooptram		ton/hr				
DUREZA DE MATERIAL :	Media							
INCLUYE :	Simba 1257, scooptram R1600G de 6.0 yd3	Peso específico de material	3.20	ton/m3				
	No incluye explosivo	Horas por guardia	10.28	hrs				
	Limpieza 210 mts							
Item	Descripción	Cant.	Und.	P.U. (US\$)	Parcial	S-Total	Total	
1.00	MANO DE OBRA							
	Operador Jumbo	20.00	hh	7.64	152.74	10.183		
	Ayud. Operador Jumbo	20.00	hh	5.42	108.41	7.227		
	Operador Scoop	6.00	hh	7.16	42.93	2.862		
	Operador Anfocard	0.00	hh	5.71	0.00	0.000		
	Cargador / disparador	10.28	hh	5.42	55.72	3.715		
	Ayudante Cargador	20.56	hh	5.42	111.44	7.430		
	Capataz	6.00	hh	10.53	63.17	4.211		
	Bodeguero	6.00	hh	5.42	32.52	2.168		
	Lamparero	6.00	hh	5.42	32.52	2.168		
	Electricista	6.00	hh	8.60	51.60	3.440		
	Jefe de guardia	6.00	hh	14.03	84.19	5.613	49.02	
2.10	MATERIALES							
	Barra de extensión 4pies	984	pp	0.43	426.25	28.417		
	Broca botones 2 1/2"	984	pp	0.11	109.50	7.300		
	Adaptador piloto	984	pp	0.03	26.77	1.785		
	Manguito de acople	984	pp	0.26	251.88	16.792		
	Shank adapter	984	pp	0.03	26.08	1.739		
	Copas de afilado	984	jgo	0.03	26.77	1.785		
	Aguzadora	1.00	gda	2.67	2.67	0.178		
	Tuberías de polietileno 2" (agua)	0.00	ml	6.25	0.00	0.000		
	Tuberías de polietileno 2" (aire)	0.00	ml	6.25	0.00	0.000		
	Bridas de 2"	0.04	Und	4.88	0.20	0.013		
	Accesorios de tubería (Valvulas, Tees, C	1.0000	Glb	5.50	5.50	0.367		
	Tubos PVC para arrastre 1"	100	Und	3.00	300.00	20.000		
	Tableros eléctricos distribución	0.0001	Glb	750.00	0.08	0.075		
	Tableros eléctricos arrancador	0.0001	Glb	1,000.00	0.12	0.120		
	Conectores trifasicos	0.0004	Glb	70.00	0.03	0.026		
	Cables electricos	2.00	ml	0.00	0.00	0.000		
	Mangas de Ventilación - 30"	0.00	ml	2.00	0.00	0.000		
	Cancamos agua-aire y electricidad	0.00	und	0.60	0.00	0.000		
	Manguera de lona 2" 100 psi	0.50	ml	7.00	3.50	0.233		
	Manguera de lona 1" 100 psi	1.00	ml	3.42	3.42	0.228		
	Aceite de perforación	0.50	gln	8.96	4.48	0.299	79.36	
2.20	EXPLOSIVOS							
	Dinamita Semexa 80%-11/8*8	0.0	und	0.000	0.000	0.000		
	Dinamita Semexa 65% - 7/8 * 7	0.0	und	0.000	0.000	0.000		
	Gelatina 75% 1 1/8x8	0.0	und	0.000	0.000	0.000		
	Carmex	0.0	und	0.000	0.000	0.000		
	Fulminante fanel	0.0	und	0.000	0.000	0.000		
	Cordón detonante	0.0	m	0.000	0.000	0.000	0.00	
2.30	Herramientas							
	Implementos de Seguridad Normal y agua	0.08	%	49.02		4.019		
	Herramientas manuales	0.05	%	49.02		2.549		
	Lampara Minera	107	hh	0.12	12.82	0.855	7.42	
3.00	EQUIPOS							
	Jumbo electrohidráulico	20.10	hm	130.00	2,613.00	174.200		
	Scooptram de 6,0 yd3	4.28	hm	90.00	385.56	25.704		
	Ventiladores de 30,000 CFM	10.00	gdia.	20.00	200.00	13.333		
	Ventiladores de 60,000 CFM	0.00	gdia.	0.00	0.00	0.000		
	Anfocard	0.00	gdia.	40.00	0.00	0.000		
	cargador de lamparas	106.84	hh	0.26	27.78	1.852		
							215.09	
COSTO DIRECTO							350.88	
GASTOS GENERALES							13.0%	45.61
UTILIDAD							10.0%	35.09
COSTO TOTAL							US\$ /ml.	431.59

Figura 24. Análisis de Precios unitarios VCR. Tomado de "El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción", por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Interpretación. El Precio unitario de VCR. Generalmente el diseño es de 2.10 * 2.10 a una altura de 10 metros.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad (Personas)	Cantidad	Costo Unitario US\$/Unidad	Costo Parcial US\$/Gdia	Costo Total perforación y voladura US\$/ton
2.00	VOLADURA					4,535.89	0.51
2.01	Mano de Obra					1,369.46	
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	1.30	8.21	47.67	508.66	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	2.60	8.21	40.34	860.81	
2.02	Explosivos y accesorios de voladura					2,602.83	
	Emulsion Exagel 65%, 1 1/2" X 8" anfo (bls. X 25kg.)	Pza. kg.		216.00 1,684.80	0.70 0.92	152.06 1,550.02	
	Guías Ensambladas Carmex de 7"	Pza.		14.00	1.57	22.04	
	DETONADOR NO ELECTRICO 15.0 M EXCEL	Pza.		216.00	3.70	798.45	
	Mecha rápida de ignition	m.		4.00	0.29	1.16	
	Cordón Detonante Pentacord 4gr	m.		350.00	0.23	79.10	

Figura 25. Análisis de Precios unitarios del explosivo utilizado en el slot y VCR. Tomado de "El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción", por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

4.1.3 Análisis de los parámetros de perforación con la broca de 64 mm vs 89 mm de diámetros del diseño de malla propuesto para el TJ 692.

Se diseñó una nueva malla de perforación con brocas de 89 mm en perforación paralela VCR y *slot* y perforación en abanico o radial para filas de producción. Los datos de metros perforados de los equipos Simbas en este caso el Simba N. 23. De 64 mm vs 89 mm de diámetro de broca.

4.1.3.1 Análisis diseño de malla de perforación con la broca de 89 mm del tajo del proyecto

La perforación se realiza con el equipo Simba con diámetros de broca de 89 mm para los taladros de producción (perforación real de mina ejecutada)

En el siguiente cuadro se muestra dos diseños de mallas de perforación con sus respectivos parámetros de perforación.

- **NV. 4172 Block 8950 Tajo. 692 s**

En siguiente cuadro se muestra los parámetros de perforación diseñados para el tajo 692 s.

Tabla 1.

Taladros de perforación en abanico, VCR + SLOT Paralelo-Nv .4172

PARÁMETROS DE PERFORACION DEL DISEÑO DE MALLA
✓ Dirección de perforación Negativo en abanico - paralelo
✓ Altura del Tajo: 10.50 m.
✓ Sección del Tajo: 4.0 m.* 4.0m * 42 m.
✓ Sección VCR + slot: 8.0 m.* 4.0 m * 4.0 m.
✓ Sección VCR + slot: Diámetro de perforación: 64 mm
✓ Burden: 2.0 m.
✓ Espaciamiento: 2.0 m.
✓ N. taladro * fila: 14
✓ N. Taladro VCR + SLOT: 30 + 37: 67
✓ Total, de Filas: 21 Filas.

Del cuadro se observa que la sección VCR + slot el diámetro de perforación es de 64 mm y las filas de perforación son de 89 mm

- **NV 4152 Block 8950 Tj. 692 s**

En siguiente cuadro se muestra los parámetros de perforación diseñados para el tajo 692 s.

Tabla 2

Taladros de perforación en abanico, VCR + *SLOT* Paralelo-Nv. 4152

PARÁMETROS DE PERFORACION DEL DISEÑO DE MALLA
✓ Dirección de perforación positiva en abanico-paralelo
✓ Altura del Tajo: 10 m.
✓ Sección del Tajo: 4.0 m.* 4.0m * 58 m.
✓ Sección VCR + <i>slot</i> : 8.0 m.* 4.0 m * 4.0 m.
✓ Diámetro de perforación: 64 mm
✓ Burden: 2.0 m.
✓ Espaciamiento: 2.0 m.
✓ N. taladro * fila: 16
✓ N. Taladro VCR + <i>SLOT</i> : 30 + 37: 67
✓ Total de filas: 29 filas.

Del cuadro se observa que la sección VCR + *slot* el diámetro de perforación es de 64 mm y las filas de producción son de 89 mm.

Tabla 3

Metros perforados programados para el cumplimiento del mes en este caso en función de la simba N. 23

Simba 23 de 89 mm						
Equipo	MENSUAL			Semana 4		
	Plan	Real	%	Plan	Real	%
Simba10	10,660	4,519	42%	2,487	2,950	119%
Simba18	10,660	2,220	21%	2,487	1,382	56%
Simba20	10,660	5,726	54%	2,487	3,528	142%
Simba21	5,720	3,471	61%	2,487	2,874	116%
Simba22		2,388	0%	1,335		0%
Simba23	8,800	8,750	99%	2,487	7,550	304%
Simba25	10,660	8,757	82%	2,487	4,004	161%
Total	48,360	35,831	74%	16,257	22,288	137%
Días Programados		31				
Días Ejecutados		18				
Programa a la Fecha (MP)		28,080				
Cumplimiento a la Fecha		128%				
Proyección de Cierre (MP)		61,709				

Nota: Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

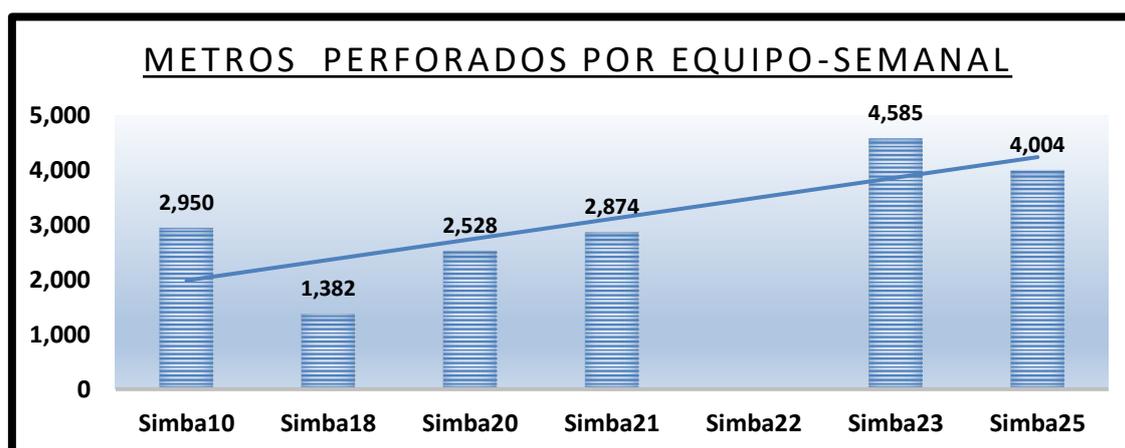


Figura 26. Metros perforados programados para el cumplimiento del mes en este caso en función de la simba N. 23-Perforación semanal 4: 4585 m. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Interpretación. Para el Simba N. 23 con broca de 89 mm, se observa en la gráfica, con la malla anterior para broca de 89 mm mayor diámetro de perforación en la semana con 4585 m se realiza mejor optimización en tiempos de avance de perforación, en condiciones de aceros, desgaste, demoras operativas, y otros problemas mecánicos es favorable por tipo roca que es competente.

Se concluyó favorablemente la perforación, en consumos de aceros y barras maximizando los costos operativos. Nv. 4152 *Block* 8950. Tj 692 s.

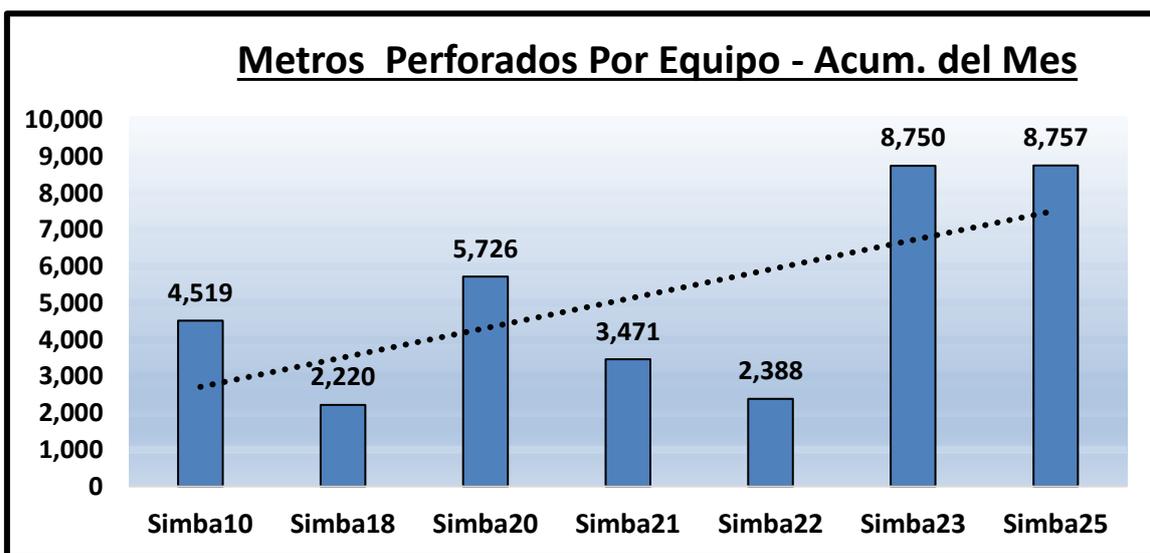


Figura 27. Metros perforados programados para el cumplimiento del mes en este caso en función de la simba N. 23 - Perforación semanal 8750 m. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Interpretación. El Simba N. 23 con Broca de 89 mm, los metros perforados al mes realiza un acumulado de 8750 m con un 99% al programa óptimo y solo le falta 50 m.

✓ En la segunda semana del mes se concluyó favorablemente menor días de terminación con la perforación paralela y en abanico del Nv. 4172 *Block* 8950. Tj 692 s.

✓ Dio lugar a la rotura del tajo programa en el mes.

1. La perforación con Brocas de 89 mm

La perforación con brocas de 89 mm es óptima y el trabajo se realiza en menores tiempos de avance de perforación, pero tiene ventajas:

- En consumo de aceros es favorable por el tipo de roca.
- Consumo de barras es menor al desgaste.
- Casos desfavorables de servicios mina agua, aire y energía es mayor el consumo.
- En tubos PVC es favorable entubar agujeros perforados, para evitar acceso de detritos.
- Menores desviaciones de perforación en los taladros de abanico y paralelo.
- En la malla de perforación reduce el número de taladros perforados por filas.
- Otros factores de geomecánicos, económicos y mecánicos.

2. En la voladura con brocas de 89 mm

- Consumo de explosivo es mayor, pero se realiza en menores tiempos el avance de la voladura.
- Se realiza una buena voladura evitando la sobre rotura que crea dificultades para su recuperación.
- Por recomendación de seguridad y ventilación se tiene que disparar dos a cuatro filas de producción.
- En consumo de Costos de explosivo es mayor,
- Otros factores de geomecánicas y baja los costos económicos.

Se diseñó una nueva malla de perforación con brocas de 89 mm en perforación en abanico o radial para filas de producción, con brocas de 64 mm la perforación paralela VCR y *slot* para efectividad de la cara libre.

A continuación, se presentarán todos los datos de la mina del mismo tajo, la perforación en metros semanal y mensual. Además, en la siguiente tabla se muestra el esquema y diseños de carguío de explosivos para las filas negativas en perforación radial o abanico.

Tabla 4

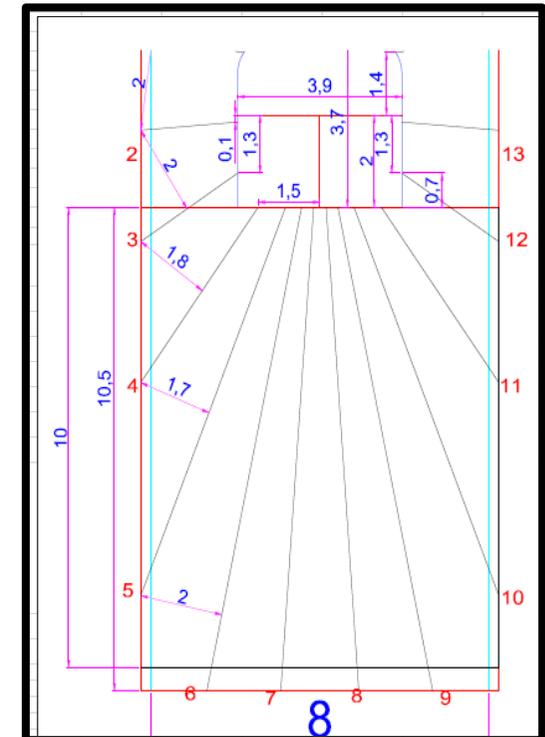
Esquema de carguío TJ 692 S Radial negativo-NV 4172

DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA		EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS	
ANCHO (m)	8.00	ANFO KG/SECCION	297 12
ALTURA DE BANCO (m)	10.50	BOOSTER 1/3 LB /SECCION	20.0
BURDEN	2.00	KG. TOTAL ANFO	1190 48
ESPACIAMIENTO	2.00	TOTAL BOOSTER	80
METROS PERF. POR FILA	77.24	KG./mtrs.	5.00
Nº DE TALADROS POR FILA	14.00	CARGA OPERANTE	4.6
VOLUMEN TOTAL POR FILA	168.00	CARMEX	2
VOLUMEN TOTAL / DISPARO	672.00	NUMERO DE FILAS DISPARAR	4
TONELADAS ROTAS FILA	613.60	PENTACORD	40
TONELAJE TOTAL / DISPARO	2454.40		
TON/METRO	7.94		
F. DE CARGA	1.77		
F. DE POTENCIA	0.48		

Tabla 5

Diseños de carguío para filas negativas en perforación radial o abanico

Nº DE TALADRO PERF	LONGITUD REAL DE CADA TALADRO	TACO BASE	TACO INTERMEDIO	LONGITU A CARGA	TACO FINAL	ANFO EN KG POR SEC.		BOOSTER 1/3 LB		SECUENCIA SALIDA	SECUENCIA SALIDA	SECUENCIA SALIDA
1	1.75		0.00	0.88	0.88	4.4	4.4	1				
2	2.32		0.00	1.51	0.81	7.5	7.5	1				
3	2.49		0.00	2.24	0.25	11.2	11.2	1				
4	4.07		0.00	2.65	1.42	13.2	13.2	1				
5	6.64		0.00	5.98	0.66	14.9	29.9	2				
6	10.85		0.00	7.05	3.80	17.6	35.3	2				
7	10.50		0.00	9.45	1.05	23.6	47.3	2				
8	10.50		0.00	9.45	1.05	23.6	47.3	2				
9	10.85		0.00	7.05	3.80	17.6	35.3	2				
10	6.64		0.00	5.98	0.66	14.9	29.9	2				
11	4.07		0.00	2.65	1.42	13.2	13.2	1				
12	2.49		0.00	2.24	0.25	11.2	11.2	1				
13	2.32		0.00	1.51	0.81	7.5	7.5	1				
14	1.75		0.00	0.88	0.88	4.4	4.4	1				
TOTAL	77.24				17.74	185.09	297.48	20				



Esquema y diseños de carguío para filas negativas en perforación radial o abanico

Nota: Esquema de carguío TJ 692 S Radial negativo-NV 4172. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016.

Se realizará el disparo máximo de cuatro filas por guardia para el control de la ventilación y la seguridad de los pilares y estabilidad del tajo.

Tabla 6

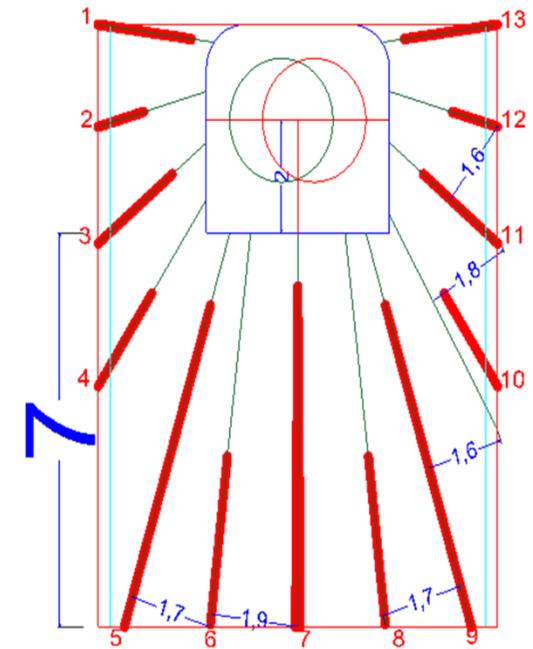
Esquema de carguío por filas negativas del slot Tj 692S Nv 4172.

DATOS DE LABOR	
Nivel	4172
Block	8950
Labor	TJ 692S
VCR / Fila	Fila
Dirección Tal.	Negativo
Tipo de Perfo.	Abanico
Nº Filas A Disparar	4
Detalle Fila	1-4
Ancho Galería (m)	4
Alto Galería (m)	4
TN/Galería	46.1

DATOS DE PERFORACIÓN	
Ancho Tajo (m)	8.0
Altura de Banco (m)	11.0
∅ de Perforación (mm)	89.0
Burden (m)	2.0
Espaciamiento (m)	1.9
Densidad (Ton/m3)	3.2
Metros Perf. por Fila (MP)	59.8
Nº Taladros Por Fila (unid)	13.0
Toneladas Por Fila (Ton)	517
Toneladas Total A Disparar	2068.48

Densidad Carga Lineal ANFO	
Negativo 64mm (kg/ml)	2.50
Positivo 64mm (kg/ml)	2.90
Negativo 89mm (kg/ml)	5.10
Positivo 89mm (kg/ml)	5.91

Explosivo y Accesorios	
Total Anfo (Kg)	722.98
Total de Booster (Unid)	64.0
Factor Potencia (kg/Ton)	0.350
Carga Operante (Kg/Ret)	27.8



Esquema malla de perforación por filas del slot más la longitud de perforación.

