

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Evaluación del diseño de la malla de perforación, voladura y su
influencia en los indicadores y avances de las labores mineras, en
la Empresa Minera Volcán – Unidad San Cristóbal**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero de Minas**

Autor:

Bach. Irving Becker SANTIAGO PICHÓ

Asesor:

Mg. Manuel Mayer CARHUARICRA RIVERA

Cerro de Pasco - Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Evaluación del diseño de la malla de perforación, voladura y su
influencia en los indicadores y avances de las labores mineras, en
la Empresa Minera Volcán – Unidad San Cristóbal**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
PRESIDENTE

Mg. Carlos Edwin ROJAS VICTORIO
MIEMBRO

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"



Firmado digitalmente por CONDOR SURICHACUJI Santa Silvia FAU
20154605046 soft
Yo Soy el autor del documento
19/11/2025 16:59:07 -05:00



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 050-2025

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Irving Becker SANTIAGO PICH0

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo

"EVALUACION DEL DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION, VOLADURA Y SU INFLUENCIA EN LOS INDICADORES Y AVANCES DE LAS LABORES MINERAS, EN LA EMPRESA MINERA VOLCAN – UNIDAD SAN CRISTOBAL"

Asesor:

Mg. Manuel Mayer, CARHUARICRA RIVERA

Índice de Similitud: **7 %**

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 19 de noviembre de 2025.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A mi amado hijito, que con su sonrisa ilumina mis días y con su ternura me recuerda la razón más grande por la cual debo seguir luchando. Tú eres mi mayor motivación, el impulso que me sostuvo en los momentos más difíciles y la fuerza que me permitió no rendirme cuando las dificultades parecían insuperables.

A mis padres, pilares de mi vida, que con amor infinito y apoyo incondicional me enseñaron el valor de la disciplina, la humildad y la perseverancia.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la vida, la salud y la fortaleza necesaria para no rendirme en los momentos más difíciles. A mis padres, por su amor incondicional, por su esfuerzo constante y por enseñarme. A mi hijo, que con su sonrisa y su cariño se convirtió en la mayor fuente de motivación y en la razón principal para seguir avanzando con firmeza.

Extiendo también mi agradecimiento a mis docentes y asesores, quienes, con su guía, paciencia y dedicación, me orientaron en cada etapa de la investigación. Gracias por compartir su conocimiento y por inspirarme a crecer tanto en lo académico como en lo personal.

RESUMEN

La investigación que tiene como título: **“EVALUACION DEL DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION Y SU INFLUENCIA EN LOS INDICADORES Y AVANCES DE LAS LABORES MINERAS, EN LA EMPRESA MINERA VOLCAN – UNIDAD SAN CRISTOBAL”** establece como finalidad principal Evaluar si el diseño de la malla de perforación y voladura influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal. La hipótesis principal dice: Si influye el diseño de la malla de perforación y voladura, en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal. En cuanto al perfil metodológico de este trabajo tiene un tipo APLICADO, con un nivel descriptivo, analítico, y el diseño es no experimental y la técnica utilizada es la observación directa, análisis de documentos. Las variables identificadas como independientes Diseño de la malla de perforación y voladura, mientras la variable dependiente es la Comportamiento de indicadores y avances. Para finalizar se elaboran las conclusiones respectivas y se proponen las recomendaciones necesarias.

Palabras claves: malla de perforación, perforación, voladura, subnivel, breasting, parámetros de perforación, voladura

ABSTRACT

The research titled: "EVALUATION OF THE DESIGN OF THE DRILLING GRID AND ITS INFLUENCE ON THE INDICATORS AND PROGRESS OF MINING WORKS, IN THE VOLCAN MINING COMPANY - SAN CRISTOBAL UNIT" establishes as its main objective to evaluate whether the design of the drilling and blasting grid influences the behavior of the indicators and progress of mining work, in the Volcan Mining Company - San Cristobal Unit. The main hypothesis says: Yes, the design of the drilling and blasting grid influences the behavior of the indicators and progress of mining work, in the Volcan Mining Company - San Cristobal Unit. Regarding the methodology, the research carried out is of the APPLIED type, with a descriptive, analytical level, and the design is of a non-experimental type and the technique used is direct observation, document analysis. The variables identified as independent are the design of the drilling and blasting grid, while the dependent variable is the performance of indicators and progress. The research concludes with the respective conclusions and recommendations.

Keywords: drilling grid, drilling, blasting, sublevel, breasting, drilling parameters, blasting

INTRODUCCION

Bien sabemos que después de la perforación viene el proceso de la voladura donde veremos los resultados del diseño de la malla de perforación, constatando si los parámetros fueron lo correcto o no; dentro de estos parámetros a constatar se tiene la longitud de avance, factor de potencia, grado de fragmentación, dilución, sobre rotura.

En la unidad San Cristóbal se está observando en algunas labores problemas como grado de fragmentación, taladros sopladados, tiempo de trabajo en una labor para realizar la perforación y voladura, sobrerotura, etc.

Teniendo en cuenta estos aspectos se ha planteado la necesidad de evaluar la malla de perforación que se usa en frentes, sub niveles, labores de desmonte, brestring; este es el motivo de la presente investigación.

La manera en que está organizada esta tesis es por capítulos como se señala a continuación:

Como parte del capítulo I se presenta el planteamiento del problema sobre mallas de perforación y voladura en sub niveles, desmonte, frentes, brestring. En este capítulo se examina la problemática a nivel general y específico, así como los objetivos generales y específicos. También se presenta la importancia de este trabajo y las justificaciones necesarias. Así como la hipótesis y se describen las variables. Por último, se mencionan la delimitación y las limitaciones encontradas.