Nota: Esquema de carguío por filas negativas del slot Tj 692S Nv 4172. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Tabla 7

Esquema de carguío para filas negativas en perforación del slot

N° Tal	Long. Tal. (m)	Taco (m)	Taco Intermedio (m)	Long. De Carga (m)	Anfo (kg)	Booster (unid)	Secuencia Salida (N° Retardo)						
							F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	2.48	0.5		1.98	10.1	1	9	10	11	12			
2	2.38	1.4		0.98	5.0	1	8	9	10	11			
3	2.92	0.9		2.02	10.3	1	7	8	9	10			
4	4.03	2.0		2.03	10.4	1	6	7	8	9			
5	7.35	1.4	0.5	5.45	27.8	2	5	6	7	8			
6	7.05	4.0	0.5	2.55	13.0	1	4	5	6	7			
7	7.00	1.5	0.5	5.00	25.5	2	3	4	5	6			
8	7.05	4.0	0.5	2.55	13.0	1	4	5	6	7			
9	7.35	1.4	0.5	5.45	27.8	2	5	6	7	8			
10	4.45	2.0		2.45	12.5	1	6	7	8	9			
11	2.92	0.9		2.02	10.3	1	7	8	9	10			
12	2.38	1.4		0.98	5.0	1	8	9	10	11			
13	2.48	0.5		1.98	10.1	1	9	10	11	12			
Total	59.8	21.9		35.4	180.7	16.0							

Nota: Esquema de carguío por filas negativas del slot Tj 692S Nv 4172. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Tabla 8

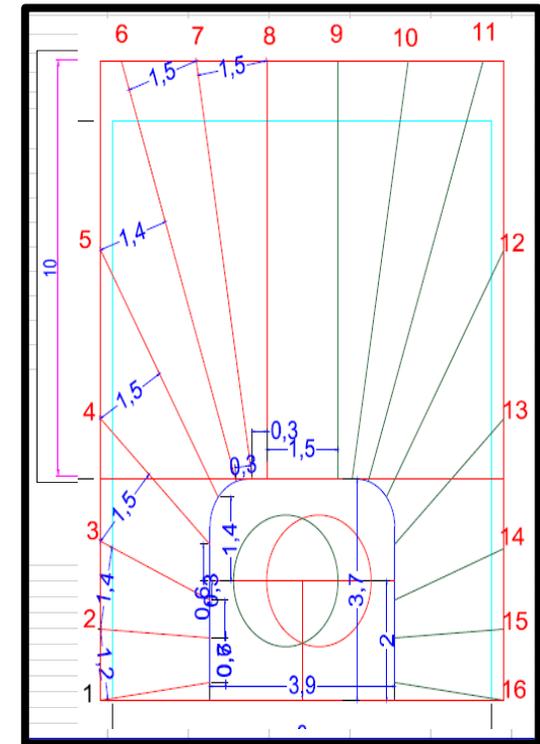
Esquema de carguío TJ 692 S Radial Positiva-NV 4152

DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA		EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS	
ANCHO (m)	8.00	ANFO KG/SECCION	410 16
ALTURA DE BANCO (m)	10.50	BOOSTER 1/3 LB /SECCION	22.0
BURDEN	2.00	KG. TOTAL ANFO	1641 66
ESPACIAMIENTO	2.00	TOTAL BOOSTER	88
METROS PERF. POR FILA	100.27	KG./mtrs.	5.50
Nº DE TALADROS POR FILA	18.00	CARGA OPERANTE	4.6
VOLUMEN TOTAL POR FILA	168.00	CARMEX	2
VOLUMEN TOTAL / DISPARO	672.00	NUMERO DE FILAS DISPARAR	4
TONELADAS ROTAS FILA	613.60	PENTACORD	40
TONELAJE TOTAL / DISPARO	2454.40		
TON/METRO	6.12		
F. DE CARGA	2.44		
F. DE POTENCIA	0.67		

Tabla 9

Diseño de carguío para filas positivas en perforación radial o abanico

Nº DE TALADRO PERF	LONGIUTUD REAL DE CADA TALADRO	TACO BASE	TACO INTERMEDIO	LONGITUD A CARGA	TACO FINAL	ANFO EN KG POR SEC.		BOOSTER 1/3 LB		1° cebo SECUENCIA SALIDA	2° cebo SECUENCIA SALIDA	3° cebo SECUENCIA SALIDA
1	2.32		0.00	1.16	1.16	6.4	6.4	1				
2	2.45		0.00	1.59	0.86	8.8	8.8	1				
3	2.49		0.00	2.24	0.25	12.3	12.3	1				
4	2.94		0.00	1.91	1.03	10.5	10.5	1				
5	4.07		0.00	2.65	1.42	14.6	14.6	1				
6	6.64		0.00	5.98	0.66	32.9	32.9	1				
7	10.85		0.00	7.05	3.80	19.4	38.8	2				
8	10.59		0.00	6.88	3.71	18.9	37.9	2				
9	10.50		0.00	9.45	1.05	26.0	52.0	2				
10	10.50		0.00	9.45	1.05	26.0	52.0	2				
11	10.59		0.00	6.88	3.71	18.9	37.9	2				
12	10.85		0.00	7.05	3.80	19.4	38.8	2				
13	6.64		0.00	5.98	0.66	32.9	32.9	1				
14	4.07		0.00	2.65	1.42	14.6	14.6	1				
15	2.45		0.00	1.59	0.86	8.8	8.8	1				
16	2.32		0.00	2.09	0.23	11.5	11.5	1				
TOTAL	100.27				25.67	281.68	410.30	22				



Esquema Y Diseños De Carguío Para Filas Positivas En Perforación Radial O Abanico

Nota: Esquema de carguío TJ 692 S Radial Positiva-NV 4152. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Tabla 10

Esquema de carguío por filas positivas del slot Tj 692S Nv 4172

DATOS DE LABOR	
Nivel	4152
Block	8950
Labor	TJ 692S
VCR / Fila	Fila
Dirección Tal.	Positivo
Tipo de Perfo.	Abanico
N° Filas A Disparar	4
Detalle Fila	1-4
Ancho Galeria (m)	4
Alto Galeria (m)	4

DATOS DE PERFORACIÓN	
Ancho Tajo (m)	8.0
Altura de Banco (m)	14.0
∅ de Perforación (mm)	64.0
Burden (m)	2.0
Espaciamiento (m)	1.8
Densidad (Ton/m3)	3.2
Metros Perf. por Fila (MP)	79.7
N° Taladros Por Fila (unidad)	13.0
Toneladas Por Fila (Ton)	671
Toneladas Total A Disparar	2682.88

Densidad Carga Lineal ANFO	
Negativo 64mm (kg/ml)	2.50
Positivo 64mm (kg/ml)	2.90
Negativo 89mm (kg/ml)	5.10
Positivo 89mm (kg/ml)	5.91

Explosivo y Accesorios	
Total Anfo (Kg)	1175.85
Total de Booster (Unid)	64.0
Factor Potencia (kg/Ton)	0.438
Carga Operante (Kg/Ret)	51.9

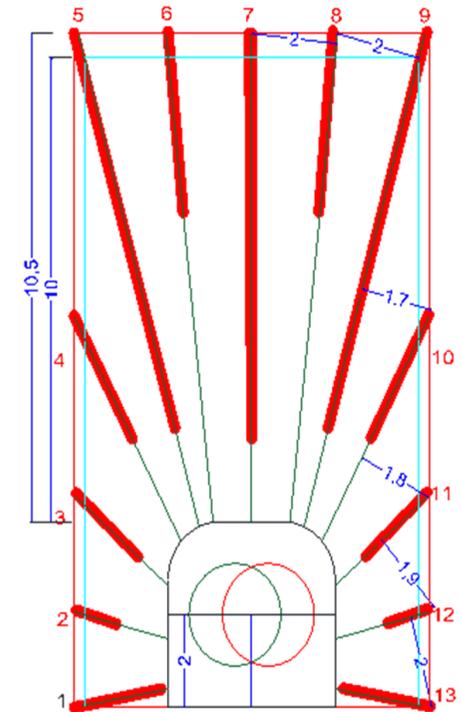


Tabla 11

Esquema de carguío para filas positivas en perforación del slot

N° Tal	Long. Tal. (m)	Taco (m)	Long. De Carga (m)	Anfo (kg)	Booster (unid)	Secuencia Salida (N° Retardo)							
						F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
1	2.29	0.5	1.79	10.6	1	10	11	12	13				
2	2.32	1.3	1.02	6.0	1	9	10	11	12				
3	2.98	0.9	2.08	12.3	1	8	9	10	11				
4	5.47	2.5	2.97	17.6	1	7	8	9	10				
5	10.99	2.2	8.79	51.9	2	6	7	8	9				
6	10.57	6.7	3.87	22.9	1	5	6	7	8				
7	10.50	1.8	8.70	51.4	2	4	5	6	7				
8	10.57	6.7	3.87	22.9	1	3	4	5	6				
9	10.99	2.2	8.79	51.9	2	2	3	4	5				
10	5.47	2.5	2.97	17.6	1	1	2	3	4				
11	2.98	0.9	2.08	12.3	1	1	2	3	4				
12	2.32	1.3	1.02	6.0	1	2	3	4	5				
13	2.29	0.5	1.79	10.6	1	3	4	5	6				
Total	79.7	30.0	49.7	294.0	16.0								

Esquema malla de perforación por filas del slot más la longitud de perforación.

Nota. Esquema de carguío por filas positivas del slot Tj 692S Nv 4172. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Del cuadro se muestra los siguientes datos:

- En la malla de perforación se realizará la perforación con brocas de 89mm
- Barra de 1.5 m.
- Simba S7D

Se realizará el disparo 4 filas por guardia para el control de la ventilación y la seguridad de los pilares y estabilidad del tajo.

2.1.3.2 Análisis diseño de malla de perforación con la broca de 64 mm del tajo del proyecto

NV. 4172 *Block* 8950 Tj. 692 s.

En siguiente cuadro se muestra los parámetros de perforación diseñados para el tajo 692 s. Además, en los siguientes cuadros se muestran, el esquema de Carguío de VCR negativo Tj 692S Nv 4172, el diseño de carguío para filas negativas en perforación del VCR. Por último, se muestra la malla de perforación de las Fila negativas y la malla de perforación del *slot* negativo más longitud de perforación.

Todos estos resultados fueron analizados en forma in situ en las operaciones mina.

Tabla 12

Esquema de Carguío de VCR negativo Tj 692S Nv 4172

DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA	
SECCION (m2)	4.20
ALTURA (m)	10.50
METROS PERF.	314.15
Nº DE TALADROS	17 + 8 RIMADOS
VOLUMEN m3	44
TONELADAS ROTAS	141
F. DE CARGA	7.14
F. DE POTENCIA	2.23

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS	
ANFO KG	315
BOOSTER 1/3 LB	43.0
ANFO KG. TOTAL	315
KG./mtrs.	2.00
CARGA OPERANTE	19.0
CARGA OPERANTE MIN	18.0
CORDON DETONANTE	25

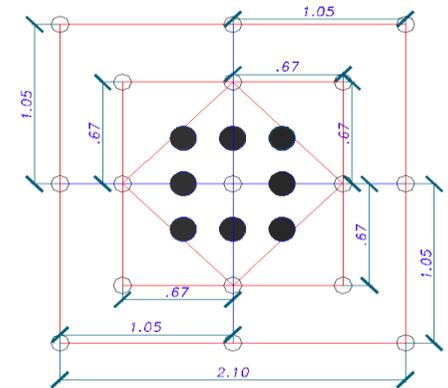


Tabla 13

Diseños de carguío para filas negativas en perforación del VCR

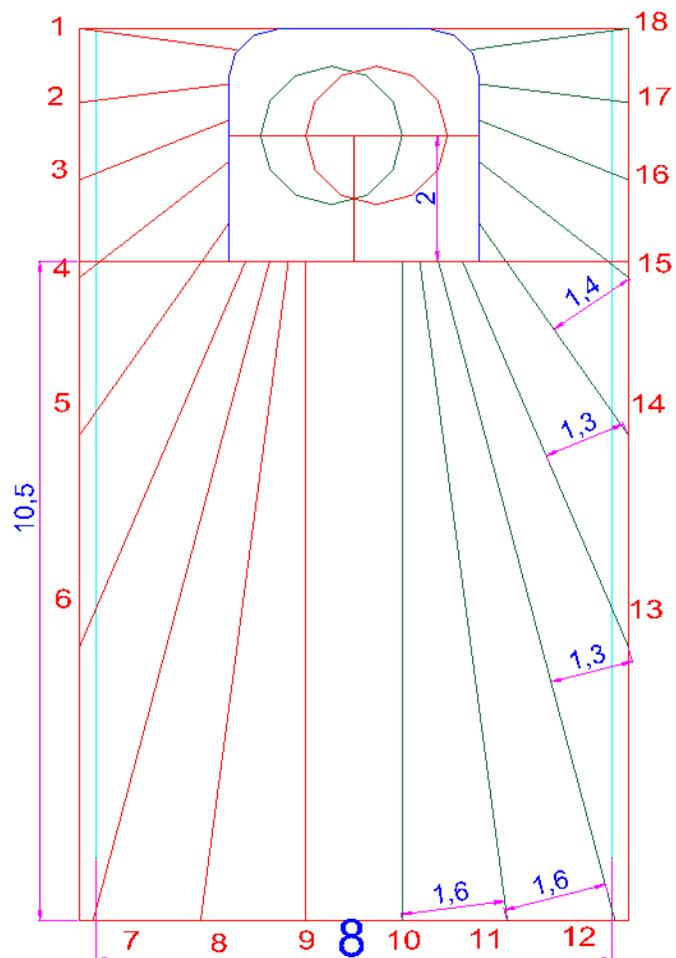
Nº DE TALADRO PERF	LONGIUTUD REAL DE CADA TALADRO	TACO BASE	TACO INTERMEDIO	TACO FINAL	LONGITU A CARGA	ANFO KG POR TAL.	ANFO KG POR SECUENCIA	BOOSTER 1/3 LB
1	10.50	0.50		0.50	9.50	19.0	6.3	3
2	10.50	0.50		0.50	9.50	19.0	6.3	3
3	10.50	0.50		0.50	9.50	19.0	6.3	3
4	10.50	0.50		0.50	9.50	19.0	6.3	3
5	10.50	0.50		0.50	9.50	19.0	6.3	3
6	10.50	0.50		0.50	9.50	19.0	6.3	3
7	10.50	0.50		0.50	9.50	19.0	6.3	3
8	10.50	0.50		0.50	9.50	19.0	6.3	3
9	10.50	0.50		0.50	9.50	19.0	6.3	3
10	10.50	0.50		1.00	9.00	18.0	9.0	2
11	10.50	0.50		1.00	9.00	18.0	9.0	2
12	10.50	0.50		1.00	9.00	18.0	9.0	2
13	10.50	0.50		1.00	9.00	18.0	9.0	2
14	10.50	0.50		1.00	9.00	18.0	9.0	2
15	10.50	0.50		1.00	9.00	18.0	9.0	2
16	10.50	0.50		1.00	9.00	18.0	9.0	2
17	10.50	0.50		1.00	9.00	18.0	9.0	2
TOTAL	179				158	315		43

VCR(-)

Nº TAL	LONGITUD	Nº BARRAS	ANGULO
1	10.5m.	7b + 0.00m.	90°
2	10.5m.	7b + 0.00m.	90°
3	10.5m.	7b + 0.00m.	90°
4	10.5m.	7b + 0.00m.	90°
5	10.5m.	7b + 0.00m.	90°
6	10.5m.	7b + 0.00m.	90°
7	10.5m.	7b + 0.00m.	90°
TOTAL =			

Esquema malla de perforación de VCR más la longitud de perforación.

Nota: Esquema de carguío por filas positivas del slot Tj 692S Nv 4172. Tomado de "El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción", por JRC Ingeniería y Construcción, 2016



N° TAL	LONGITUD	N° BARRAS	ANGULO
1	2.47m.	1b + 0.97m.	8°
2	2.32m.	1b + 0.82m.	7°
3	2.49m.	1b + 0.99m.	22°
4	2.94m.	1b + 1.44m.	39°
5	4.07m.	2b + 1.07m.	56°
6	6.64m.	4b + 0.64m.	67°
7	10.85m.	7b + 0.35m.	75°
8	10.59m.	7b + 0.09m.	83°
9	10.5m.	7b + 0m.	90°
10	10.5m.	7b + 0m.	90°
11	10.59m.	7b + 0.09m.	83°
12	10.85m.	7b + 0.35m.	75°
13	6.64m.	4b + 0.64m.	67°
14	4.07m.	2b + 1.07m.	56°
15	2.94m.	1b + 1.44m.	39°
16	2.49m.	1b + 0.99m.	22°
17	2.32m.	1b + 0.82m.	7°
18	2.47m.	1b + 0.97m.	8°
TOTAL =	105.72m.		

Figura 28. Plano Malla de perforación de las Fila negativas. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Tabla 14

Esquema de carguío por filas negativas del slot Tj 692S Nv 4172.

DATOS DE LABOR	
Nivel	4172
Block	8950
Labor	TJ 692S
VCR / Fila	Fila
Dirección Tal.	Negativo
Tipo de Perfo.	Abanico
N° Filas A Disparar	4
Detalle Fila	1-4
Ancho Galería (m)	4
Alto Galería (m)	4
TN /Galería	46.1

DATOS DE PERFORACIÓN	
Ancho Tajo (m)	8.0
Altura de Banco (m)	14.0
∅ de Perforación (mm)	64.0
Burden (m)	1.6
Espaciamiento (m)	1.5
Densidad (Ton/m3)	3.2
Metros Perf. por Fila (MP)	105.7
N° Taladros Por Fila (unid)	18.0
Toneladas Por Fila (Ton)	527
Toneladas Total A Disparar	2109.44

Densidad Carga Lineal ANFO	
Negativo 64mm (kg/ml)	2.50
Positivo 64mm (kg/ml)	2.90
Negativo 89mm (kg/ml)	5.10
Positivo 89mm (kg/ml)	5.91

Explosivo y Accesorios	
Total Anfo (Kg)	657.40
Total de Booster (Unid)	88.0
Factor Potencia (kg/Ton)	0.312
Carga Operante (Kg/Ret)	22.1

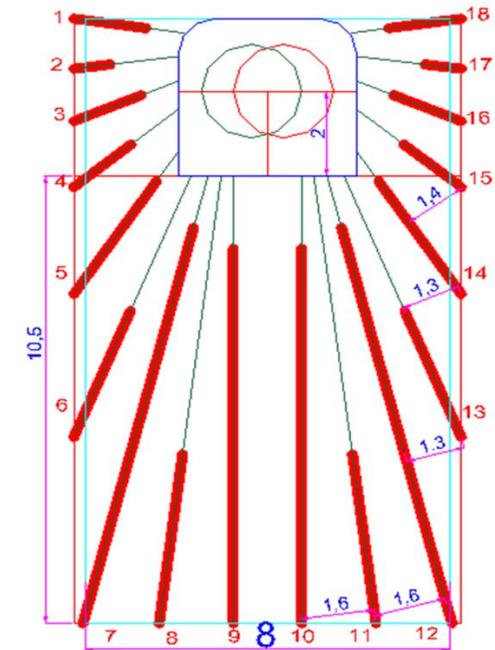


Tabla 15

Esquema de carguío para filas negativas en perforación del slot

N° Tal	Long. Tal. (m)	Taco (m)	Taco Intermedio (m)	Long. De Carga (m)	Anfo (kg)	Booster (unid)	Secuencia Salida (N° Retardo)							
							F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
1	2.47	0.9		1.57	3.9	1	9	10	11	12				
2	2.32	1.5		0.82	2.1	1	8	9	10	11				
3	2.49	0.9		1.59	4.0	1	7	8	9	10				
4	2.94	1.3		1.64	4.1	1	6	7	8	9				
5	4.07	0.9		3.17	7.9	1	5	6	7	8				
6	6.64	3.4		3.24	8.1	1	4	5	6	7				
7	10.85	1.5	0.5	8.85	22.1	2	3	4	5	6				
8	10.59	6.6	0.5	3.49	8.7	1	2	3	4	5				
9	10.50	1.5	0.5	8.50	21.3	2	1	2	3	4				
10	10.50	1.5	0.5	8.50	21.3	2	1	2	3	4				
11	10.59	6.6	0.5	3.49	8.7	1	2	3	4	5				
12	10.85	1.5	0.5	8.85	22.1	2	3	4	5	6				
13	6.64	3.4		3.24	8.1	1	4	5	6	7				
14	4.07	0.9		3.17	7.9	1	5	6	7	8				
15	2.94	1.3		1.64	4.1	1	6	7	8	9				
16	2.49	0.9		1.59	4.0	1	7	8	9	10				
17	2.32	1.5		0.82	2.1	1	8	9	10	11				
18	2.47	0.9		1.57	3.9	1	9	10	11	12				
Total	105.7	37.0		65.7	164.4	22.0								

Esquema malla de perforación por filas del slot más la longitud de perforación.

Nota: Esquema de carguío por filas negativas del slot Tj 692S Nv 4172. JK Simblast. Tomado de “Modelamiento de la malla de perforación para los tajos”, por el JK Simblast, 2017 [software].

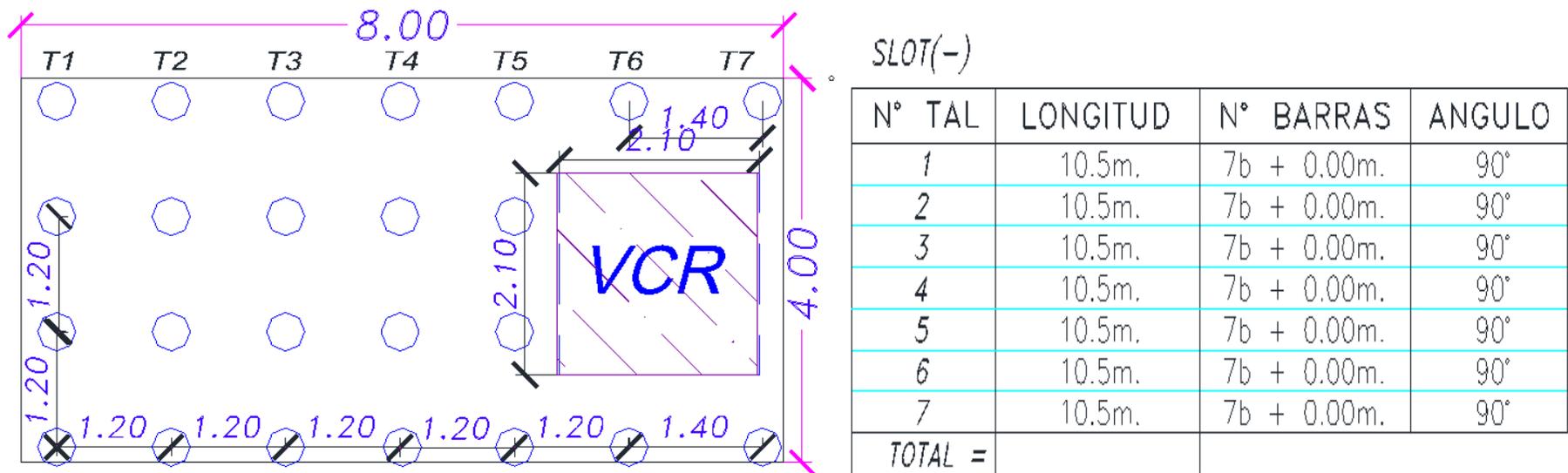


Figura 29. Plano de la Malla de perforación del slot negativo más longitud de perforación. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Una vez analizado el esquema de carguío de VCR negativo Tj 692S Nv 4172, el diseño de carguío para filas negativas en perforación del VCR, la malla de perforación de las filas negativas y la malla de perforación del *slot* negativo más longitud de perforación. Además, se realizó un cuadro de resumen de los taladros de perforación en abanico, VCR + *SLOT* Paralelo-Nv.4172 mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 16. Taladros de perforación en abanico, VCR + *SLOT* Paralelo-Nv.4172

PARÁMETROS DE PERFORACION DEL DISEÑO DE MALLA	
✓	Dirección de perforación negativo en abanico-paralelo
✓	Altura del tajo: 10.50 m.
✓	Sección del Tajo: 4.0 m.* 4.0m * 42 m.
✓	Sección VCR + <i>slot</i> : 8.0 m.* 4.0 m * 4.0 m.
✓	Diámetro de perforación: 64 mm
✓	Burden: 1.60 m.
✓	Espaciamiento: 1.50m.
✓	N. taladro * fila: 18
✓	N. Taladro VCR + <i>SLOT</i> : 30 + 37: 67
✓	Total de filas: 28 Filas.

NV. 4152 *Block* 8950 Tj. 692 s

En siguiente cuadro se muestra los parámetros de perforación diseñados para el tajo 692 s. Asimismo, en los siguientes cuadros se muestran, el esquema de carguío de VCR negativo Tj 692S Nv 4152, el diseño de carguío para filas negativas en perforación del VCR. Por último, se muestra la malla de perforación de las fila negativas y la malla de perforación del *slot* negativo más longitud de perforación. Todos estos resultados fueron analizados en forma in situ en las operaciones mina.

Tabla 17

Esquema de carguío de VCR Positivo TJ 692S Nv 4152.

DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA	
SECCION (m2)	4.20
ALTURA (m)	10.00
METROS PERF.	314.15
Nº DE TALADROS	17 + 8 RIMADOS
VOLUMEN m3	42
TONELADAS ROTAS	134
F. DE CARGA	10.88
F. DE POTENCIA	3.40

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS	
ANFO KG	457
BOOSTER 1/3 LB	51.0
ANFO KG. TOTAL	457
KG./mtrs.	2.90
CARGA OPERANTE	27.6
CARGA OPERANTE MIN	26.1
CORDON DETONANTE	25

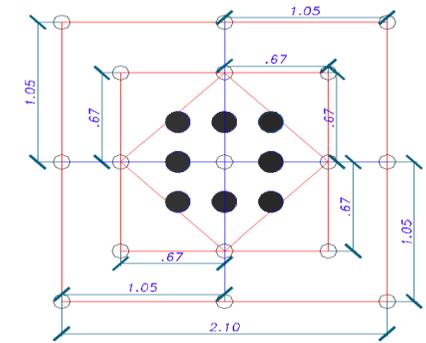


Tabla 18

Diseños de carguío para filas positivas en perforación del VCR

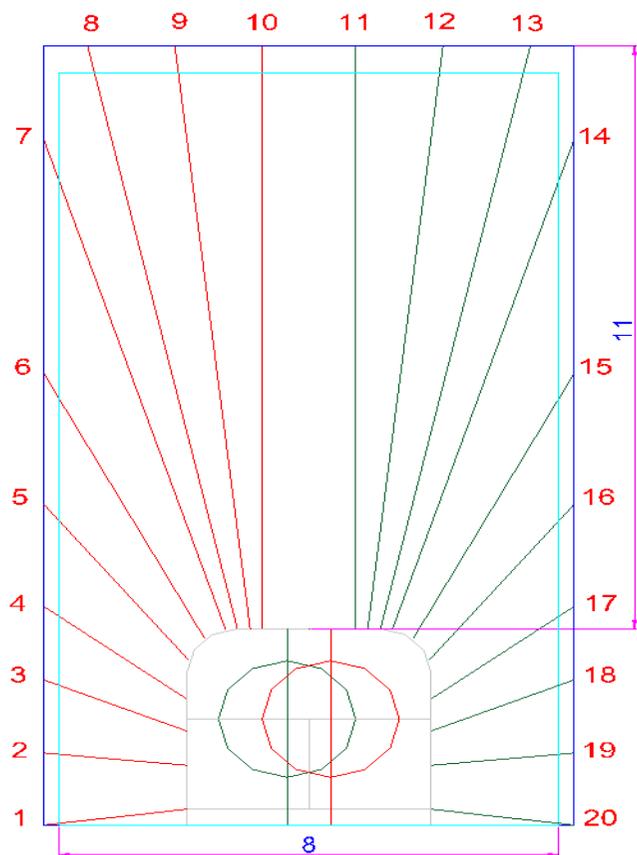
Nº DE TALADRO PERF	LONGUITUD REAL DE CADA TALADRO	TACO BASE	TACO INTERMEDIO	TACO FINAL	LONGITU A CARGA	ANFO KG POR TAL.	ANFO KG POR SECUENCIA	BOOSTER 1/3 LB
1	10.00			0.50	9.50	27.6	9.2	3
2	10.00			0.50	9.50	27.6	9.2	3
3	10.00			0.50	9.50	27.6	9.2	3
4	10.00			0.50	9.50	27.6	9.2	3
5	10.00			0.50	9.50	27.6	9.2	3
6	10.00			0.50	9.50	27.6	9.2	3
7	10.00			0.50	9.50	27.6	9.2	3
8	10.00			0.50	9.50	27.6	9.2	3
9	10.00			0.50	9.50	27.6	9.2	3
10	10.00			1.00	9.00	26.1	8.7	3
11	10.00			1.00	9.00	26.1	8.7	3
12	10.00			1.00	9.00	26.1	8.7	3
13	10.00			1.00	9.00	26.1	8.7	3
14	10.00			1.00	9.00	26.1	8.7	3
15	10.00			1.00	9.00	26.1	8.7	3
16	10.00			1.00	9.00	26.1	8.7	3
17	10.00			1.00	9.00	26.1	8.7	3
TOTAL	170				158	457		51

VCR(+)

Nº TAL	LONGITUD	Nº BARRAS	ANGULO
1	10m.	6b + 1.00m.	90°
2	10m.	6b + 1.00m.	90°
3	10m.	6b + 1.00m.	90°
4	10m.	6b + 1.00m.	90°
5	10m.	6b + 1.00m.	90°
6	10m.	6b + 1.00m.	90°
7	10m.	6b + 1.00m.	90°
TOTAL =			

Esquema malla de perforación de VCR más la longitud de perforación.

Nota: Esquema de carguío de VCR Positivo TJ 692S Nv 4152. Tomado de "El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción", por JRC Ingeniería y Construcción, 2016



N° TAL	LONGITUD	N° BARRAS	ANGULO
1	2.32m.	1b + 0.82m.	7°
2	2.31m.	1b + 0.81m.	6°
3	2.49m.	1b + 0.99m.	23°
4	2.89m.	1b + 1.39m.	37°
5	3.75m.	2b + 0.75m.	52°
6	5.63m.	3b + 1.13m.	63°
7	9.7m.	6b + 0.7m.	72°
8	11.26m.	7b + 0.76m.	78°
9	11.07m.	7b + 0.57m.	84°
10	11m.	7b + 0.5m.	90°
11	11m.	7b + 0.5m.	90°
12	11.07m.	7b + 0.57m.	84°
13	11.26m.	7b + 0.76m.	78°
14	9.7m.	6b + 0.7m.	72°
15	5.63m.	3b + 1.13m.	63°
16	3.75m.	2b + 0.75m.	52°
17	2.89m.	1b + 1.39m.	37°
18	2.49m.	1b + 0.99m.	23°
19	2.31m.	1b + 0.81m.	6°
20	2.32m.	1b + 0.82m.	7°
TOTAL =	124.86m.		

Figura 30. Plano Malla de perforación de las Fila Positivas. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Tabla 19

Esquema de Carguío por Filas positivas del slot Tj 692S Nv 4172.

DATOS DE LABOR	
Nivel	4152
Block	8950
Labor	TJ 692S
VCR / Fila	Fila
Dirección Tal.	Positivo
Tipo de Perfo.	Abanico
Nº Filas A Disparar	4
Detalle Fila	1-4
Ancho Galería (m)	4
Alto Galería (m)	4
TN /Galería	46.1

DATOS DE PERFORACIÓN	
Ancho Tajo (m)	8.0
Altura de Banco (m)	15.0
Ø de Perforación (mm)	64.0
Burden (m)	1.6
Espaciamiento (m)	1.5
Densidad (Ton/m3)	3.2
Metros Perf. por Fila (MP)	124.8
Nº Taladros Por Fila (unidad)	20.0
Toneladas Por Fila (Ton)	568
Toneladas Total A Disparar	2273.28

Densidad Carga Lineal ANFO			
Negativo 64mm (kg/ml)			2.50
Positivo 64mm (kg/ml)			2.90
Negativo 89mm (kg/ml)			5.10
Positivo 89mm (kg/ml)			5.91

Explosivo y Accesorios	
Total Anfo (Kg)	882.06
Total de Booster (Unid)	96.0
Factor Potencia (kg/Ton)	0.388
Carga Operante (Kg/Ret)	27.6

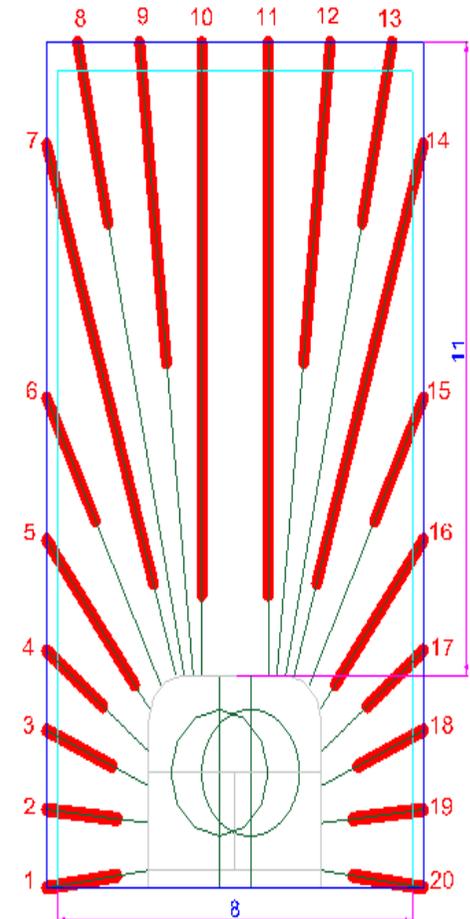


Tabla 20

Esquema de carguío para filas positivas en perforación del slot

Nº Tal	Long. Tal. (m)	Taco (m)	Long. De Carga (m)	Anfo (kg)	Booster (unidad)	Secuencia Salida (Nº Retardo)						
						F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	2.32	0.7	1.62	4.7	1	10	11	12	13			
2	2.31	0.7	1.61	4.7	1	9	10	11	12			
3	2.49	0.9	1.59	4.6	1	8	9	10	11			
4	2.89	1.5	1.39	4.0	1	7	8	9	10			
5	3.75	0.6	3.15	9.1	1	6	7	8	9			
6	5.63	3.2	2.43	7.0	1	5	6	7	8			
7	9.70	1.7	8.00	23.2	2	4	5	6	7			
8	11.26	8.1	3.16	9.2	1	3	4	5	6			
9	11.07	5.5	5.57	16.2	1	2	3	4	5			
10	11.00	1.5	9.50	27.6	2	1	2	3	4			
11	11.00	1.5	9.50	27.6	2	1	2	3	4			
12	11.07	5.5	5.57	16.2	1	2	3	4	5			
13	11.26	8.1	3.16	9.2	1	3	4	5	6			
14	9.70	1.7	8.00	23.2	2	4	5	6	7			
15	5.63	3.2	2.43	7.0	1	5	6	7	8			
16	3.75	0.6	3.15	9.1	1	6	7	8	9			
17	2.89	1.5	1.39	4.0	1	7	8	9	10			
18	2.49	0.9	1.59	4.6	1	8	9	10	11			
19	2.31	0.7	1.61	4.7	1	9	10	11	12			
20	2.32	0.7	1.62	4.7	1	10	11	12	13			
Total	124.8	48.8	76.0	220.5	24.0							

Nota: Esquema de Carguío por Filas positivas del slot Tj 692S Nv 4172. JK Simblast. Tomado de “Modelamiento de la malla de perforación para los tajos”, por el JK Simblast, 2017 [software].

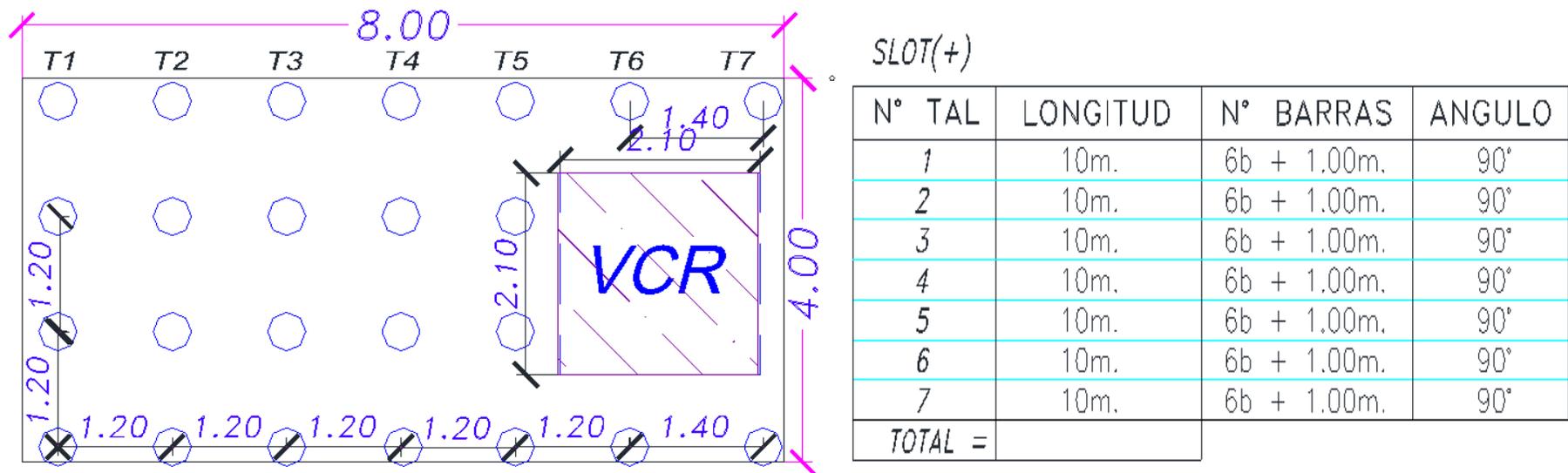


Figura 31. Plano de la Malla de perforación del slot positivo más longitud de perforación. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016

Se analizó el esquema de carguío de VCR negativo Tj 692S Nv 4152, el diseño de carguío para filas negativas en perforación del VCR, la malla de perforación de las filas negativas y la malla de perforación del *slot* negativo más longitud de perforación. En la siguiente tabla se realizó un resumen de los Taladros de perforación en abanico, VCR + *SLOT* Paralelo-Nv.4152 mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 21

Taladros de perforación en abanico, VCR + SLOT Paralelo-Nv.4152

Parámetros de perforación del diseño de malla
✓ Dirección de perforación Positivo en abanico – paralelo
✓ Altura del Tajo: 10 m.
✓ Sección del Tajo: 4.0 m.* 4.0m * 58 m.
✓ Sección VCR + <i>slot</i> : 8.0 m.* 4.0 m * 4.0 m.
✓ Diámetro de perforación: 64 mm
✓ Burden: 1.60 m.
✓ Espaciamiento: 1.50m.
✓ N. taladro * fila: 20
✓ N. Taladro VCR + <i>SLOT</i> : 30 + 37: 67
✓ Total, de Filas: 36 Filas.

3. Análisis de la perforación con la broca de 89 mm para taladros de perforación en abanico, VCR + *SLOT* Paralelo-Nv .4172

El número de filas perforadas en negativo con brocas 89 mm es de 14 filas y el número de taladros por fila con broca de 64 mm es 18 y la diferencia de perforación es de 4 taladros por fila.

El número total de filas perforadas en negativo con broca de 89mm es de 21 filas y el total de filas con broca de 89 mm es 21 filas y con brocas 64 mm es de 28 filas y la diferencia de perforación es de 7 fila. Además, se redujo 126 taladros, optimizando con la nueva malla de perforación con broca de 89 mm

Asimismo, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 77.24 metros perforados, como total se tiene 539 metros perforados en términos económicos se tiene una optimización de costos por metro perforado tenemos 646.8 UD\$/mp,

La perforación con brocas de 89 mm es mayor, el desgaste de la broca por mayor diámetro y de aceros de barrenos, consumo de agua y aire y energía de 440 vol.

Del cuadro se muestran los siguientes datos:

- La malla de perforación. Se realizará la perforación con brocas de 89mm
- Barra de 1.5 m.
- Simba S7D

4. Análisis de la perforación con la broca de 89 mm taladros de perforación en abanico, VCR + SLOT Paralelo - Nv.4152

El número de filas perforadas en positivo con brocas 89 mm es de 16 filas y el número de taladros por fila con broca de 64 mm es 20 y la diferencia de perforación es de 4 taladros por fila.

Además, el número total de filas perforadas en positivo con broca de 89mm es de 21 filas y el total de filas con broca de 89 mm es 29 filas y con brocas 64 mm es de 36 filas y la diferencia de perforación es de 7 fila.

También, se redujo 140 taladros, optimizando con la nueva malla de perforación con broca de 89 mm

Por tanto, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 100.27 metros perforados, como total se tiene 700.27 metros perforados en términos económicos se tiene una Optimización de costos por metro perforado tenemos 840.32 UD\$/mp,

En la voladura se tiene lo siguiente:

- El factor de carga de explosivo Es De 2.44 kg de anfo / M3
- Factor de potencia De 0.67 kg anfo / toneladas rotas.

Tabla 22

Metros perforados programados para el cumplimiento del mes en este caso en función de la simba N. 23

Simba 23 de 64 mm						
	MENSUAL			Semana 4		
Equipo	Plan	Real	%	Plan	Real	%
Simba10	10,660	4,519	42%	2,487	2,950	119%
Simba18	10,660	2,220	21%	2,487	1,382	56%
Simba20	10,660	5,726	54%	2,487	2,528	102%
Simba21	5,720	3,471	61%	2,487	2,874	116%
Simba22		2,388	0%	1,335		0%
Simba23	8,800	7,594	86%	2,487	4,225	170%
Simba25	10,660	8,757	82%	2,487	4,004	161%
Total	48,360	34,675	72%	16,257	17,963	110%
Días Programados		31				
Días Ejecutados		23				
Programa a la Fecha (MP)		35,880				
Cumplimiento a la Fecha		97%				
Proyección de Cierre (MP)		46,736				

Nota: Perforados programados para el cumplimiento del mes en este caso en función de la simba N. 23. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016.

En el siguiente cuadro se encuentra los datos recopilados y tomados día a día, de los metros perforados por equipos y las ratios de perforación.

Tabla 23

Datos recopilados y tomados en cuenta día a día, los metros perforados por equipo simba N. 23, toneladas rotas acumulativas, ratio de perforación

Clases	Labor	Block	Pie	Cabeza	Pasan./ realce	Dirección de Perforación	Tipo de Malla	N. Fila	A. Corte	Ancho Tajo	Cantidad de Taladro	Total de Metros	Toneladas	Ratio perforación
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Paralelo	slot	10	8	67	670	1024	1.53
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	1	10	8	20	124.86	395	3.17
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	2	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	3	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	4	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	5	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	6	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	7	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	8	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	9	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	10	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	11	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	12	10	8	20	124.86	483	3.87

Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	13	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	14	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	15	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	16	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	17	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	18	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	19	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	20	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	21	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	22	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	23	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	24	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	25	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	26	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	27	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	28	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	29	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	30	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	31	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	32	10	8	20	124.86	483	3.87

Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	33	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	34	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	35	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4152	-	Realce	Positivo	Abanico	36	10	8	20	124.86	483	3.87
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Paralelo	slot	10.5	8	67	670	1280	1.91
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	1	10.5	8	18	105.72	315	2.98
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	2	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	3	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	4	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	5	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	6	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	7	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	8	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	9	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	10	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	11	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	12	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	13	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	14	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	15	10.5	8	18	105.72	504	4.77

Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	16	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	17	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	18	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	19	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	20	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	21	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	22	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	23	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	24	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	25	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	26	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	27	10.5	8	18	105.72	504	4.77
Prog	TJ692S	8950	4172	-	Realce	negativo	Abanico	28	10.5	8	18	105.72	504	4.77

Nota: Datos recopilados y tomados en cuenta día a día, los metros perforados por equipo simba N. 23, toneladas rotas acumulativas, ratio de perforación. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción, 2016.

4.1.4 Análisis de los metros perforados del tajo 692 s *block* 8950 NV 4172-4152

Se analiza el resumen de metros perforados a lograr en la semana.

En la siguiente se muestra el resumen metros perforados de la semana.

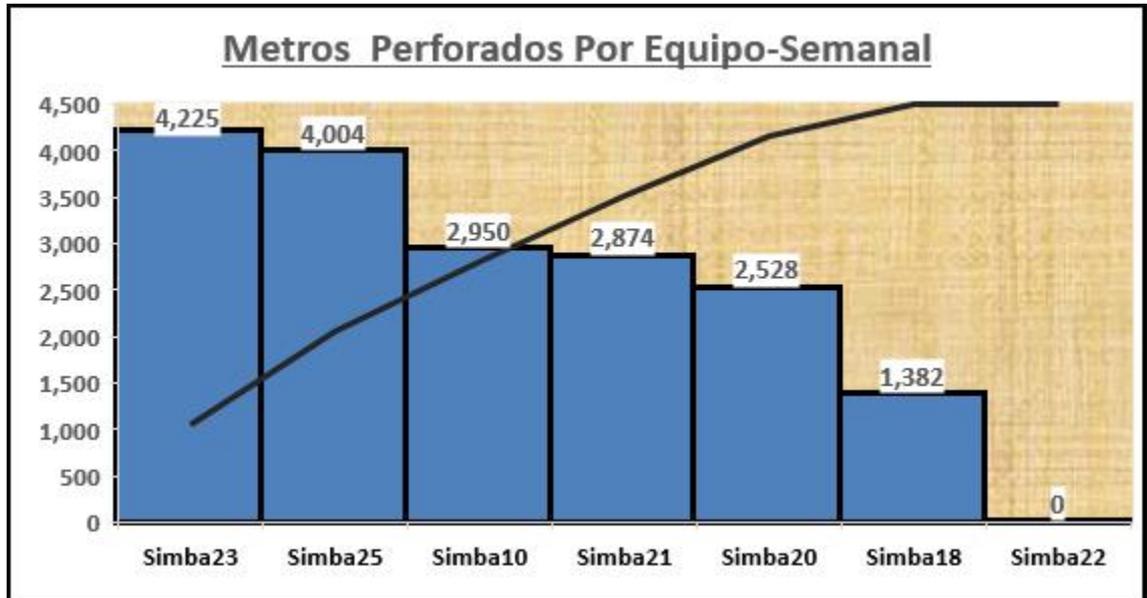


Figura 32. Simba N. 23-Perforación semanal 4: 4225 m.

Interpretación. En el Simba N. 23 con broca de 64 mm, se observa en el gráfico con una nueva malla de perforación los metros perforados de 4225 m de la semana con una optimización en perforación favorable para el cliente, esto se da por las condiciones favorables del equipo sin demoras y/o seguimiento de mantenimiento mecánico para la solución de las fallas mecánicas que pueda presentar.

En la semana se concluyó satisfactoriamente con la perforación paralela y en abanico del Nv. 4152 *Block* 8950. Tj 692 s. Además, se analiza el resumen de metros perforados a lograr en la semana.

En la siguiente se muestra el resumen metros perforados de la semana.

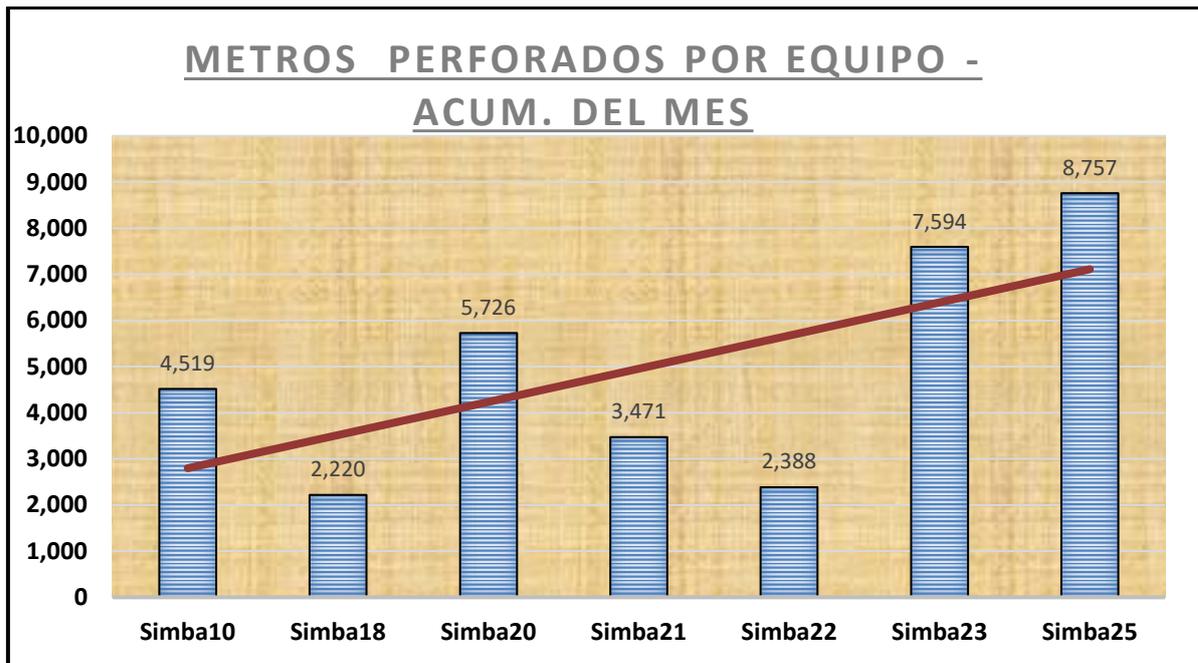


Figura 33. Simba N. 23 – Perforación mensual 7594 m.

Interpretación. El Simba 23 con Broca de 64 mm, Metros perforados al mes realiza acumulativo 7,594 m que llega al porcentaje 90 %; al programa óptimo, y que solo le falta 1 201.16 m esto se debe a la continuidad del equipo, seguimiento a mantenimiento correctivo para el equipo Simba y dando todas las condiciones óptimas a la labor, llegando así un performance.

- En la segunda semana del mes se concluyó favorablemente con la perforación paralela y en abanico del Nv. 4172 *Block* 8950. Tj 692 s.
- Da lugar a la rotura del tajo programa en el mes.

En la tabla siguiente se muestra el cumplimiento de los metros perforados del simba N. 23.

Tabla 24

Cumplimiento de la simba N. 23

Suma de toneladas				Situación			
Nivel	Block	Labor	Dir. Perf.	Perforado	Falta Perforar		
4012	9022	TJ1630N	negativo	0			
			Positivo	0			
		TJ1658N	negativo	13,027	1,079		
			Positivo	16,180	2,555		
		TJ1686N	negativo	10,218	717		
			Positivo		16,625		
		TJ1574S	negativo	6,887			
			Positivo	8,713			
		TJ1700N	Positivo		7,127		
		TJ1714N	Positivo		7,127		
		TJ1728N	Positivo		7,127		
		4032	9022	TJ1616S	Positivo	4,433	
		4052	9102	TJ1280S	Positivo	7,538	
		4072	8950	TJ762S	negativo		13,324
	Positivo			17,238			
TJ602S	negativo			2,257			
	Positivo			1,873			
TJ582N	Positivo			15,501			
TJ722S	negativo			11,234			
	Positivo			14,757			
TJ602N	negativo			11,279			
	Positivo			9,890			
4152 – 4172	8950	TJ692S	negativo	3630.16			

Simba N. 23		Positivo	5165.00		
		TJ720S	negativo	14,561	1,024
			Positivo	14,994	1,075
		TJ608N	negativo	12,134	6,181
			Positivo	17,231	
		TJ580N	negativo		18,589
			Positivo	18,680	
		TJ720N	Positivo	7,468	17,130
	8962	TJ788N	negativo	14,280	
			Positivo	21,625	
		TJ806N	negativo	5,102	
			Positivo	8,897	
		TJ824N	negativo	5,311	
			Positivo	2,338	
		TJ842N	negativo	354	
			Positivo	2,107	
	8868	TJ752N	Positivo	16,205	
4172	8950	TJ636N	negativo	11,225	
		TJ752N	negativo	21,987	
4200	50	TJ976N	negativo		5,501
			Positivo		8,173
	150	TJ976N	negativo	4,584	538
			Positivo	8,392	
		TJ976S	negativo		5,501
			Positivo		8,173
	350	TJ944N	negativo	0	0
			Positivo		0
		TJ960N	negativo	0	0
			Positivo		0
	450	TJ944N	negativo	0	0
			Positivo		0

		TJ960S	negativo	0	0
			Positivo		0
	250	TJ976S	negativo	4,584	538
			Positivo	8,392	
	9925	TJ1093N	Positivo	28,064	
	9995	TJ1053S	Positivo	367	
	383	TJ1039N	negativo	7,318	
			Positivo	9,633	
		TJ1023N	negativo	12,325	717
			Positivo	16,012	
		TJ1007N	negativo	14,618	717
			Positivo	20,808	
4220	150	TJ944S	Positivo		11,315
	350	TJ944N-DF	negativo	9,093	
Total general				505,009	140,853

Del cuadro se concluye lo siguiente:

- Tonelada perforadas total 505,009 m
- Toneladas perforadas observadas 27,787 m
- Tonelada perforada en proceso de culminar el tajo 273,440 m
- Tonelada perforada rotura inmediata a la fecha 203,782 m

En la siguiente tabla se observa los resultados obtenidos de perforación.

Tabla 25

Resultados obtenidos de perforación, tonelada, equipo simba N. 23

	NV. 4172 Block 8950 Tajo. 692 s	NV. 4152 Block 8950 Tajo. 692 s
Dirección de perforación	Negativo	Positivo
Metros * fila	105.72 m.	124.86 m.
Metros VCR + <i>SLOT</i>	670 m.	670 m.
Metros totales del Tajo	3 630.16 m	5 165.00 m
METROS TOTAL	8 795.16 m	
Tonelaje por sección	504 ton.	483 ton.
Tonelaje VCR + <i>slot</i>	1 280 ton.	1 024 ton.
Tonelaje del Tajo	15 202 ton.	18 341 ton.
TOTAL, TON. Tajo	33 543 ton.	
Total de Filas	28 filas	36 filas
Ratio de perforación	3.87 toneladas / Tot. metros	4.77 toneladas / Tot. metros

Año Programado: 2018

Ratio de perforación: tonelada / total metros.

En el siguiente cuadro se muestra el ratio de perforación.

Tabla 26

Evaluación de costos operativos

COSTO TOTAL U\$\$/TON (4.78)	NV. 4172 Block 8950 Tajo. 692 s	NV. 4152 Block 8950 Tajo. 692 s
tonelaje VCR + slot	5 606.4 U\$\$	4 894.72 U\$\$
tonelaje del Tajo	72 665.56 U\$\$	87 669.98 U\$\$
Total, tonelaje del Tajo	160 335.54 U\$\$ / toneladas	
COSTO TOTAL U\$\$/ML (431.59)		
Perforación Total del Tajo	1 566 740.75 U\$\$	2 229 162.35 U\$\$
Total, Metros Perforados Tajo	3 795 903.1 U\$\$/ ML	

4.1.4.1 INCLUYE LA PERFORACIÓN + VOLADURA (EQUIPO, MATERIALES, PERSONAL) + LIMPIEZA DEL MINERAL.

Tabla 27

Metros perforados de equipo simba N. 23, forma general el mes.

	Mes-Flota	Día-Flota	Día-Equipo 30 Días	Día-Equipo 26 días
Metros 64	47,970	10,660	410	355
Metros 89	5,720	5,720	220	191
Total, Metros	53,690	16,380	630	546

4.1.4.2 VOLADURA DEL TAJO 692 S Block 8950. Nv. 4172 - 4152

- Tercera y cuarta semana de marzo 2018
- Guardia día y noche
- Tipo de malla 64mm

Lograr una voladura eficiente, con la sección diseñada, evitando sobre rotura y debilitamiento del tajeo y sin la ocurrencia de incidentes, controlando la carga operante, la vibración y el banqueo excesivo.

1. Evaluación de costos de anfo, cartuchos: los valoriza la Sociedad Minera-El Brocal

A. Diseños de carguío para VCR Y *SLOT* negativo

En la siguiente tabla se muestra el esquema y diseño de carguío para VCR y *slot* negativo.

Tabla 28

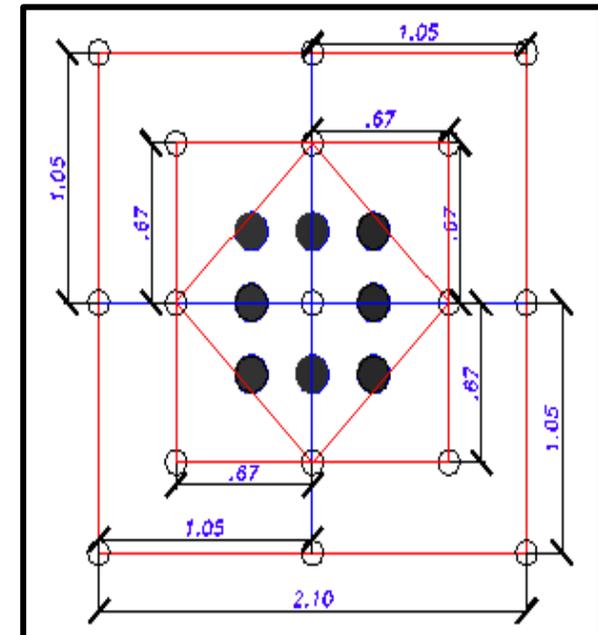
Esquema de carguío VCR negativo TJ 692 nivel 4172

ESQUEMA DE CARGUIO VCR NEGATIVO TJ 692 NIVEL 4172			
DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA		EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS	
SECCION (m2)	4.20	ANFO KG	516
ALTURA (m)	10.00	BOOSTER 1/3 LB	66.0
METROS PERF.	180.00	KG. TOTAL	516
Nº DE TALADROS	17 + 8 RIMADOS	KG./mtrs.	2.90
VOLUMEN m3	42	CARGA OPERANTE	9.3
TONELADAS ROTAS	134	CARGA OPERANTE MINA	7.0
F. DE CARGA	12.29	CARMEX	2
F. DE POTENCIA	3.84	PENTACORD	25

Tabla 29

Esquema y diseños de carguío para VCR y slot negativo

Nº DE TALADRO PERF	LONGUITUD REAL DE CADA TALADRO	TACO BASE	TACO INTERMEDIO	TACO FINAL	LONGITU A CARGA	ANFO KG POR TAL.	ANFO KG POR SECUENCIA	BOOSTE R 1/3 LB
1	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
2	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
3	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
4	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
5	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
6	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
7	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
8	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
9	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
10	10.00			1.00	9.00	27.9	7.0	4
11	10.00			1.00	9.00	27.9	7.0	4
12	10.00			1.00	9.00	27.9	7.0	4
13	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
14	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
15	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
16	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
17	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
18	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
	180				167	516		66



Esquema y diseños de carguío para VCR Y Slot Negativo

Nota: Esquema de Carguío por Filas positivas del slot Tj 692S Nv 4172. JK Simblast. Tomado de “Modelamiento de la malla de perforación para los tajos”, por el JK Simblast, 2017 [software].

SECCIÓN DE VCR 2.1*2.1

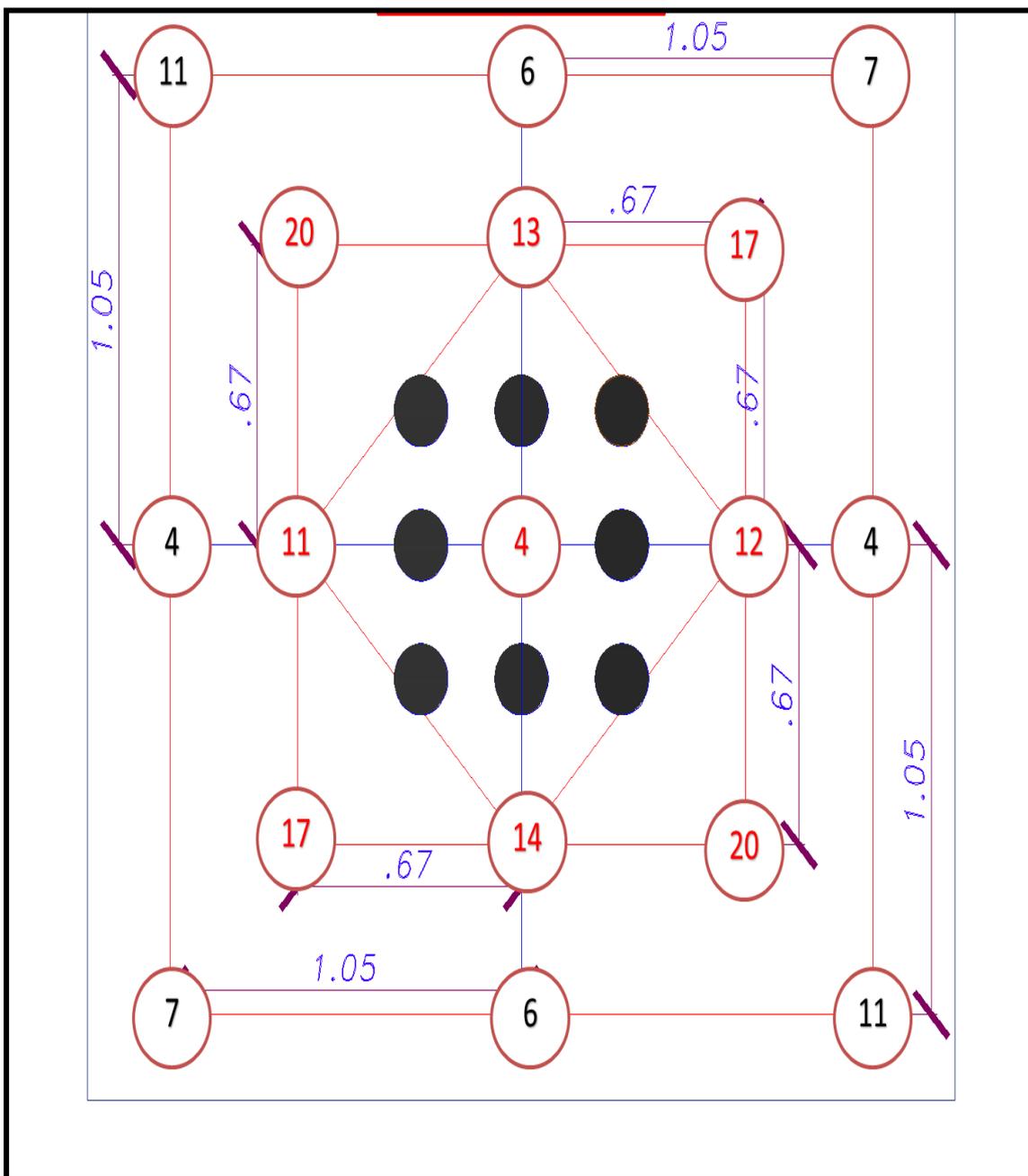


Figura 34. Plano de Secuencia de iniciación de VCR

B. El diseño de perforación de malla mixta

Tabla 30

Esquema de carguío TJ 682 Paralelo slot-NV 4152 - 4172

ESQUEMA DE CARGUIO TJ 692 PARALELO SLOT - NV 4152 - 4172			
DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA		EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS	
ANCHO (m)	8.00	ANFO KG/SECCION	661
ALTURA DE BANCO (m)	10.50	BOOSTER 1/3 LB /SECCION	72.0
BURDEN	4.00	KG. TOTAL ANFO	661
ESPACIAMIENTO	1.20	TOTAL BOOSTER	72
METROS PERF. POR FILA	252.0	KG./mtrs.	2.90
Nº DE TALADROS POR SLOT	24.00	CARGA OPERANTE	27.6
VOLUMEN TOTAL POR SLOT	336.00	CARMEX	2
VOLUMEN TOTAL / DISPARO	336.00	FILAS A DISPARAR	1
TONELADAS TOTAL / DISPARO	1075.20	PENTACORD	25
TON/ METRO	4.27		
F. DE CARGA	1.97		
F. DE POTENCIA	0.61		

Tabla 31

Esquema de slot / Sección 4*8 positivo / negativo

	Nº DE TALADRO PERF	LONGIUTUD REAL DE CADA TALADRO	TACO BASE	LONGITU A CARGA	TACO FINAL	ANFO EN KG POR SEC.	TOTAL KG/TAL	BOOSTE R 1/3 LB
FILA 1	1	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	2	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	3	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	4	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
FILA 2	1	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	2	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	3	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	4	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
FILA 3	1	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	2	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	3	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	4	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
FILA 4	1	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	2	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	3	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	4	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
FILA 5	1	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	2	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	3	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	4	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
CONTORNO	1	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	2	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	3	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	4	10.50		9.50	1.00	9.2	27.6	3
	TOTAL	252			24.00	661.20	661.20	72

Nota. Tomado de "Esquema de slot / Sección 4*8 positivo / negativo", por el JK Simblast, 2017 [software].

En la figura se muestra la Sección de SLOT 4 X 8

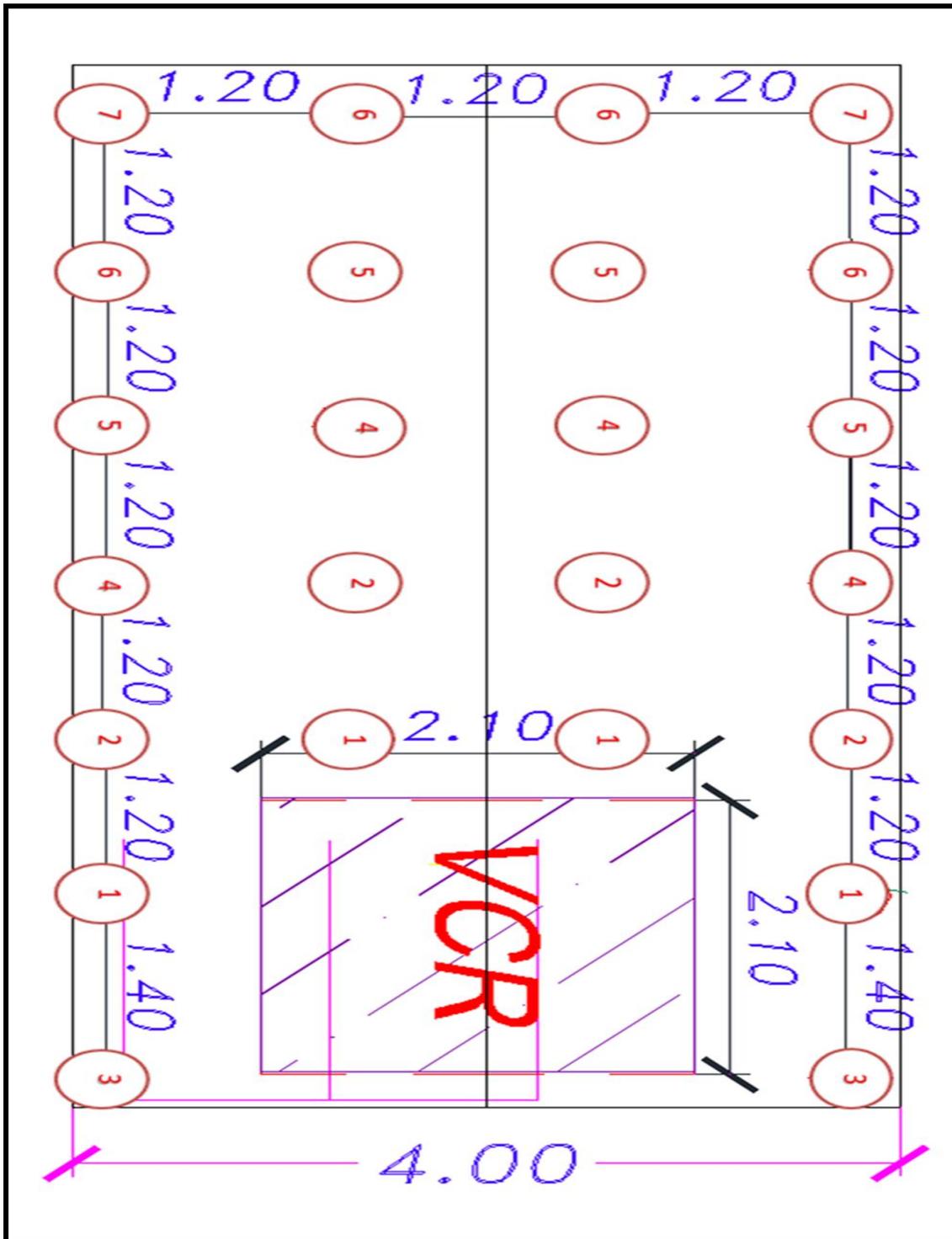


Figura 35. Plano de la Secuencia de iniciación de SLOT de 4 X 8.

Interpretación. El diseño de perforación de malla mixta ayuda a minimizar los bancos considerando el factor de potencia mínimo a usar de acuerdo al diseño.

Se realizará una única malla perforación en negativo de VCR Y *SLOT*. Para la nueva malla y la anterior. Con la finalidad de control el disparo del VCR y *slot* y crea inconvenientes de soplado o anillado.

- Para la nueva malla de perforación. Se realizará la perforación con brocas de 64mm
- Barra de 1.5 m.
- Simba S7D

Análisis del VCR negativo

- El Factor De Carga De Explosivo Es De 12.29 kg De anfo / M3
- Factor De Potencia De 3.84 kg anfo / toneladas Rotas.

C. Diseños de carguío para VCR Y *SLOT* positivo

Tabla 32

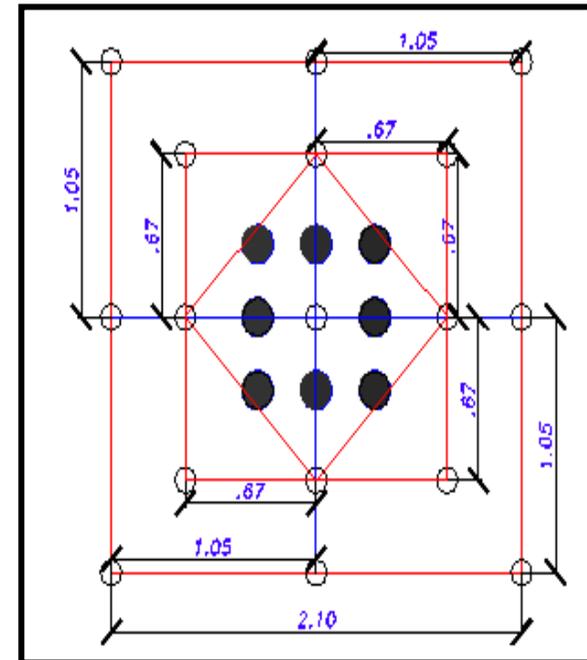
Esquema de carguío vcr positivo TJ 692 Nivel 4172

ESQUEMA DE CARGUIO VCR POSITIVO TJ 692 NIVEL 4172			
DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA		EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS	
SECCION (m2)	4.20	ANFO KG	572
ALTURA (m)	10.00	BOOSTER 1/3 LB	72.0
METROS PERF.	200.00	KG. TOTAL	572
Nº DE TALADROS	17 + 8 RIMADOS	KG. /mtrs.	3.20
VOLUMEN m3	42	CARGA OPERANTE	9.3
TONELADAS ROTAS	134	CARGA OPERANTE MINA	7.0
F. DE CARGA	13.62	CARMEX	2
F. DE POTENCIA	4.26	PENTACORD	25

Tabla 33

Esquema y diseños de carguío para VCR y slot positivo

Nº DE TALADRO PERF	LONGIUTUD REAL DE CADA TALADRO	TACO BASE	TACO INTERMEDIO	TACO FINAL	LONGITU A CARGA	ANFO KG POR TAL.	ANFO KG POR SECUENCIA	BOOSTER 1/3 LB
1	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
2	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
3	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
4	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
5	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
6	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
7	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
8	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
9	10.00			0.50	9.50	29.5	7.4	4
10	10.00			1.00	9.00	27.9	7.0	4
11	10.00			1.00	9.00	27.9	7.0	4
12	10.00			1.00	9.00	27.9	7.0	4
13	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
14	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
15	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
16	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
17	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
18	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
19	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
20	10.00			1.00	9.00	27.9	9.3	3
	200				185	572		72



Esquema y Diseños De Carguío Para VCR Y Slot Positivo

Nota. Tomado de "Modelamiento de la malla de perforación para los tajos", por el JK Simblast, 2017 [software]

Interpretación. Se realizará una única malla perforación en positivo de VCR y *slot*. Para la nueva malla de perforación. Se realizará la perforación con brocas de 64mm

- Barra de 1.5 m.
- Simba S7D

Análisis para el VCR positivo

- El Factor De Carga De Explosivo Es De 13.62 kg de anfo / M3
- Factor De Potencia De 4.26 kg anfo / toneladas rotas.

Análisis para el *slot* negativo/ positivo

- El factor de carga de explosivo es de 1.97 A 2.17 kg de anfo / M3 negativo y positivo
- Factor de potencia de 0.61 A 0.68 kg anfo / toneladas rotas negativo y positivo

Tabla 34

Esquema de carguío TJ 692 N radial negativo-NV 4172

ESQUEMA DE CARGUIO TJ 692 N RADIAL NEGATIVO - NV 4172				
DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA		EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS		
ANCHO (m)	8.00	ANFO KG/SECCION	225	9
ALTURA DE BANCO (m)	10.00	BOOSTER 1/3 LB /SECCION	26.0	
BURDEN	2.00	KG. TOTAL ANFO	950	38
ESPACIAMIENTO	1.50	TOTAL BOOSTER	104	
METROS PERF. POR FILA	115.78	KG./mtrs.	2.50	
Nº DE TALADROS POR FILA	22.00	CARGA OPERANTE	4.6	
VOLUMEN TOTAL POR FILA	160.00	CARMEX	2	
VOLUMEN TOTAL / DISPARO	640.00	NUMERO DE FILAS DISPARAR	4	
TONELADAS ROTAS FILA	588.00	PENTACORD	40	
TONELAJE TOTAL / DISPARO	9408.00			
TON./METRO	5.08			
F. DE CARGA	1.48			
F. DE POTENCIA	0.10			

Tabla 35

Esquema y diseños de carguío para filas negativas en perforación radial o abanico

Nº DE TALADRO PERF	LONGITUD REAL DE CADA TALADRO	TACO BASE	TACO INTERMEDIO	LONGITU A CARGA	TACO FINAL	ANFO EN KG POR SEC.		BOOSTER 1/3 LB		1° cebo	2° cebo	3° cebo	
										SECUENCIA SALIDA	SECUENCIA SALIDA	SECUENCIA SALIDA	
1	2.47		0.00	1.24	1.24	3.1	3.1	1		10	12	14	
2	2.31		0.00	1.50	0.81	3.8	3.8	1		9	11	13	
3	2.74		0.00	2.47	0.27	6.2	6.2	1		8	10	12	
4	4.71		0.00	3.06	1.65	3.8	7.7	2		7	9	11	
5	9.10		0.00	5.92	3.19	7.4	14.8	2		6	8	10	
6	9.25		0.00	6.01	3.24	7.5	15.0	2		5	7	9	
7	9.03		0.00	8.13	0.90	10.2	20.3	2		4	6	8	
8	9.03		0.00	8.13	0.90	10.2	20.3	2		3	5	7	
9	9.25		0.00	6.01	3.24	7.5	15.0	2		2	4	6	
10	9.25		0.00	6.01	3.24	7.5	15.0	2		1	3	5	
11	9.03		0.00	5.87	3.16	7.3	14.7	2		2	4	6	
12	9.03		0.00	8.13	0.90	20.3	20.3	1		3	5	7	
13	9.25		0.00	6.01	3.24	15.0	15.0	1		4	6	8	
14	9.10		0.00	4.55	4.55	11.4	11.4	1		5	7	9	
15	4.71		0.00	3.06	1.65	7.7	7.7	1		7	8	10	
16	2.74		0.00	1.37	1.37	3.4	3.4	1		8	9	11	
17	2.31		0.00	1.50	0.81	3.8	3.8	1		9	10	12	
18	2.47		0.00	1.24	1.24	3.1	3.1	1		10	11	14	
TOTAL	115.78				35.58	139.07	225.00	26					

Interpretación. Para la nueva malla de perforación. Se realizará la perforación con brocas de 64mm

- Barra de 1.5 m.
- Simba S7D

Se realizará el disparo cuatro filas por guardia para el control de la ventilación y la seguridad de los pilares y estabilidad del tajo.

- El factor de carga de explosivo es De 1.48 kg de anfo / M3
- Factor de potencia De 0.10 kg anfo / toneladas Rotas.

Tabla 36

Esquema de carguío TJ 692 N radial positivo-NV 4172

ESQUEMA DE CARGUIO TJ 692 N RADIAL POSITIVO - NV 4172				
DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA		EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS		
ANCHO (m)	8.00	ANFO KG/SECCION	225	9
ALTURA DE BANCO (m)	10.00	BOOSTER 1/3 LB /SECCION	28.0	
BURDEN	2.00	KG. TOTAL ANFO	950	38
ESPACIAMIENTO	1.50	TOTAL BOOSTER	112	
METROS PERF. POR FILA	122.84	KG./mtrs.	2.50	
Nº DE TALADROS POR FILA	22.00	CARGA OPERANTE	4.6	
VOLUMEN TOTAL POR FILA	160.00	CARMEX	2	
VOLUMEN TOTAL / DISPARO	640.00	NUMERO DE FILAS DISPARAR	4	
TONELADAS ROTAS FILA	588.00	PENTACORD	40	
TONELAJE TOTAL / DISPARO	9408.00			
TON/METRO	4.79			
F. DE CARGA	1.48			
F. DE POTENCIA	0.10			

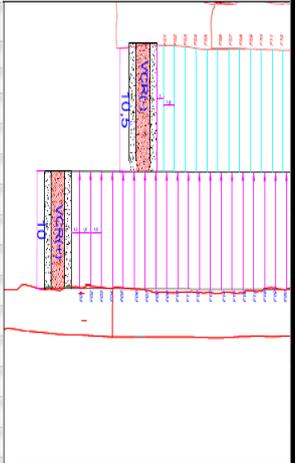


Tabla 37

Esquema y diseños de carguío para filas positivas en perforación radial o abanico

Nº DE TALADRO PERF	LONGIUTUD REAL DE CADA TALADRO	TACO BASE	TACO INTERMEDIO	LONGITU A CARGA	TACO FINAL	ANFO EN KG POR SEC.	BOOSTER 1/3 LB	1° cebo	2° cebo	3° cebo		
								SECUENCIA SALIDA	SECUENCIA SALIDA	SECUENCIA SALIDA		
1	2.25		0.00	1.13	1.13	2.8	2.8	1	10	12	14	
2	2.15		0.00	1.40	0.75	3.5	3.5	1	9	11	13	
3	2.03		0.00	1.83	0.20	4.6	4.6	1	8	10	12	
4	4.50		0.00	2.93	1.58	3.7	7.3	2	7	9	11	
5	3.50		0.00	2.28	1.23	2.8	5.7	2	6	8	10	
6	5.81		0.00	3.78	2.03	4.7	9.4	2	5	7	9	
7	8.73		0.00	7.86	0.87	9.8	19.6	2	4	6	8	
8	11.35		0.00	10.22	1.14	12.8	25.5	2	3	5	7	
9	11.10		0.00	7.22	3.89	9.0	18.0	2	2	4	6	
10	11.00		0.00	7.15	3.85	8.9	17.9	2	1	3	5	
11	11.00		0.00	7.15	3.85	8.9	17.9	2	2	4	6	
12	11.10		0.00	9.99	1.11	25.0	25.0	1	3	5	7	
13	11.35		0.00	7.38	3.97	18.4	18.4	1	4	6	8	
14	8.83		0.00	4.42	4.42	11.0	11.0	1	5	7	9	
15	5.71		0.00	3.71	2.00	9.3	9.3	1	7	8	10	
16	3.50		0.00	1.75	1.75	4.4	4.4	1	8	9	11	
17	2.50		0.00	1.63	0.88	4.1	4.1	1	9	10	12	
18	2.03		0.00	1.02	1.02	2.5	2.5	1	10	11	14	
19	2.15		0.00	1.40	0.75	3.5	3.5	1	11	12	15	
20	2.25		0.00	1.13	1.13	2.8	2.8	1	12	14	16	
TOTAL	122.84				35.64	152.59	225.00	28				

Interpretación. Para el burden según la fórmula de Langefors nueva malla de perforación. Se realizará la perforación con brocas de 64mm

- Barra de 1.5 m.
- Simba S7D

Se realizará el disparo cuatro filas por guardia para el control de la ventilación y la seguridad de los pilares y estabilidad del tajo.

- El factor de carga de explosivo es de 1.48 kg de anfo / M3
- Factor de potencia de 0.10 kg anfo / toneladas rotas.

En la siguiente tabla se muestra lo siguiente:

Tabla 38

Cálculo de Burden según la fórmula de LANGEFORS.

		CALCULO DEL BURDEN SEGUN LA FORMULA DE LANGEFORS																			
		CALCULO PARA 760 TAI																			
B_{máx}	Burden Máximo (mts)	1.89	1.88	1.88	1.88	1.88	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.86	1.86	1.86	1.86	1.85	1.85	1.85	1.85	1.87	1.96
BP I	Burden Práctico	1.56	1.56	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.54	1.54	1.54	1.54	1.53	1.53	1.53	1.52	1.52	1.28	1.59	1.36	
Espaciamiento		1.87	1.87	1.87	1.86	1.86	1.86	1.85	1.85	1.85	1.85	1.84	1.84	1.84	1.84	1.83	1.83	1.83	1.54	1.90	1.63
D	Diametro del taladro (mm)	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5
C	Constante de la roca se toma lo siguiente: c=0.3+0.75 Rocas medias (1.05) c=0.4+0.75 Rocas duras (1.15)	1000	1003	1005	1008	1010	1013	1015	1018	1020	1023	1025	1028	1030	1033	1036	1038	1041	1043	1043	0.800
RMR	RMR	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	50
	Descripción del RMR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	41
f	Factor de fijación Taladros verticales f: 1.00 Taladros inclinados - 3:1 f: 0.90 Taladros inclinados - 2:1 f: 0.85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EB	Relación Espaciamiento y Burden	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
dc	Densidad de carga (g/cm ³)	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	0.95	0.80
PRP	Potencia relativa en peso del explosivo	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.25	1.25
L	Longitud de taladro (m.)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	22	8
Nº FILA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

		ORS																																		
		IA 760 TALADROS positivos Tj 692 Nv 4152																																		
B_{máx}	Burden Máximo (mts)	1.96	1.88	1.96	1.95	1.95	1.95	1.95	1.94	1.94	1.94	1.93	1.93	1.93	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92															
BP I	Burden Práctico	1.36	1.29	1.53	1.53	1.52	1.52	1.52	1.52	1.51	1.65	1.37	1.50	1.50	1.50	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49															
Espaciamiento		1.63	1.55	1.84	1.83	1.83	1.83	1.82	1.82	1.81	1.98	1.64	1.80	1.80	1.80	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79															
D	Diametro del taladro (mm)	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5															
C	Constante de la roca se toma lo siguiente: c=0.3+0.75 Rocas medias (1.05) c=0.4+0.75 Rocas duras (1.15)	0.800	0.803	0.805	0.808	0.810	0.813	0.815	0.818	0.820	0.823	0.825	0.828	0.830	0.833	0.836	0.838	0.841	0.841	0.841	0.841															
RMR	RMR	50	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	76	76	76															
	Descripción del RMR	41	MEDIA	BUENA																																
f	Factor de fijación Taladros verticales f: 1.00 Taladros inclinados - 3:1 f: 0.90 Taladros inclinados - 2:1 f: 0.85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															
EB	Relación Espaciamiento y Burden	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12															
dc	Densidad de carga (g/cm ³)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80															
PRP	Potencia relativa en peso del explosivo	1.25	1.15	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25															
L	Longitud de taladro (m.)	24	23	15	15	15	15	15	15	15	15	8	22	15	15	15	15	15	15	15	15															
Nº FILA		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	36	36	36															

Interpretación. Se aplica la formula siguiente:

- El burden práctico: 1.50 m.
- Espaciamiento práctico: 1.60 m.

CALCULO DEL BURDEN SEGÚN LA FORMULA DE LANGEFORS

$$B1_{max} = (D/33) \times \sqrt{(dc \times PRP) / (c \times f \times (E/B))}$$

$$B2_{max} = 0.046 \times D$$

$$BP1 = B_{max} - 2 \times D - 0.02 \times L$$

$$BP2 = B_{max} - 0.1 - 0.03 \times L$$

LEYENDA	
B_{máx.}	Burden Máximo
D	Diametro del taladro (mm)
C	Constante de la roca se toma lo siguiente: c=0.3 + 0.75 Rocas medias c=0.4 + 0.75 Rocas duras
f	Factor de fijación Taladros verticales f : 1.00 Taladros inclinados - 3:1 f : 0.90 Taladros inclinados - 2:1 f : 0.85
E/B	Relación entre Espaciamiento y Burden
dc	Densidad de carga (g/cm ³)
PRP	Potencia relativa en peso del explosivo

Figura 36. Cálculo de Burden según la fórmula de Langefors. Tomado del “Manual de EXSA”, por JRC Ingeniería y Construcción 2016.

CALCULOS DE BURDEN Y ESPACIAMIENTO PRACTICO									CONSTANTE DE LA ROCA					
RMR	B	E	RMR	B	E	RMR	B	E	RMR		RMR		RMR	
41	1.56	1.87	61	1.29	1.55	81	0.00	0.00	41	1.000	61	1.051	81	1.102
42	1.56	1.87	62	1.53	1.84	82	51.85	62.22	42	1.003	62	1.053	82	1.104
43	1.55	1.87	63	1.53	1.83	83	36.48	43.78	43	1.005	63	1.056	83	1.107
44	1.55	1.86	64	1.52	1.83	84	29.67	35.61	44	1.008	64	1.058	84	1.109
45	1.55	1.86	65	1.52	1.83	85	25.62	30.74	45	1.010	65	1.061	85	1.112
46	1.55	1.86	66	1.52	1.82	86	22.85	27.42	46	1.013	66	1.064	86	1.114
47	1.55	1.85	67	1.52	1.82	87	20.80	24.96	47	1.015	67	1.066	87	1.117
48	1.54	1.85	68	1.51	1.81	88	19.21	23.06	48	1.018	68	1.069	88	1.119
49	1.54	1.85	69	1.65	1.98	89	17.93	21.52	49	1.020	69	1.071	89	1.122
50	1.54	1.85	70	1.37	1.64	90	16.87	20.25	50	1.023	70	1.074	90	1.124
51	1.54	1.84	71	1.50	1.80	91	15.97	19.17	51	1.025	71	1.076	91	1.127
52	1.53	1.84	72	1.50	1.80	92	15.20	18.24	52	1.028	72	1.079	92	1.130
53	1.53	1.84	73	1.50	1.80	93	14.53	17.43	53	1.030	73	1.081	93	1.132
54	1.53	1.84	74	1.49	1.79	94	13.93	16.72	54	1.033	74	1.084	94	1.135
55	1.53	1.83	75	1.49	1.79	95	13.40	16.09	55	1.036	75	1.086	95	1.137
56	1.52	1.83	76	1.49	1.79	96	12.93	15.52	56	1.038	76	1.089	96	1.140
57	1.52	1.83	77	0.00	0.00	97	12.50	15.00	57	1.041	77	1.091	97	1.142
58	1.28	1.54	78	0.00	0.00	98	12.11	14.53	58	1.043	78	1.094	98	1.145
59	1.59	1.90	79	0.00	0.00	99	11.75	14.10	59	1.046	79	1.097	99	1.147
60	1.36	1.63	80	0.00	0.00	100	11.42	13.70	60	1.048	80	1.099	100	1.150

Figura 37. Cálculos de burden y espaciamento. Tomado de “El Brocal, JRC Ingeniería y Construcción”, por JRC Ingeniería y Construcción 2016

D. Comparación de resultados para las brocas de 89 mm y el 64 mm

Los resultados obtenidos al establecer una nueva malla de perforación, influye la utilización de las brocas ya establecidas de 64 mm vs brocas de 89 mm, implementadas. Para ejecutar los taladros largos e implementar y evaluar los costos operativos en el método de explotación Sublevel Stopping, en función a la muestra del tajo 692 S del Nv. 4172-4152.

E. Comparación de rendimientos de Perforación Simba S7D

En la siguiente figura se muestra los rendimientos de la perforación del equipo simba S7D.

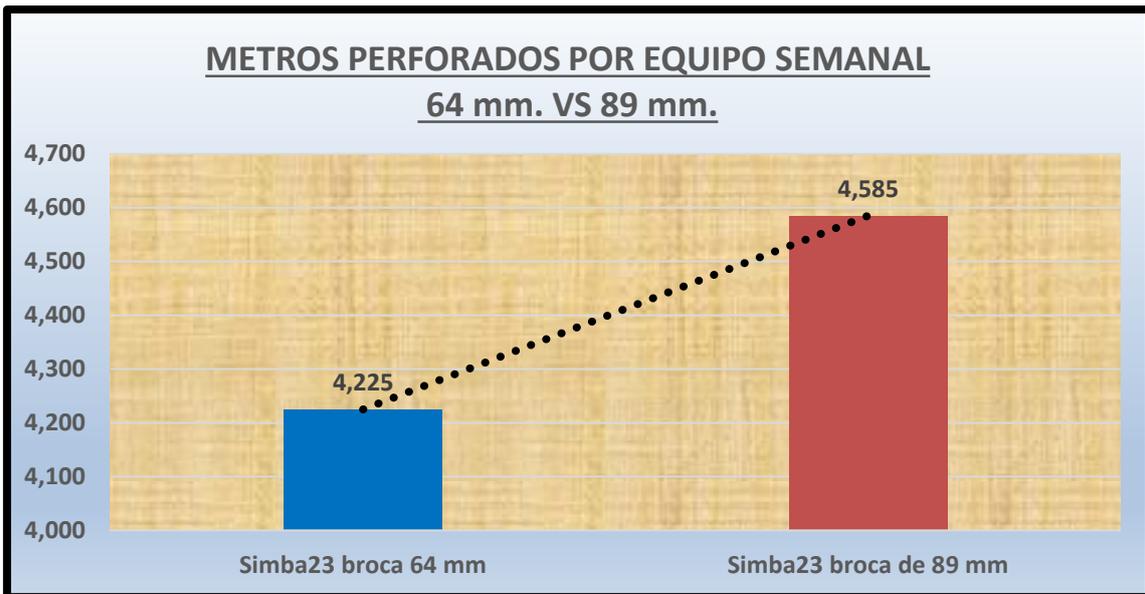


Figura 38. Perforación semanal con brocas de 64 mm vs 89 mm

Interpretación. De la figura se muestra la perforación con las brocas de 64 mm y 89 mm, la perforación paralela y en abanico en metros perforados es de 4,225 m con brocas de 64 mm y 4585 m con brocas de 89 mm con una diferencia de 360 m que equivale de 3 a 4 filas de perforación.

El costo metro perforado es de 1.5 US\$. / ml para la diferencia de 360 m de la broca de 89 mm es de 540 US\$.

Análisis. Realizando el trabajo durante la semana con brocas de 64 mm se implementó una nueva malla de perforación, es favorable optimizar la perforación para el cliente, esto se da para brindar condiciones favorables del equipo sin demoras y/o seguimiento de mantenimiento mecánico para la solución de las fallas mecánicas que pueda presentar las brocas de 89 mm que tienen desventajas ya presentadas.

Realizado el trabajo durante la semana se concluyó satisfactoriamente con la perforación de 64 mm paralela y en abanico del Nv. 4152 *Block* 8950. Tj 692 s. Para luego pasar a perforar los taladros negativos del Nv. 4172 *Block* 8950 Tj. 692 s.

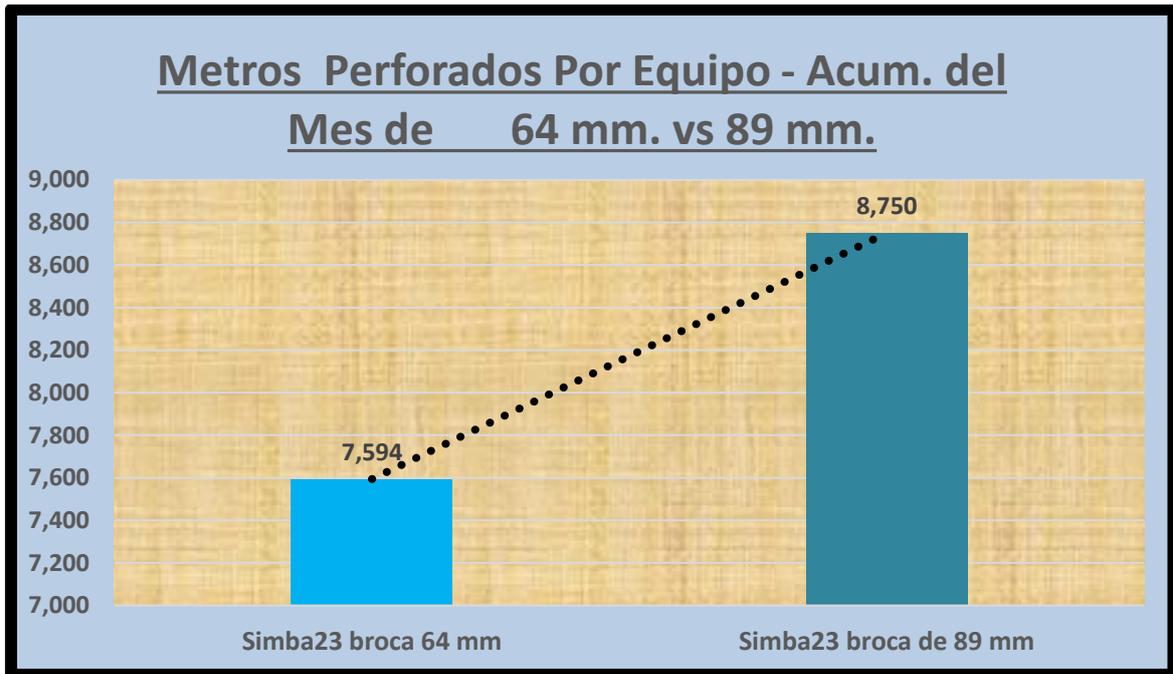


Figura 39. Perforación mensual con brocas de 64 mm vs 89 mm

Interpretación. De la figura se muestra la perforación con las brocas de 64 mm y 89 mm, la perforación paralela y en abanico en metros perforados es de 7,594 m con brocas de 64 mm y 8,750 m con brocas de 89 mm con una diferencia de 1156 m que equivale de 4 filas de perforación.

El costo metro perforado es de 1.5 US\$. / ml para la diferencia de 1156 m de la broca de 89 mm es de 1734 US\$.

Análisis. En brocas de 64 mm termina la perforación antes que las brocas de 89 mm, pero presenta mayores consumos en lo siguiente:

- En consumo de aceros es mayor.
- Consumo de barras es mayor el desgaste.
- Casos desfavorables de servicios mina agua, aire y energía es mayor el consumo.
- En tubos PVC debe ser de otra calidad para poder taponear agujeros perforados.
- Mayores desviaciones de perforación en los taladros de abanico y paralelo.
- Malla de perforación reduce taladros perforados por filas
- Otros factores de geomecánicos, económicos y mecánicos.

F. Análisis del diseño de malla en la voladura

Podemos observar que el consumo de explosivo será mayor y limitará la fila a disparar, porque solo se podrá realizar el disparo en dos filas por seguridad y ventilación y sobre rotura, esto conlleva un mayor tiempo programado en la entrega del tajo, a consecuencia que es desfavorable para el cliente. Además, con brocas de 89 mm de perforación se garantiza la buena granometría y efectividad de voladura y a menor tiempo.

Asimismo, los diseños de perforación nos permitirán disminuir los bancos y el desgajamiento de hastiales en función:

- Burden de 1.60 m.
- Espaciamiento de 1.50 m.
- Factor de potencia: VCR + SLOT de 3.84 kg anfo / toneladas rotas. Menor a la anterior malla. De 4 a 5 filas de 0.10 kg anfo / toneladas rotas.

En las siguientes tablas se analizará la optimización del factor de carga y factor de potencia en taladros perforados con las brocas de 64 mm y 89 mm respectivamente.

Tabla 39

En función a los resultados del diseño de esquema para carguío de explosivo para VCR y slot positivo y negativo

La malla de perforación es lo mismo para 64 mm y 89 mm de broca.	VCR NEGATIVO	VCR POSITIVO	SLOT NEGATIVO/POSITIVO
Factor de carga de explosivo kg de anfo / m ³	12.29	13.62	1.97 a 2.17
Factor de potencia kg anfo / ton.	3.84	4.26	0.61 a 0.68

Tabla 40

En función a los resultados del diseño de esquema para carguío de explosivo para filas negativas en perforación radial o abanico

Brocas de 64 mm vs 89 mm	64 mm	89 mm
Factor de carga de explosivo kg de anfo / m3	1.48	1.77
Factor de potencia kg anfo / ton.	0.10	0.48

Del cuadro se aprecia que es menor el consumo de explosivo con brocas de 64 mm minimizando los costos operativos. Con una diferencia de 0.29 kg de anfo / m3.

Tabla 41

En función a los resultados del diseño de esquema para carguío de explosivo para filas positivas en perforación radial o abanico

Brocas de 64 mm vs 89 mm	64 mm	89 mm
Factor de carga de explosivo, kg de anfo / m3	1.48	2.44
Factor de potencia,kg anfo / ton.	0.10	0.67

Del cuadro se aprecia el menor el consumo de explosivo con brocas de 64 mm Minimizando los costos operativos. Con una diferencia de 0.96 KG DE ANFO / M3. Con la reducción de bancos en los disparos de SLS de los tajos se tiene que programar de 5 filas / g día se optimizara el consumo de explosivos.

La optimización de lo anterior nos permitirá obtener un alto rendimiento de productividad en SLS.

G. Costo de perforación y voladura, utilizando la broca de 64 mm

En el cuadro siguiente se muestran los costos de perforación y voladura con la broca de 64 mm y el diseño de malla utilizada antes, se evalúa los costos unitarios por guardia y los costos por tonelada en las operaciones unitarias. Además, en el siguiente cuadro se muestra el cálculo del costo horario del simba S7D

Tabla 42

Horario presupuesto simba s7 d

Datos de calculo		Intereses (año)	9%
Valor adquisición con llantas	725,000 US\$	Seguros (%)	2.1%
Valor Compresor	20,000 US\$	Impuestos (%)	1.4%
Costo de adquisición	745,000 US\$	IMA Inversion Media Anual	\$ 496,667
Valor de rescate	0.0 %	Motor Diesel	5,320
Vida económica	7,000 Horas	Años	3
Horas mínimas	194 Horas	Compresor	14,840

1.- $COSTO \text{ Hrs/DIA AL MES} = \text{TRABAJO DEL EQUIPO hr/DIA} \times \text{DIAS DEL MES DE OPERACION DEL EQUIPO}$

		año 2017	Totales
		año 2018	Totales
Equipo de perforacion	Dias/año	1428	1428
motor	Hrs/día	4.85	6932
perforadora	Hrs/día	6.39	9120
compresor	Hrs/día	13.54	19335

2 $COSTO \text{ DE COMBUSTIBLE AL MES} = \text{Gal/Hr} \times \text{COSTO DEL GALON} \times \text{DIAS DEL MES DE OPERACION DEL EQUIPO}$

Combustible	Tipo	Gal/hr	Costo			
Diesel D2	1		\$4.6	US \$/Gal	\$ 14,915.42	\$ 392,020.90
				Gal	145.62	

3 $DEPRECIACION = \left(\frac{COSTO \text{ DE ADQUISICION}}{COSTO \left(\frac{Hrs}{DIA} \right) TOTAL ANUAL} \right) \times COSTO \left(\frac{Hrs}{DIA} \right) \text{ MESUAL}$

Costos de Propiedad			
Depreciación		\$ 15,651.26	\$ 1,124,117.84

4 $AMORTIZACION = \left(\frac{INTERESES ANUAL \times IMA}{COSTO \left(\frac{Hrs}{DIA} \right) TOTAL ANUAL \times VIDA UTIL DEL EQUIPO} \right) \times COSTO \left(\frac{Hrs}{DIA} \right) \text{ MESUAL}$

AMORTIZACION			
Amortización		\$ 2,817.23	\$ 202,341.21

5 $\text{Seguros y Impuestos} = \left(\frac{(seguros + impuestos) \times IMA}{COSTO \left(\frac{Hrs}{DIA} \right) TOTAL ANUAL \times VIDA UTIL DEL EQUIPO} \right) \times COSTO \left(\frac{Hrs}{DIA} \right) \text{ MESUAL}$

Seguros y Impuestos			
Seguros y impuestos		\$ 1,086.20	\$ 78,013.78

Sub Total Costos de Propiedad (costo de propiedad + amortización+seguros y impuestos)		\$ 19,554.68	\$ 1,404,472.83
--	--	--------------	-----------------

6 $MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO = \left(\frac{COSTO \text{ DE ADQUISICION}}{costo \left(\frac{Hrs}{DIA} \right) TOTAL ANUAL} \right) \times costo \left(\frac{Hrs}{DIA} \right) \text{ MESUAL}$

Mantenimiento Preventivo Equipo		Frecuencia			
Nivel	Costo				
4172	\$46.2	35	Hrs	\$ 184.92	\$ 9,107.31
4172	\$127.9	125	Hrs	127.86	6,904.17
4172	\$134.0	500	Hrs	-	1,876.00
4172	\$1,061.3	1000	Hrs	-	6,367.65
4172	\$0.0	2000	Hrs	-	-
Sub Total Mantenimiento Preventivo (Equipo)				\$312.8	\$24,255.1

7	$\text{MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO} = \left(\frac{\text{COSTO (Hrs / DIA)TOTAL ANUAL}}{\text{FRECUENCIA Hrs}} \right) \times \left(\frac{\text{equipo}}{\text{FRECUENCIA Hrs}} \right) \times \text{COSTO POR UBICACION DEL NIVEL}$					
Mantenimiento Preventivo Implemento (Perforadora)						
	Nivel	Costo	Frecuencia	Hrs	\$	\$
	4172	\$24.0	80	Hrs	\$ 72.00	\$ 2,736.00
	4172	\$22.6	125	Hrs	\$ 45.15	\$ 1,647.98
	4172	\$5,100.0	400	Hrs	\$ -	\$ 107,100.00
	4172	\$0.0	800	Hrs	\$ -	\$ -
	Sub Total Mantenimiento Preventivo (Perforadora)				\$117.2	\$111,484.0
Mantenimiento Preventivo Implemento (Compresor)						
	Nivel	Costo	Frecuencia	Hrs	\$	\$
	4172	\$38.5	60	Hrs	\$ 269.50	\$ 12,358.50
	4172	\$22.1	125	Hrs	\$ -	\$ 1,808.10
	4172	\$250.5	500	Hrs	\$ 250.50	\$ 9,519.00
	4172	\$0.0	1000	Hrs	\$ -	\$ -
	Sub Total Mantenimiento Preventivo (Compresor)				\$520.0	\$23,685.6
	Sub Total Mantenimiento Preventivo				\$ 949.93	\$ 159,424.71
	Sub Total Rutinario				\$90.0	US \$/mes
					\$90.0	\$4,230.0
8	$\text{MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO} = \left(\frac{\text{COSTO (Hrs / DIA)TOTAL ANUAL}}{\text{FRECUENCIA Hrs}} \right) \times \left(\frac{\text{equipo}}{\text{FRECUENCIA Hrs}} \right)$					
Mantenimiento Componentes Mayores						
	Componente	Costo	Frecuencia	Hrs	\$	\$
	Motor (Overhaul)	\$18,000.00	16000	Hrs	\$ -	\$ -
	Motor (Parcial)	\$10,000.00	3000	Hrs	\$ -	\$ 20,000.00
	Bomba hidrostática	\$7,000.00	2800	Hrs	\$ -	\$ 14,000.00
	Transmision	\$6,000.00	2800	Hrs	\$ -	\$ 12,000.00
	Eje delantero	\$5,000.00	3000	Hrs	\$ -	\$ 10,000.00
	Eje posterior	\$5,000.00	3000	Hrs	\$ -	\$ 10,000.00
	Articulaciones	\$5,000.00	2500	Hrs	\$ -	\$ 10,000.00
	Llantas Del.	\$1,750.00	1500	Hrs	\$ -	\$ 7,000.00
	Llantas Pos.	\$1,750.00	1500	Hrs	\$ -	\$ 7,000.00
	Perforadora Hidraulica	\$18,000.00	1800	Hrs	\$ -	\$ 72,000.00
	Viga de Alimentacion	\$6,000.00	700	Hrs	\$ 6,000.00	\$ 72,000.00
	Bomba de Agua	\$3,000.00	3600	Hrs	\$ -	\$ 6,000.00
	Carrusel	\$8,000.00	1800	Hrs	\$ -	\$ 32,000.00
	Compresor	\$4,000.00	5000	Hrs	\$ -	\$ 8,000.00
	Cable de Alimentacion	\$5,700.00	3800	Hrs	\$ -	\$ 22,800.00
	Sistema de Enrollamiento	\$2,000.00	5000	Hrs	\$ -	\$ 4,000.00
	Sist. Hidráulico	\$8,000.00	1600	Hrs	\$ -	\$ 80,000.00
	Sist. Eléctrico	\$6,800.00	1800	Hrs	\$ 6,800.00	\$ 68,000.00
	Boom	\$5,000.00	3500	Hrs	\$ -	\$ 20,000.00
	Servicios MO (Terceros)	\$0.00	3%	%	\$ 469.54	\$ 33,723.54
	Sub Total Componentes Mayores				\$ 13,269.54	\$ 508,523.54
9	$\text{Costo Horario de Propiedad US \$/Hr} = \left(\frac{\text{Total US \$/mes}}{\text{COSTO (Hrs / DIA) MENSUAL}} \right)$					
	Total US \$/mes	\$19,554.7	\$1,404,472.8			
	Costo Horario de Propiedad US \$/Hr	\$102.06	\$154.0			
10	$\text{Total US \$/mes} = (\text{Sub Total Mantenimiento Preventivo} + \text{Sub MP Total Rutinario} + \text{Sub Total Componentes Mayores})$					
	Total US \$/mes	\$14,309.5	\$672,178.2			
11	$\text{Costo Horario de Mantenimiento US \$/Hr} = \left(\frac{\text{Total US \$/mes}}{\text{COSTO (Hrs / DIA) MENSUAL}} \right)$					
	Costo Horario de Mantenimiento US \$/Hr	\$74.68	\$73.7			
11	$\text{Total US \$/mes} = (\text{Sub Total Costos de Propiedad} + \text{Sub Total Mantenimiento Preventivo} + \text{Sub MP Total Rutinario} + \text{Sub Total Componentes Mayores})$					
	Total US \$/mes	\$33,864.1	\$2,076,651.1			
12	$\text{Costo Horario US \$/Hr} = \left(\frac{\text{Total US \$/mes}}{\text{COSTO (Hrs / DIA) MENSUAL}} \right)$					
	Costo Horario US \$/Hr	\$176.74	\$227.69			

De la tabla se muestra el costo horario US \$/Hr 227.69.

Tabla 43

Salarios de los trabajadores

DETALLE DE REMUNERACIONES Y SALARIOS

Tipo de Cambio	2.80	Soles/US\$
Beneficios Sociales (Obreros)	105.35%	
Beneficios Sociales (Empleados)	82.83%	
Dias por mes	30	
Dias por mes (Empleado)	25	
N° de Domingos	4	
Horas de trabajo por día	8	
Horas totales por mes	208	
N° días de trabajo por mes en sistema 14 x 7	20	
Horas por guardia	10.40	
Factor por tarea	1.30	

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	REMUNERACION (s/. / día)	REMUNERACION (US\$ / día)	BENEFICIOS SOCIALES (%)	Alimentación (US\$ / día)	TOTAL (US\$ Propuesto)
1.0 OBREROS								
1.01	Operador Simba	Jornal	1	120.00	42.86	105%	0.00	88.01
1.02	Operador Jumbo	Jornal	1	100.00	35.71	105%	0.00	73.34
1.03	Maestro Cargador de explosivos - Frontoneo	Jornal	1	65.00	23.21	105%	0.00	47.67
1.04	Maestro Cargador de explosivos - Taladros largos	Jornal	1	65.00	23.21	105%	0.00	47.67
1.05	Perforista Chimenero	Jornal	1	65.00	23.21	105%	0.00	47.67
1.06	Ayudante Carga dor de Explosivos	Jornal	1	55.00	19.64	105%	0.00	40.34
1.07	Ayudante Operador Simba	Jornal	1	55.00	19.64	105%	0.00	40.34
1.08	Técnico en voladura	Jornal	1	90.00	32.14	105%	0.00	66.00
1.09	Asistente técnico en voladura	Jornal	1	65.00	23.21	105%	0.00	47.67
1.10	Muestrero	Jornal	1	65.00	23.21	105%	0.00	47.67
1.11	Perforista Pernos y Mallas	Jornal	1	65.00	23.21	105%	0.00	47.67
1.12	Ayudante Perforista Chimenero	Jornal	1	55.00	19.64	105%	0.00	40.34
1.13	Ayudante perforista	Jornal	1	55.00	19.64	105%	0.00	40.34
1.14 Gerente de Obra								
1.14	Gerente de Obra	Sueldo	1	0.00	0.00	83%	0.00	0.00
1.15	Jefe de Guardia	Sueldo	1	300.00	107.14	83%	0.00	195.89
1.16	Bodeguero	Sueldo	1	72.00	25.71	83%	0.00	47.01
1.17	Bomberos	Sueldo	1	72.00	25.71	83%	0.00	47.01
#iREFI	Ingeniero de Seguridad	Sueldo	1	400.00	142.86	83%	0.00	261.19
#iREFI	Personal Equipo Pesado	Sueldo	1	160.00	57.14	83%	0.00	104.48
#iREFI	Personal Electricista Mina	Sueldo	1	160.00	57.14	83%	0.00	104.48
#iREFI	Choferes Camioneta Mantenimiento	Sueldo	1	80.00	28.57	83%	0.00	52.24
#iREFI	Choferes Camión Servicios, lubricador	Sueldo	1	80.00	28.57	83%	0.00	52.24
1.18 Operador de simba S7D								
	Operador de simba S7D							120.00
1.19 Ayudante de simba S7D								
	Ayudante de simba S7D							120.00
1.20 Mecanico - Electricista de Mina simba S7D								
	Mecanico - Electricista de Mina simba S7D							120.00

Los de color amarillo fueron utilizados en el cálculo costo de perforación y voladura.

Tabla 44

Precios unitarios de los accesorios de perforación y equipos e accesorios de afilado de brocas.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Propuesta (US\$/Unidad)	TIPO DE ROCA							
					MINERAL		III B		IV A		IV B	
					VIDA UTIL (pp/Unidad)	RENDIMIENTO (US\$/pp)						
1.0 ACEROS DE PERFORACION												
1.01	BARRA MF T38 H35 R32 X12'	Pza	1	545.70	3,500	0.156	3,500	0.156	3,700	0.147	3,700	0.147
1.02	BARRA MF T38 H35 R32 X14'	Pza	1	581.40	3,500	0.166	3,500	0.166	3,700	0.157	3,700	0.157
1.03	BROCA DE BOTON R32 X 51MM	Pza	1	103.02	1,300	0.079	1,300	0.079	1,400	0.074	1,500	0.069
1.04	BROCA DE BOTON R32 X 45MM	Pza	1	69.36	1,300	0.053	1,300	0.053	1,400	0.050	1,500	0.046
1.05	SHANK ADAPTER R32	Pza	1	316.20	7,200	0.044	7,200	0.044	7,400	0.043	7,400	0.043
1.06	COURLING T38 XR32 7314 3555	Pza	1	89.76	4,000	0.022	4,000	0.022	4,500	0.020	5,000	0.018
1.07	BROCA RIMADORA DE 4'	Pza	1	244.80	500	0.490	500	0.490	550	0.445	550	0.445
1.08	ADAPTADOR PILOTO CONO R 32 7821 3440	Pza	1	260.00	800	0.325	800	0.325	850	0.306	900	0.289
1.09	Copas de Afilado	qto	1	400.00	10,000	0.040	10,000	0.040	10,000	0.040	10,000	0.040
1.10	Aguadoras de copas	Pza	1	5.00	15,000	0.000	15,000	0.0003	15,000	0.000	15,000	0.000
1.11	BARRA CONICA 7/8" X 8'	p.p	1	127.50	400	0.319	400	0.319	420	0.304	450	0.283
1.12	BARRA CONICA 7/8" X 6'	p.p	1	131.07	400	0.328	400	0.328	420	0.312	450	0.291
1.13	BARRA CONICA 7/8" X 4'	p.p	1	86.70	400	0.217	400	0.217	420	0.206	450	0.193
1.14	Barrenas integrales (cuneta)	p.p	1	125.00	400	0.313	400	0.313	420	0.298	450	0.278
1.15	BROCA RETRAC. DC T38 X 64MM	Pza	1	147.90	300	0.296	300	0.296				
1.16	BARRA T38 RD38 T38 5'	Pza	10	300.85	4,000	0.752	4,000	0.752	3,888	0.838	3,888	0.838
1.17	BROCA ESCARIADORA T38 X 127 MM ESP	Pza	1	505.00	350	1.443	350	1.443	745	0.678	745	0.678
1.18	SHANK COP 1550, 1838 T38	Pza	1	326.35	2,500	0.131	2,500	0.131	7,400	0.044	7,400	0.044
1.19	BROCA DE BOTON R25 X 38MM	Pza	1	81.80	500	0.164	500	0.164				

En la tabla se aprecian sombreados los aceros y accesorios utilizados.

Tabla 45

Cálculo del costo de EPPS

1.00	DESCRIPCION	Cantidad	costo unit.	vida util tarea	total \$/ tarea
1.01	TAPON AUDITIVO SILICONA 26DB	1.00	1.62	45	0.04
1.02	ANTEOJO DE LUNA CLARA MSA MAVERICK UV400	1.00	4.64	45	0.10
1.03	BOTA DE JEBE C/PUNTA DE ACERO N638	1.00	18.57	150	0.12
1.04	BOTIN DE CUERO P/ACERO N642	1.00	17.40	300	0.06
1.05	TAFILETE ACOLCHADO	1.00	6.52	150	0.04
1.06	CASCO TIPO MINERO VERDE COMPLETO	1.00	10.57	300	0.04
1.07	CASCO TIPO JOCKEY VERDE COMPLETO	1.00	10.26	600	0.02
1.08	GUANTE DE NEOPRENE 12" CORRUGADO	1.00	6.27	15	0.42
1.09	GUANTE DE CUERO AMARILLO LIVIANO	1.00	3.57	15	0.24
1.1	CORREA PORTALAMPARA DE NYLON	1.00	2.50	300	0.01
1.11	FILTRO DE FELPA 3M-2097 P100	1.00	8.21	2	4.11
1.12	PROTECTOR PARA FILTRO 2097	1.00	1.05	150	0.01
1.13	RESPIRADOR 7502 MEDIA CARA SILICONA - MED	1.00	22.97	150	0.15
1.14	CASACA DE TELA ENJEBADA	1.00	17.77	150	0.12
1.15	PANTALON TELA ENJEBADA	1.00	15.98	150	0.11
1.16	MAMELUCO DRILL ACOLCHADO T/XL NORMA ANSI II	2.00	36.68	150	0.49
1.17	BARBIQUEJOS PARA CASCOS	1.00	0.30	90	0.00
1.18	ARNES TIPO PARACIDISTA 03 ANILLOS	1.00	34.82	300	0.12
1.19	LINEA DE VIDA NYLON	1.00	30.39	300	0.10
				TOTAL US\$ /Guardia	6.28

Tabla 45

Costo de herramientas utilizadas

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo US\$ / UNIDAD	Vida Util DIAS	Costo US\$ /Gdia
3.00	HERRAMIENTAS					
3.01	Lampa	Pza.	2	8.30	30	0.28
3.02	Pico	Pza.	2	11.00	30	0.37
3.03	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 10'	Pza.	2	34.17	120	0.28
3.04	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 12'	Pza.	2	39.58	120	0.33
3.05	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 14'	Pza.	2	45.39	120	0.38
3.06	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 4'	Pza.	2	22.44	120	0.19
3.07	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 6'	Pza.	2	26.52	121	0.22
3.08	BARRETILLA P/DESQUINCHE DE 8'	Pza.	2	30.09	122	0.25
3.09	CIZALLA MANUAL DE18"	Pza.	1	55.69	150	0.37
3.10	COMBA 6LB ACERADA	Pza.	1	16.94	180	0.09
3.11	LLAVE STILSON 14"	Pza.	1	14.71	30	0.49
3.12	FLEXOMETRO DE 5 MT	Pza.	1	4.49	30	0.15
3.13	ARCO DE SIERRA	Pza.	1	8.90	30	0.30
3.14	CORDEL DE NYLON	MTS	10	4.32	30	0.14
3.15	AGUJA DE ARIERO	Pza.	1	0.47	15	0.03
3.16	PUNZON DE CO BRE	Pza.	1	6.26	180	0.03
3.17	TABLERO DE GESTION	Pza.	1	53.57	360	0.15
3.18	MOCHILA DE LONA PARA EX'PLOSIVO	Pza.	2	31.43	180	0.17
3.19	ATACADORES DE 11/4 X 3.5 MT	Pza.	2	5.21	30	0.17
3.20	Tiner	Gal	1	4.05	10	0.40
3.21	PINTURA ESMALTE BLANCO	Gal	1	7.21	10	0.72
3.22	Brocha	Pza.	1	7.14	10	0.71
3.23	Disco de perforacion	Pza.	1	7.29	30	0.24
3.24	Sacabarrenos	Pza.	1	35.71	120	0.30
3.25	PINTURA EN SPRAY BLANCA	Gal	1	1.82	7	0.26
				US\$ / Gdia	7.04	

Tabla 47

Costo de lámparas mineras

Item	Descripción	Unidad	Costo US\$/UNIDAD	Vida Util DIAS	Costo US\$ /Gdia
5.00	LAMPARAS MINERAS (incluye mantenimiento)				
5.01	LAMPARA MINERA marca: OLDHAM	Pza	359	360	1.00
5.02	CARGADOR DE 40 PTOS	Pza	4554	720	0.16
				US\$ / Gdia	1.16

Estos precios unitarios utilizados en la elaboración del costo de perforación y voladura. En el siguiente cuadro se muestra el costo total perforación y voladura US\$/ton

Tabla 48

Costo de perforación y voladura, utilizando la broca de 64 mm

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad (Personas)	Cantidad	Costo Unitario US\$/Unidad	Costo Parcial US\$/Gdia	Costo Total perforación y voladura US\$/ton
1.00	PERFORACION					9,009.30	2.31
1.01	Mano de Obra					5,253.22	
	Operador de Simba	Gdia	1	8	88.01	939.06	
	Ayudante Operador de Simba	Gdia	1	8	40.34	430.40	
	Mecánico - Electricista de Simba S7D	Gdia	3	8	104.48	2,229.61	
	Peón de Servicios	Gdia	3	8	47.67	1,017.32	
	Bodeguero	Gdia	1	2	47.01	100.33	
	Choferes Camioneta Mantenimiento	Gdia	1	2	52.24	111.48	
	Choferes Camión Servicios, lubricador	Gdia	1	2	52.24	111.48	
	Supervisión						
	Ingeniero Jefe de Guardia	Gdia	1	1	195.89	313.54	
1.02	Aceros de Perforación					3,244.63	
	Barra SP T38-RD38-T38 x 5"	p.p	10	1,231.20	275.40	847.68	
	Broca Retractiva FP T38 x 64MM	p.p	1	1,231.20	479.00	737.18	
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435 MM	p.p	1	1,231.20	285.00	140.36	
	Tubo de PVC	m.		207.00	4.11	850.77	
	Bolsa de Polipropileno	kg.		13.50	0.90	12.12	
	Cáncamos de anclaje	Pza		12.00	0.28	3.37	
	Reflectores de 500 watt	Pza		4.00	72.51	290.03	
	Conos de plástico naranja para SLS	Pza		18.00	0.22	4.01	
	Manguera de 1" (70 m)	m		70.00	3.53	247.10	
	Manguera de 1/2" (70 m)	m		70.00	1.60	112.00	
1.03	Equipos					294.98	
	Simba	hr.		34.20	0.00	0.00	
	Combustible	Gal		51.30	5.75	294.98	
1.04	Herramientas y EPP					216.48	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	8.21	6.28	134.04	
	Herramientas	Gdia	1.00	8.21	7.04	57.78	
	Lámparas Mineras	Gdia	2.60	8.21	1.16	24.66	
2.00	VOLADURA					4,379.66	0.51
2.01	Mano de Obra					1,369.46	
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	1.30	8.21	47.67	508.66	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	2.60	8.21	40.34	860.81	
2.02	Explosivos y accesorios de voladura					2,446.59	
	Booster (Unid)	Pza.		184.00	0.70	129.54	
	anfo (bls. X 25kg.)	kg.		1,539.46	0.92	1,416.31	
	Guías Ensambladas Carmex de 7"	Pza.		14.00	1.57	22.04	

	DETONADOR NO ELECTRICO 15.0 M EXCEL	Pza.		216.00	3.70	798.45	
	Guía de seguridad	m.		0.00	3.70	0.00	
	Mecha rápida de ignition	m.		4.00	0.29	1.16	
	Cordón Detonante Pentacord 4gr	m.		350.00	0.23	79.10	
2.03	Equipos					210.00	
	Cargador de anfo	onelada		3,780.00	0.06	210.00	
2.04	Herramientas y EPP					353.60	
	Implementos de seguridad	Gdia	3.90	8.21	6.28	201.07	
	Herramientas	Gdia	2.00	8.21	7.04	115.55	
	Lámparas Mineras	Gdia	3.90	8.21	1.16	36.98	
TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/t)						13,388.96	2.82
	Utilidad Costo Directo				10%		0.28
	Gastos generales				13%		0.37
COSTO TOTAL (US\$/t)							3.47

De la tabla se muestra

- El costo parcial de perforación de **9,009.30 US\$/gdia.**
- El costo parcial de voladura de **4,379.66 US\$/gdia.**
- El costo total de perforación y voladura de **2.82 US\$/t** en este costo no incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos.
- El costo total de perforación de **3.47 (US\$/t)** este costo incluye utilidad de costos directos en 10% y gastos administrativos en 13% ambos respecto al costo total de perforación sin explosivo.

En la siguiente figura se muestra la malla de perforación utilizada con una broca de 64 mm

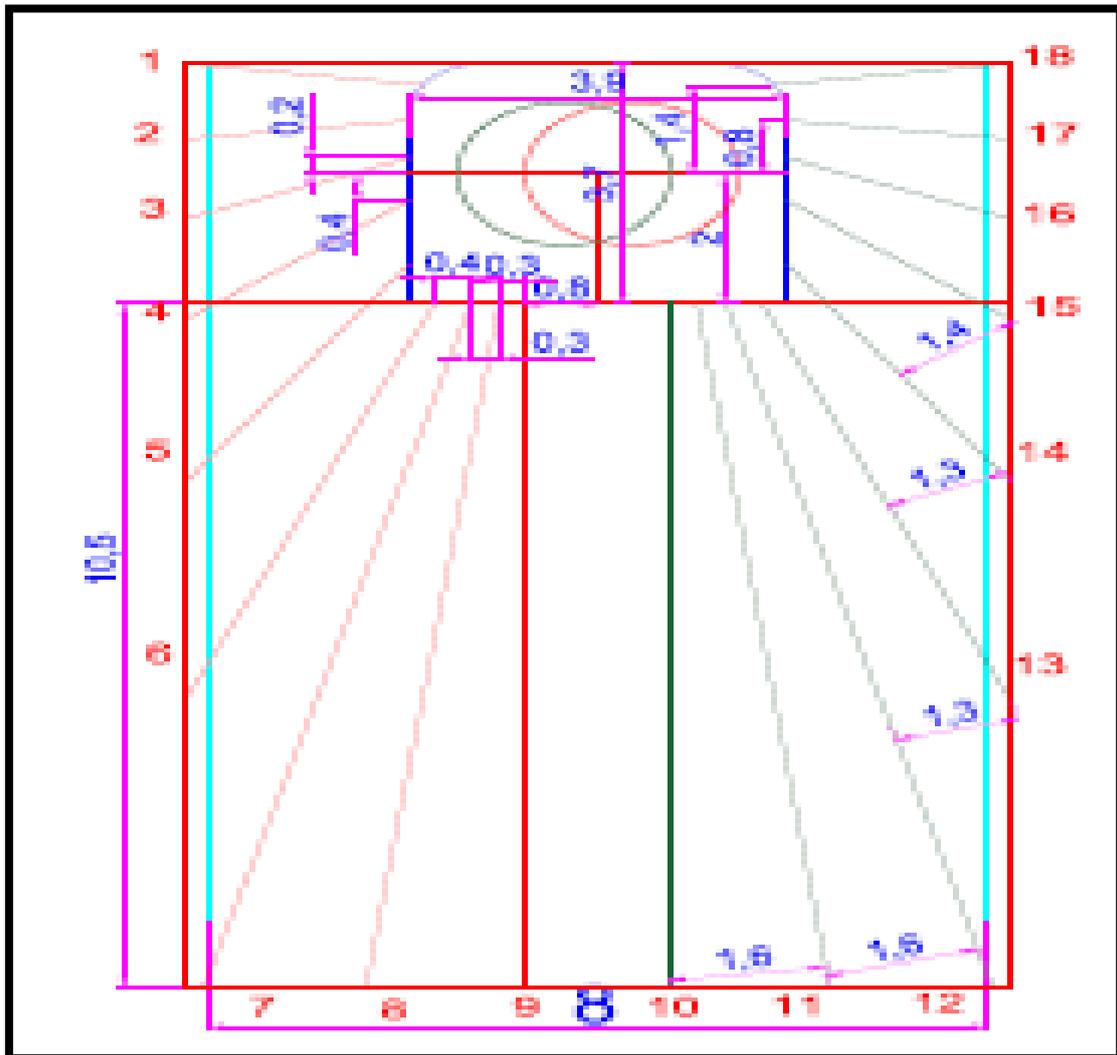


Figura 40. Malla de perforación negativa con brocas de 64 mm

En la figura se muestra malla de perforación negativa con brocas de 64 mm, valorizada en términos de perforación y voladura en el cuadro anterior de los precios unitarios

H. Costo de perforación y voladura, utilizando la broca de 89 mm

En el cuadro siguiente se muestran los costos de perforación y voladura con la broca de 89 mm y el diseño de malla utilizada después de la evaluación de costos unitarios, se evalúo los costos unitarios por guardia y los costos por tonelada en las operaciones unitarias.

Tabla 49

Costo de perforación y voladura, utilizando la broca de 89 mm

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad (personas)	Cantidad	Costo Unitario \$/Unidad	Costo Parcial \$\$/Gdia	Costo Total perforación y voladura US\$/ton
00	PERFORACION					7,522.94	1.91
01	Mano de Obra					4,038.33	
	Operador de Simba	Gdia	1	7	88.01	834.72	
	Ayudante Operador de Simba	Gdia	1	7	40.34	382.58	
	Mecánico - Electricista de Mina simba	Gdia	2	7	104.48	1,524.52	
	Peón de Servicios	Gdia	2	7	47.67	695.60	
	Bodeguero	Gdia	1	1	47.01	89.18	
	Choferes Camioneta Mantenimiento	Gdia	1	1	52.24	99.09	
	Choferes Camión Servicios, lubricador	Gdia	1	1	52.24	99.09	
	Supervisión					0.00	
	Ingeniero Jefe de Guardia	Gdia	1	1	195.89	313.54	
02	Aceros de Perforación					2,973.16	
	Barra SP T38-RD38-T38 x 5"	p.p	10	231.20	275.40	847.68	
	Broca Retractiva FP T38 x 89MM - casing	p.p	1	574.40	490.00	465.71	
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435 MM	p.p	1	231.20	285.00	140.36	
	Tubo de PVC	m.		207.00	4.11	850.77	
	Bolsa de Polipropileno	kg.		13.50	0.90	12.12	
	Cáncamos de anclaje	Pza		12.00	0.28	3.37	
	Reflectores de 500 watt	Pza		4.00	72.51	290.03	
	Conos de plástico naranja para SLS	Pza		18.00	0.22	4.01	
	Manguera de 1" (70 m)	m		70.00	3.53	247.10	
	Manguera de 1/2" (70 m)	m		70.00	1.60	112.00	
03	Equipos					294.98	
	Simba	hr.		34.20	0.00	0.00	
	Combustible	Gal		51.30	5.75	294.98	
04	Herramientas y EPP					216.48	

	Implementos de seguridad	Gdia	3	8.21	6.28	134.04	
	Herramientas	Gdia	1	8.21	7.04	57.78	
	Lámparas mineras	Gdia	3	8.21	1.16	24.66	
00	VOLADURA					5,134.77	0.51
01	Mano de Obra					1,369.46	
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	1	8.21	47.67	508.66	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	3	8.21	40.34	860.81	
02	Explosivos y accesorios de voladura					3,201.71	
	Booster (Unid)	Pza.		786.98	0.70	554.03	
	anfo (bls. X 25kg.)	kg.		,898.83	0.92	1,746.92	
	Guías Ensambladas Carmex de 7"	Pza.		14.00	1.57	22.04	
	DETONADOR NO ELECTRICO 15.0 M EXCEL	Pza.		216.00	3.70	798.45	
	Guía de seguridad	m.		0.00	3.70	0.00	
	Mecha rápida de ignición	m.		4.00	0.29	1.16	
	Cordón Detonante Pentacord 4gr	m.		350.00	0.23	79.10	
03	Equipos					210.00	
	Cargador de anfo	anelada		,780.00	0.06	210.00	
04	Herramientas y EPP					353.60	
	Implementos de seguridad	Gdia	4	8.21	6.28	201.07	
	Herramientas	Gdia	2	8.21	7.04	115.55	
	Lámparas Mineras	Gdia	4	8.21	1.16	36.98	
TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/tn)						2,657.71	2.42
Utilidad Costo Directo					10%		0.28
Gastos generales					13%		0.37
COSTO TOTAL (US\$/t)						3.07	

De la tabla se muestra lo siguiente:

- El costo parcial de perforación de **7,522.94** US\$/gdia.
- El costo parcial de voladura de **5,134.77** US\$/gdia.
- El costo total de perforación y voladura de **2.42** US\$/t en este costo no incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos.

- El costo total de perforación de **3.07** (US\$/t) este costo incluye utilidad de costos directos en 10% y gastos administrativos en 13% ambos respecto al costo total de perforación sin explosivo.

En la siguiente figura se muestra la malla de perforación utilizada en la perforación con la broca de 89 mm

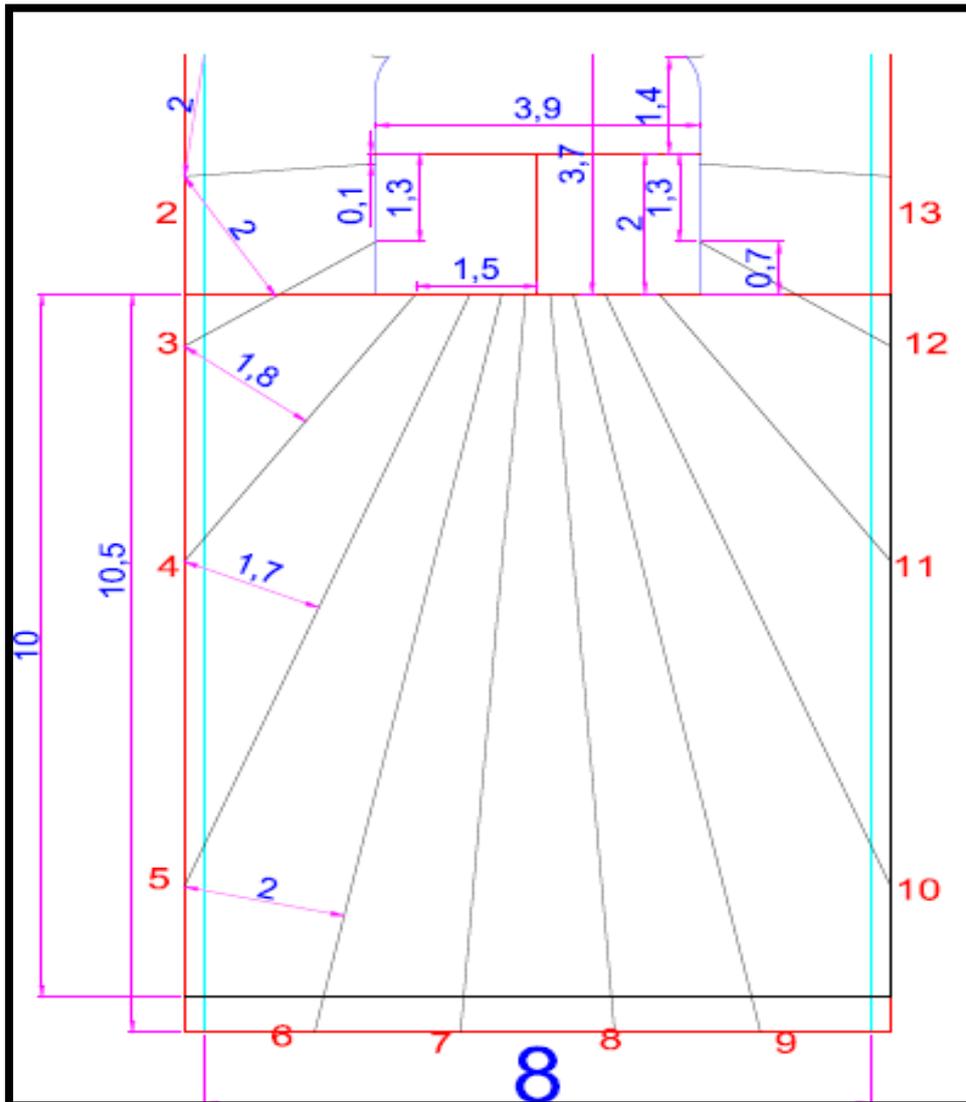


Figura 41. Malla de Perforación negativa con brocas de 89 mm

En la figura se muestra Malla de Perforación negativa con brocas de 89 mm, valorizada en términos de perforación y voladura en el cuadro anterior de los precios unitarios.

I. Reducción de costo en perforación y voladura

El costo unitario de la broca de 64 mm tiene un rendimiento mayor a la de 89 mm esto influye en el costo, esto lleva a que el costo se reduzca a favor de la broca de 89 mm

En el siguiente cuadro se muestra la reducción de costos en perforación como en voladura.

Tabla 50

Reducción de costo en perforación y voladura de la broca 64 mm y la broca 89 mm

Reducción de costo en perforación y voladura	Costo parcial US\$/Gdia	Costo total perforación y voladura US\$/ton
TOTAL COSTO DIRECTO	5,866	0.39
Utilidad costo directo 10%		0.28
Gastos generales 13%		0.37
COSTO TOTAL (US\$/tn)		1.04

Del cuadro se tiene los índices de reducción de costos de perforación y voladura:

- El costo parcial de perforación y voladura De **5,866** Us\$/Gdia.
- El costo total de perforación y voladura De **0.39** Us\$/tonelada en este costo no incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos.
- El costo total de perforación De **1.04** (Us\$/t). Este costo incluye utilidad de costos directos En 10% y gastos administrativos en 13% ambos respecto al costo total de perforación sin explosivo.

J. Rendimiento de las brocas 89 mm y 64 mm y el costo de producción en toneladas con respecto a la nueva malla de perforación.

En los siguientes cuadros se muestran los rendimientos de los metros perforados y el tonelaje volado en el tajo en términos de costos para una nueva malla con el tipo de broca de 89 mm y 64 mm

Tabla 51

Rendimientos de la broca de 89 mm respecto al costo de producción en toneladas por mensual

RENDIMIENTOS DE LA BROCA DE 64 MM Y EL COSTO DE PRODUCCIÓN EN TONELADAS		
Total metros perforados tajo	3 795 903.1	U\$\$/ ML
Total tonelaje del tajo	160 335.54	U\$\$/ ton

Tabla 52

Rendimientos de la broca de 64 mm respecto al costo de producción en toneladas por mensual

RENDIMIENTOS DE LA BROCA DE 89 MM Y EL COSTO DE PRODUCCIÓN EN TONELADAS		
Total metros perforados tajo	4,119,341	U\$\$/ ML
Total tonelaje del tajo	160 395.54	U\$\$/ ton

La nueva malla implementada con brocas de 89 mm es menor a los taladros a perforar (hay diferencia de 3 a 4 taladros más por fila) que la antigua malla de 64 mm, pero en consumo de brocas y aceros, agua, aire energía eléctrica, minimiza los costos a emplear. Por ello, se efectuó un cálculo de costos operativos; que por lógica es menor que los costos operativos con brocas de 64 mm. La broca de 89 mm que tiene mejores resultados para una nueva malla y con la finalidad de tener los costos a cobrar al cliente en un total metros perforados tajo: 3 795 903.1 U\$\$/ ML, total tonelaje del tajo: 160 335.54 U\$\$ / toneladas

La broca de 64 mm genera mayor costo en promedio mensual se tiene 323,438 U\$\$/ ML en pérdidas. Lo que da lugar a la voladura o rotura del tajo programado en el mes.

CONCLUSIONES

1. En la semana se concluyó satisfactoriamente con la perforación paralela y en abanico en metros perforados de 4,225 m con brocas de 64 mm y 4585 m con brocas de 89 mm con una diferencia de 360 m a un 90 % y la segunda semana cumpliendo en 8 795.16 m (tajo completo) en un 239 % más del 100 %. Esto se debe a la continuidad del equipo de seguimiento y mantenimiento correctivo para el equipo Simba y dando todas las condiciones óptimas a la labor, llegando así un performance.
2. La comparación en la perforación con la broca de 89 mm y de 64 mm para taladros de perforación en abanico, VCR + *SLOT* Paralelo-Nv .4172, en negativo, Asimismo, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 77.24 metros perforados, como total se tiene 539 metros perforados en términos económicos se tiene una optimización de costos por metro perforado tenemos 646.8 UD\$/mp,
3. La comparación en la perforación con la broca de 89 mm y de 64 mm para Taladros de perforación en abanico, VCR + *SLOT* Paralelo- Nv.4152 en positivo, Además, se tiene una reducción de 7 filas perforadas y cada fila cuenta con 100.27 metros perforados, como total se tiene 700.27 metros perforados en términos económicos se tiene una Optimización de costos por metro perforado tenemos 840.32 UD\$/mp,
4. La reducción de costo en perforación y voladura respecto al cambio de broca de 64 mm a la broca 89 mm, se tiene una optimización en el costo parcial de perforación y voladura de 5,866 Us\$/Gdia, el costo total de perforación Y Voladura De 0.39 US\$/tonelada en este costo no incluye utilidad de costos directos ni gastos administrativos y el costo total de perforación de 1.04 (us\$/tn) que incluye utilidad de costos directos en 10% y gastos administrativos en 13%.
5. Para la broca de 89 mm se tiene mejores resultados para una nueva malla y con la finalidad de tener los costos a cobrar al cliente en un total metros perforados tajo: 3 795 903.1 U\$\$/ ML, total tonelaje del tajo: 160 335.54 U\$\$ / toneladas la broca de 64 mm genera mayor costo en promedio mensual se tiene 323,438 U\$\$/ ML en pérdidas.

RECOMENDACIONES

1. Para tener un buen diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos con equipos simbas y cumplir los objetivos trazados por el cliente que viene hacer la compañía minera el brocal. Se debe de hacer cumplir que las labores de preparación estén totalmente estandarizadas para la perforación con simba.
2. Para tener una buena optimización se debe considerar el uso de tubos Tag, para las barras de perforación e igualmente se recomienda el uso de los tubos guías para reducir la desviación de taladros según esquema anterior.
3. Considerar que los aceros deben de estar en rotación permanente para evitar el desgaste prematuro y a la vez alargar la vida útil de los equipos.
4. El rendimiento de las brocas de diferentes tipos de diámetros de 64mm y 89 mm tienen diferentes rendimientos en los tipos de terreno también se debe tener en cuenta los factores y parámetro en la perforación, estas variables influyen para prolongar a la vida útil de los aceros de perforación. Además, la herramienta de control, un reporte para el consumo de brocas para hacer un seguimiento. El plan de capacitaciones en perforación y voladura mensual.
5. El menor consumo de explosivo con brocas de 64 mm minimizando los costos operativos. Con una diferencia de 0.96 kg de anfo / M3. Con la reducción de bancos en los disparos de SLS de los tajos se tiene que programar de 5 filas / g-día se optimizara el consumo de explosivos. La optimización de lo anterior nos permitirá obtener un alto rendimiento de productividad en SLS. Voladura 64 mm menos del 89 mm es mucho menor factor de carga

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MONTOYA, J. Análisis técnico económico para explotar portaladros largos el tajeo 775 en la Unidad de Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Lima, Perú, 2009.
2. VALLEJO, U. Minado por subniveles con taladros largos en cuerpos y vetas, Compañía de Minas. Universidad Nacional de Huamanga. Tesis (Título de Ingeniero de Minas)
3. SLIDESHARE. Costos mineros. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en <https://es.slideshare.net/jesucit0/costos-mineros>.
4. WIKIPEDIA. Anticlinal [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Anticlinal>
5. CAMARGO, J. Orientación de planos y líneas [diapositiva] [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. <https://es.slideshare.net/georgehsterling/geologia-estructural-orientacion-de-estructuras>.
6. CEREZEDA, M.; PÉREZ, Y.; ACUÑA, M. Carguío y transporte. [Trabajo de fin de ciclo] [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. http://www.academia.edu/12388921/Cargu%C3%ADo_y_Transporte.
7. GRATEROL M.; VÁSQUEZ H. Roca Sedimentaria. Caliza. Banco de imágenes-Ciencia. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en <http://www.uciencia.uma.es/Banco-de-Imagenes/Ciencia/Roca-Sedimentaria.-Caliza>.
8. SALAS, A. Planeamiento de minado subterráneo para vetas angostas: caso práctico; mina “esperanza de Caravel” de Compañía Minera Titán S.R.L. Lima, Perú, 2012.
9. UGR. Conglomerado. Tema 4. Petrología: Rocas sedimentarias. 18 de enero del 2012. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en https://www.ugr.es/~agcasco/msecgeol/secciones/petro/pet_sed.htm
10. JAUREGUI, O. Reducción de los costos operativos en mina mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura. PUCP. TESIS (Título: Ingeniero de Minas). Lima, Perú, 2009 Disponible en http://www.academia.edu/5618159/Reduccion_de_los_costos_operativos_en_mina_mediante_la_optimizacion_de_los_estandares_de_las_operaciones_unitarias_de_perforacion_y_voladura
11. VALENZUELA, C. Determinación del costo unitario, una herramienta financiera eficiente en las empresas. *El buzón de Pacioli*. 4(87). Disponible en <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no87/Pacioli-87-eBook.pdf>
12. UV. Clasificación de los costos. Disponible en <https://www.uv.mx/personal/alsalas/files/2013/02/CLASIFICACION-DE-LOS-COSTOS.pdf>

13. ECHEVARRIA, V. Métodos de explotación subterránea. [diapositiva] Huancayo, Perú. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018] Disponible en <https://es.slideshare.net/florfloresmontero/mtodos-de-explotacin-subterránea-2da-clase>
14. WIKIPEDIA. Diseño. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/diseño>
15. WIKIPEDIA. Estrato. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Estrato>. [En línea]
16. DEPARTAMENTO de Geología. Universidad de Sonora. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en <https://geologia.unison.mx/>. [En línea]
17. S. A. Introducción a la minería. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en. <https://es.slideshare.net/skill93/introduccion-a-la-mineria>. [En línea]
18. WIKIPEDIA. Geología. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Geolog%C3%ADa>
19. S. A. Programa analítico de la materia Geología Estructural. UBA. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en http://www.gl.fcen.uba.ar/files/1315/4212/0629/Geologia_Estructural_-_Programa_2018_.pdf.
20. ORTIZ, J. Apuntes de Curso de Explotación de Minas. Universidad de Chile. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2015/1/ME5703/1/foro/r/Apuntes_de_Curso_de_Explotacion_de_Minas_-_Julian_Ortiz.pdf
21. ESCALENTE, D. Acarreo en mina subterránea. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en http://www.academia.edu/9728042/Acarreo_en_miner%C3%ADa_subterr%C3%A1nea
22. ECHEVARRIA, V. Métodos de explotación subterránea. [diapositiva] Huancayo, Perú. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018] Disponible en <https://es.slideshare.net/florfloresmontero/mtodos-de-explotacin-subterránea-2da-clase>
23. BUENDIA, C. Métodos subterráneos 2017 IS5-6. [diapositiva] Huancayo, Perú. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018] Disponible en <https://es.scribd.com/presentation/360884190/Diapositiva-10-Metodos-Subterráneos-2017-I-S-5-6>
24. WIKIPEDIA. Minería Subterránea. [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Mina_subterr%C3%A1nea
25. HERRERA, J. Métodos de minería a cielo abierto. 2006 [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018] Disponible en http://oa.upm.es/10675/1/2011122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO.pdf

26. WIKIPEDIA. Tectónicos [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en C. <https://es.wikipedia.org/wiki/Geolog%C3%ADa>
27. WIKIPEDIA. Triasico [fecha de consulta: 21 de agosto de 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Tri%C3%A1sico>. [En línea]
28. ESTACIO, A. Aplicación del método de explotación minera v.c.r. para optimizar la producción en mina melisa de la compañía minera. Huancayo, Perú, 2015.
29. BELTRAN, K. Optimización de explotación del tajo 427-cuerpo chiara 445 usando taladros largos paralelos – Cía. Minera Casapalca S.A. 2017. Huancayo, 2018.
30. FAMESA. Fanel. [Citado el: 29 de 10 de 2019.] Disponible en <http://www.famesa.com.pe/productos/sistemas-de-iniciacion/fanel/>.
31. SAFORAS, J. Evaluación técnica económica del minado por subniveles con taladros largos en mantos para incrementar la producción, U.E.A. Colquijirca de la sociedad minera El Brocal S.A.A. Huancayo, Perú, 2012.
32. CASTRO, R. Operaciones en mina subterránea Marcapunta Norte-Brocal". Lima : s.n., 2014.
33. DE LA CRUZ, P.; MALLCCO, F. Aplicación de taladros largos en vetas angostas, para reducir costos de operación en la Zona Esperanza - Cia Minera Casapalca s.a. Huancavelica : s.n., 2014.
34. RIVERA, E. Metodo de minado sub level stoping en corporacion minera castrovirreyna s.a. Lima : s.n.
35. GUTIERREZ, L. Proyecto de aplicación del método tajeo por subniveles en el tajo 420-380 en mina Chipmo U.E.A Orcopampa. Lima : s.n., 2008.
36. LOAYZA, J. Aplicaciones estratégicas en las operaciones mineras de mina Iscaycruz. Lima: s.n.
37. GONZÁLES, O. Ingeniería geológica. 2004.
38. LÓPEZ, C., LÓPEZ, E., GARCIA, P. Manual de Perforación y voladura de Rocas. 2003.
39. STOPING, SUBLEVEL. <https://docplayer.es/48989397-Metodos-de-explotacion-sublevel-stoping.html>. [En línea]
40. HUAMÁN, Josmel Evaluación técnica económica del minado por subniveles con taladros largos en mantos para incrementar la producción – U.E.A. Colquijirca de la sociedad minera el Brocal s.a.a.". Huancayo : s.n., 2012.
41. EL BROCAL, JRC Ingeniería y Construcción. Planeamiento Anual de la Unidad Minera Marcapunta Sur-El Brocal. Cerro de Pasco : s.n., 2016.
42. SOFTWARE AUTOCAD CIVIL 3D. *software* de computadora. s.l.: Planos topograficos de labores mineras.

43. SOFTWARE DATAMINE STUDI.3.2. Software de computadora. s.l. : Diseño de dimensionamiento de labores.

44. SOFTWARE JKSIMBLAST. software de computadora. s.l. : Diseño de Malla.

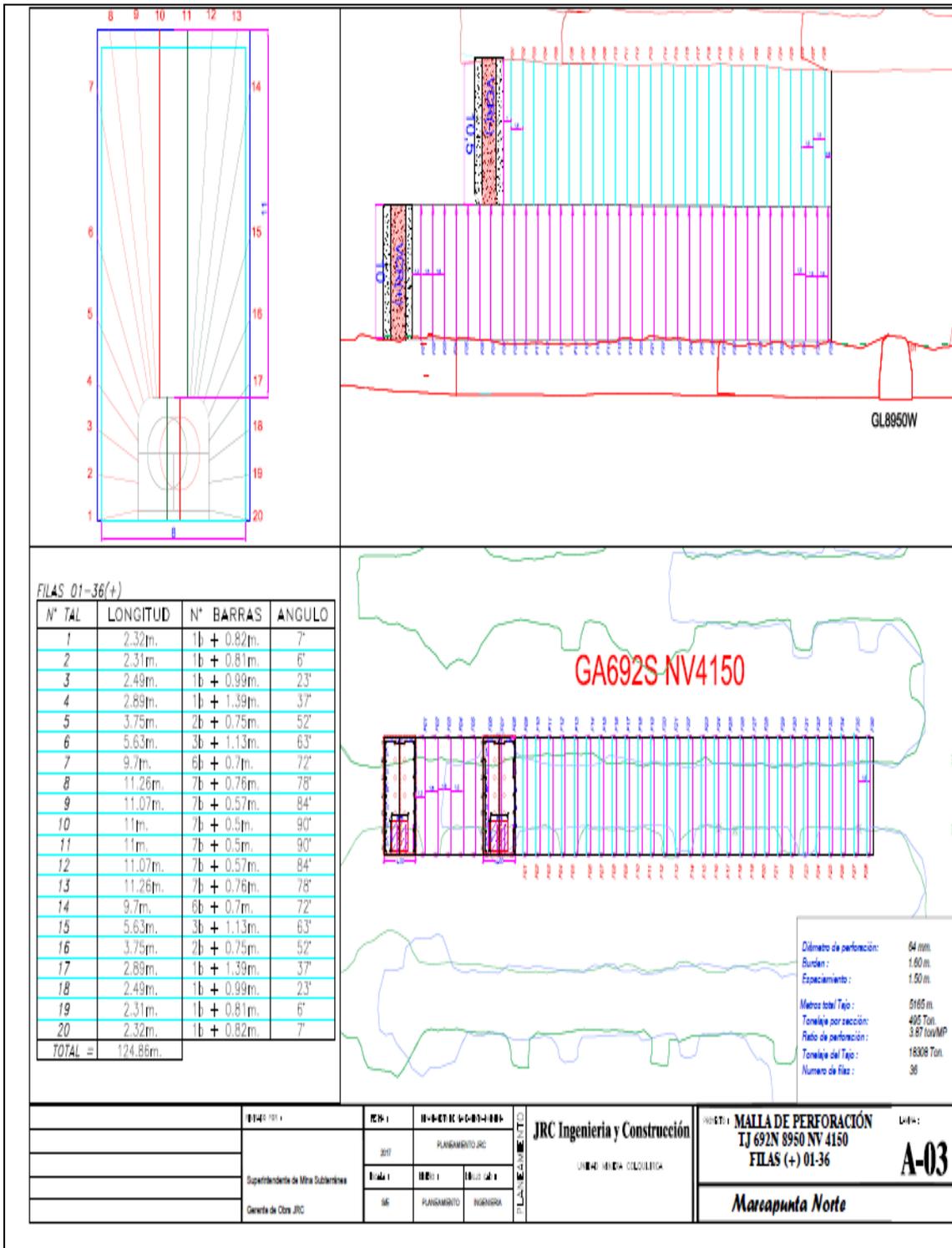
ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

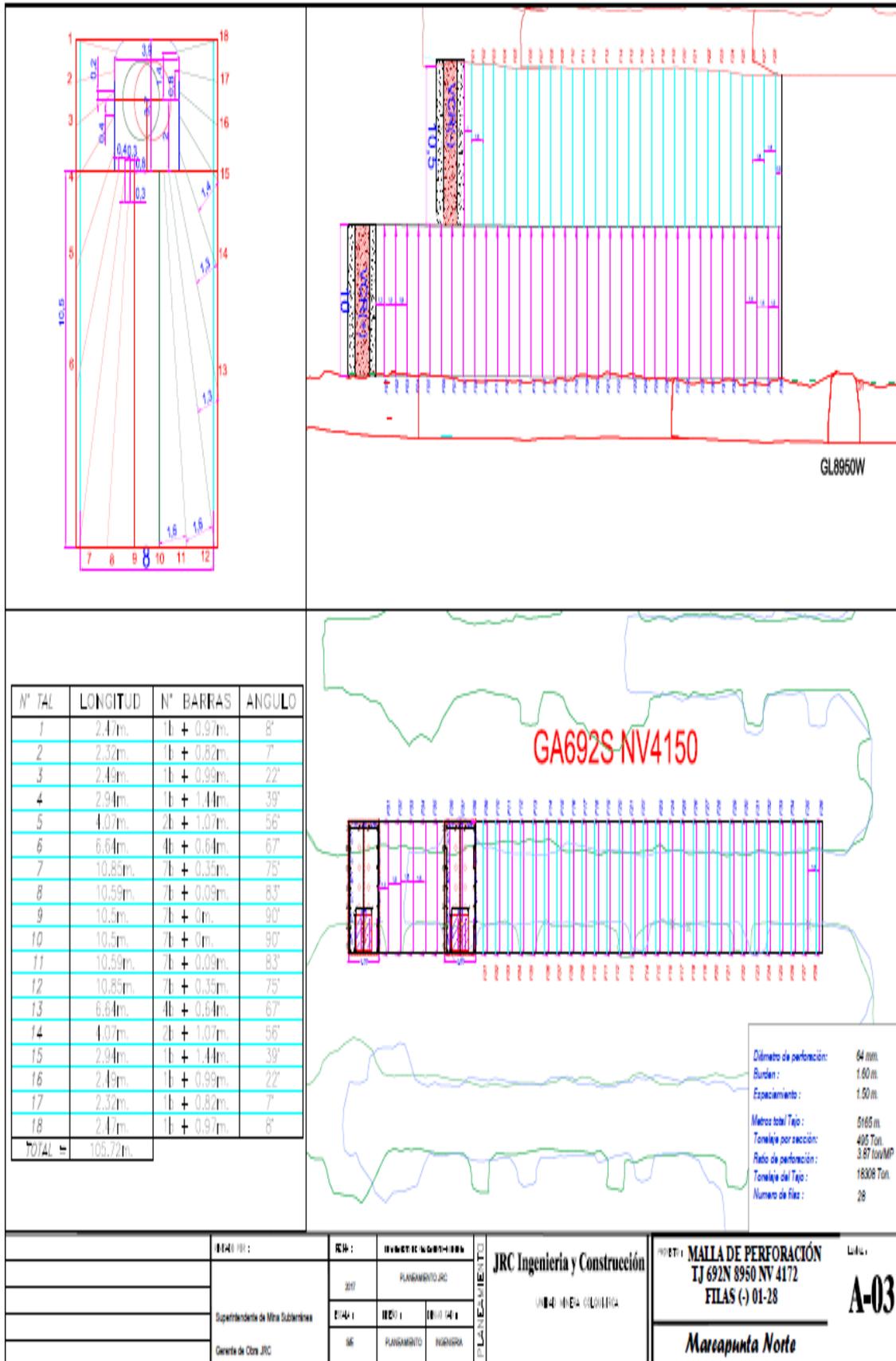
Matriz de consistencia		
Problema general	Objetivo General	Hipótesis General
¿Cómo influye el diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en la mina subterránea Marcapunta Sur-EI Brocal?	Evaluar el diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal.	La aplicación de la malla de perforación y voladura de taladros largos en el método sublevel stoping, influirá significativamente en el control de costos operativos en Marcapunta Sur-EI Brocal.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis Específica
a) ¿Cómo influye la malla de perforación de taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal?	a) Determinar la malla de perforación de taladros largos para mejorar los costos y alcanzar el límite de rotura planeado en Marcapunta Sur-EI Brocal.	a) El diseño de malla de perforación de taladros largos en el método de sublevel stoping permitirá controlar los costos operativos en Marcapunta Sur-EI Brocal.
b) ¿Cómo influye el factor de carga a implementar en los taladros largos para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal?	b) Determinar el factor de carga del explosivo en los taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal.	b) El factor de carga de los explosivos influye en el control de los costos operativos en Marcapunta Sur-EI Brocal.
c) ¿Cómo influye la secuencia de iniciación de la detonación de los taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal?	c) Determinar la secuencia de iniciación de la detonación de los taladros largos a implementar para evaluar los costos operativos en el método de explotación sublevel stoping en Marcapunta Sur-EI Brocal.	c) La secuencia de iniciación de la detonación de los taladros largos influyera en el control de los costos operativos en Marcapunta Sur-EI Brocal.

Anexo 2. Taladros en abanico y paralelo positivo en NV. 4152

block 8950 del tajo 692 S



Anexo 3. Taladros en abanico y paralelo negativos por en NV. 4172 block 8950 del tajo 692 S



Anexo 4. Precios unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
PARTIDA :	Chimenea slot (VCR)	Rendimiento	15.00	ml/disp.			
	Perforacion - voladura - Limpieza	longitud de barra perforació	3.00	mts			
DIMENSIONES TAJO:	2.10 x 2.10	longitud promedio tal	15.00	mts			
	10.00 mts	Nº taladros perforados	20.00				
UNIDAD DE MEDIDA :	ml	Nº taladros disparados	13.00				
ELABORADO POR	JRC Ingeniería y Construcción SAC	Nº taladros de alivio	7.00				
UNIDAD DE PRODUCCION :	SMEBSAA	Factor de carga		Kg/ton			
TIPO DE MATERIAL :	Mineral	rendimiento scooptram		ton/hr			
DUREZA DE MATERIAL :	Media						
INCLUYE :	Simba 1257, scooptram R1600G de 6.0 yd3	Peso especifico de material	3.20	ton/m3			
	No incluye explosivo	Horas por guardia	10.28	hrs			
	Limpieza 210 mts						

Item	Descripción	Cant.	Und.	P.U. (US\$)	Parcial	S-Total	Total
1.00	MANO DE OBRA						
	Operador Jumbo	20.00	hh	7.64	152.74	10.183	
	Ayud. Operador Jumbo	20.00	hh	5.42	108.41	7.227	
	Operador Scoop	6.00	hh	7.16	42.93	2.862	
	Operador Anfocard	0.00	hh	5.71	0.00	0.000	
	Cargador / disparador	10.28	hh	5.42	55.72	3.715	
	Ayudante Cargador	20.56	hh	5.42	111.44	7.430	
	Capataz	6.00	hh	10.53	63.17	4.211	
	Bodeguero	6.00	hh	5.42	32.52	2.168	
	Lamparero	6.00	hh	5.42	32.52	2.168	
	Electricista	6.00	hh	8.60	51.60	3.440	
	Jefe de guardia	6.00	hh	14.03	84.19	5.613	49.02
2.10	MATERIALES						
	Barra de extensión 4pies	984	pp	0.43	426.25	28.417	
	Broca botones 2 1/2"	984	pp	0.11	109.50	7.300	
	Adaptador piloto	984	pp	0.03	26.77	1.785	
	Manguito de acople	984	pp	0.26	251.88	16.792	
	Shank adapter	984	pp	0.03	26.08	1.739	
	Copas de afilado	984	jgo	0.03	26.77	1.785	
	Aguzadora	1.00	gda	2.67	2.67	0.178	
	Tuberías de polietileno 2" (agua)	0.00	ml	6.25	0.00	0.000	
	Tuberías de polietileno 2" (aire)	0.00	ml	6.25	0.00	0.000	
	Bridas de 2"	0.04	Und	4.88	0.20	0.013	
	Accesorios de tubería (Valvulas, Tees, C	1.0000	Glb	5.50	5.50	0.367	
	Tubos PVC para arrastre 1"	100	Und	3.00	300.00	20.000	
	Tableros eléctricos distribución	0.0001	Glb	750.00	0.08	0.075	
	Tableros eléctricos arrancador	0.0001	Glb	1,000.00	0.12	0.120	
	Conectores trifasicos	0.0004	Glb	70.00	0.03	0.026	
	Cables electricos	2.00	ml	0.00	0.00	0.000	
	Mangas de Ventilación - 30"	0.00	ml	2.00	0.00	0.000	
	Cancamos agua-aire y electricidad	0.00	und	0.60	0.00	0.000	
	Manguera de lona 2" 100 psi	0.50	ml	7.00	3.50	0.233	
	Manguera de lona 1" 100 psi	1.00	ml	3.42	3.42	0.228	
	Aceite de perforación	0.50	gln	8.96	4.48	0.299	79.36
2.20	EXPLOSIVOS						
	Dinamita Semexa 80%-11/8*8	0.0	und	0.000	0.000	0.000	
	Dinamita Semexa 65% - 7/8 * 7	0.0	und	0.000	0.000	0.000	
	Gelatina 75% 1 1/8x8	0.0	und	0.000	0.000	0.000	
	Carmex	0.0	und	0.000	0.000	0.000	
	Fulminante fanel	0.0	und	0.000	0.000	0.000	
	Cordón detonante	0.0	m	0.000	0.000	0.000	0.00
2.30	Herramientas						
	Implementos de Seguridad Normal y agua	0.08	%	49.02		4.019	
	Herramientas manuales	0.05	%	49.02		2.549	
	Lampara Minera	107	hh	0.12	12.82	0.855	7.42
3.00	EQUIPOS						
	Jumbo electrohidráulico	20.10	hm	130.00	2,613.00	174.200	
	Scooptram de 6,0 yd3	4.28	hm	90.00	385.56	25.704	
	Ventiladores de 30,000 CFM	10.00	gdia.	20.00	200.00	13.333	
	Ventiladores de 60,000 CFM	0.00	gdia.	0.00	0.00	0.000	
	Anfocard	0.00	gdia.	40.00	0.00	0.000	
	cargador de lamparas	106.84	hh	0.26	27.78	1.852	
							215.09
COSTO DIRECTO							350.88
GASTOS GENERALES							13.0%
UTILIDAD							10.0%
COSTO TOTAL							431.59
Los precios unitarios no incluyen IGV							

Anexo 5. Precios unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
	PARTIDA:	Perforacion			RENDIMIENTO:	1080 Ton/gdia	
	UNIDAD DE MEDIDA:	Ton.			LONGITUD DE LA BARRA DE PERFOR:	5 pies (1.5 m)	
	ELABORADO POR:	SMEBSAA			LONGITUD PROMEDIO DEL TALADRO:	10	
	UNIDAD DE PRODUCCION:	SMEBSAA			N° DE TALADROS PERFORADOS DIA:	34	
	TIPO DE MATERIAL:	Mineral			N° DE TALADROS DISPARADOS DIA:	34	
	DUREZA DE MATERIAL:	media					
	INCLUYE:	Simba 7 % generacion de bancos.			FACTOR DE POTENCIA:	0.19 m3	
					HORAS POR GUARDIA:	10.28 ton.	
					RENDIMIENTO SCOOPTRAM:	70 Ton/hr	
					PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL:	3.2	
					HORAS EFECTIVAS POR GUARDIA:	8 hr	
ITEM	Descripcion	Cant.	Und.	P.U. (U\$)	PARCIAL	S-TOTAL	TOTAL
1	Operador Simba	10.3	hh	7.64	78.54	0.073	
	Ayud. Operador Simba	10.3	hh	5.42	55.72	0.052	
	Operador scoop	10.3	hh	7.16	73.60	0.068	
	Operador Anfocard	8.0	hh	5.71	45.68	0.042	
	Cargador / disparador	10.3	hh	5.42	55.72	0.052	
	Ayudante cargador	10.3	hh	5.42	55.72	0.052	
	Tecnico en voladura	6.0	hh	8.60	51.60	0.048	
	Asistente Tecnico en Voladura	6.0	hh	5.42	32.52	0.030	
	Electricista	6.0	hh	8.60	51.60	0.048	
	Personal Servicios Mina - Tuberos	6.0	hh	5.42	32.52	0.030	
	Muestreo	10.3	hh	5.42	55.72	0.052	
Jefe de Guardia	4.0	hh	14.03	56.12	0.052	0.60	
2.1	Materiales						
	Broca botones 2 1/2" (64 mm)	656.00	Und	0.32	209.92	0.192	
	Barra de extension 5 pies total	656.00	Und	0.93	610.08	0.565	
	Shank adapter	656.00	Und	0.09	59.04	0.054	
	Copas de afilado	196.41	Und	0.03	5.89	0.005	
	Aguzadora	0.40	Und	2.67	1.07	0.001	
	Accesorio de tuberia (valvulas,tess,codo)	0.40	Und	5.50	2.20	0.002	
	Tubos PVC	66.67	jgo	4.11	274.01	0.254	
	Tablero electricos distribucion	0.01	gda	750.00	7.50	0.005	
	Tablero electricos arracador	0.00	ml	1000.00	0.00	0.003	
	Conectores trifasicos	0.29	ml	70.00	20.30	0.019	
	Cables electricos	0.79	ml	0.00	0.00	0.000	
	Mangas de ventilacion - 30°	0.79	Und	2.00	1.58	0.001	
	Grasa para afinado	1.00	Glb	8.00	8.00	0.007	
Aceite de perforacion	0.20	Und	8.96	1.79	0.002	1.11	
2.2	Herramientas						
	Implementos de seguridad normal y agia	0.08	%	645.00	51.6	0.048	
	herramientas manuales	0.05	%	645.00	32.25	0.030	
	lampara minera	97.68	hh	0.12	11.7216	0.011	
	iliminacion	2.00	un	149.20	298.4	0.276	0.37
2.3	EQUIPOS						
	Simba Electrohidraulico	8.00	hm	130	1040.00	0.963	
	Scooptram de 6.0 yd3 y control remoto	9.00	hm	90	810.00	0.750	
	Anfocard	8.00	gdia	40	320.00	0.296	
	Cargador de lamparas	97.68	hh	0.26	25.40	0.024	2.03
COSTOS DIRECTO							4.11
GASTOS GENERALES			4.52%				0.19
UTILIDAD			10%				0.41
COSTO TOTAL				U\$ /Ton.			4.78

Anexo 6. Perforación con Simba 89 mm



Anexo 7. Tajo perforado a iniciar el carguío del tajo con explosivo