El Capítulo II presenta el Marco Teórico donde se exponen los trabajos antecedentes sobre mallas de perforación y voladura en cuanto a indicadores y avances. Luego veremos las diferentes bases teóricas sobre el tema propuestas.

A continuación, el Capítulo III presenta el método de investigación usado, además del nivel, tipo y diseño de la investigación, así como los grupos poblacionales y muestrales, en esta parte también se revisan las Técnicas e instrumentos usados para recabar datos y analizarlos. En el Capítulo IV presentamos una evaluación de las mallas de perforación y voladura de sub niveles, labores de desmonte, frentes, brestring en cuanto a sus indicadores y avances.

Finalmente, se presentan las conclusiones necesarias y las recomendaciones adecuadas. Para cerrar el trabajo se registran las referencias bibliográficas con los autores revisados en este trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
ÍNDICE	
INDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial	2
1.2.2. Delimitación temporal.....	2
1.3. Formación del problema	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problemas específicos.....	2
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitación de la investigación	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	5
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	5
2.2. Bases teóricas – científicas	8

2.2.1. Aspectos generales de la Mina.....	8
2.2.2. Métodos de explotación	10
2.2.3. Diseño de malla.....	13
2.2.4. Perforación	16
2.2.5. Voladura	21
2.2.6. Fragmentación	25
2.3. Definición de términos conceptuales.....	26
2.4. Enfoque filosófico – epistémico	30

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación	31
3.2. Nivel de investigación	31
3.3. Características de la investigación	31
3.4. Métodos de investigación	32
3.5. Diseño de investigación	32
3.6. Procedimiento de muestreo.....	32
3.6.1. Población.....	32
3.6.2. Muestra.....	32
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.7.1. Técnicas	32
3.7.2. Instrumentos.....	32
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	33
3.9. Orientación ética	33

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	34
4.1.1. Trabajo de campo	34
4.1.2. Geomecánica de las labores mineras	34

4.1.3. Mallas de perforación y voladura.....	36
4.1.4. Presentación de resultados	50
4.2. Discusión de resultados.....	67
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la mina San Cristóbal	9
Figura 2: Accesibilidad a la Mina San Cristóbal	10
Figura 3: Vista isométrica método de minado breasting	11
Figura 4: Vista isométrica metodo de minado Bench and Fill (avoca).....	12
Figura 5: Vista longitudinal minado Bench and Fill (avoca) con relleno detrítico	12
Figura 6: Ubicación de los puntos dirección	14
Figura 7: Ubicación de los puntos gradiente	15
Figura 8: Distribución de taladros	18
Figura 9: Áreas o zonas de un frente de voladura convencional	21
Figura 10: Prills de nitrato	22
Figura 11: Dinamita semigelatina	23
Figura 12: Emulnor	24
Figura 13: Fulminante	24
Figura 14: Mecha de seguridad	25
Figura 15: Diseño de mallas de perforación para subniveles	37
Figura 16: Diseño de mallas de perforación para desmonte	40
Figura 17: Diseño de mallas de perforación para frentes	43
Figura 18: Diseño de mallas de perforación para Bresting	47
Figura 19: Longitud de perforación y longitud de avance en sub niveles	51
Figura 20: Factor de avance en sub niveles.....	52
Figura 21: Factor de carga de las voladuras en sub niveles.....	53
Figura 22: Resultados en la corona de la labor	54
Figura 23: Resultados de sobrerotura en sub niveles.....	54
Figura 24: Longitud de perforación y longitud de avance en labores de desmonte	56
Figura 25: Factor de avance en labores de desmonte	56
Figura 26: Factor de carga de las pruebas en labores de desmonte	57
Figura 27: Resultados de sobrerotura en labores de desmonte	59

Figura 28: Longitud de perforación y longitud de avance en frentes	60
Figura 29: Factor de avance en frentes	61
Figura 30: Factor de carga de las pruebas en frentes	62
Figura 31: Resultados de sobre rotura en frentes	63
Figura 32: Longitud de perforación y longitud de avance en Bresting	64
Figura 33: Factor de avance en labores con Bresting.....	65
Figura 34: Factor de carga de las pruebas en Bresting	66
Figura 35: Resultados de sobrerotura	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Unidades Geotécnicas San Cristóbal	35
Tabla 2: Datos generales de sub niveles	38
Tabla 3: Resultados en sub niveles	38
Tabla 4: Accesorios de voladura en sub niveles.....	38
Tabla 5: Distribución de la carga explosiva para sub nivel b Diseño de mallas de perforación para desmonte	39
Tabla 6: Datos generales de labores en desmonte	40
Tabla 7: Resultados de labores en desmonte	41
Tabla 8: Accesorios de voladura en desmonte	41
Tabla 9: Distribución de la carga explosiva para desmonte	42
Tabla 10: Datos generales de labores en frentes	44
Tabla 11: Resultados para labores de frentes	44
Tabla 12: Accesorios para labores de frentes	45
Tabla 13: Distribución de la carga explosiva para Frentes.....	46
Tabla 14: <i>Datos generales labores con Brestring</i>	47
Tabla 15: Resultados de labores con Brestring	48
Tabla 16: Accesorios de labores con Brestring.....	48
Tabla 17: Distribución de la carga explosiva para Brestring.....	49
Tabla 18: Resultados de los indicadores y avances de la voladura en Sub Niveles ...	50
Tabla 19: Resultados de los indicadores y avances de la voladura en labores de desmonte	55
Tabla 20: Resultados de los indicadores y avances de la voladura en frentes	59
Tabla 21: Resultados de los indicadores y avances de la voladura en Brestring	63
Tabla 22: Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en Sub niveles	68
Tabla 23: Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en labores de desmonte.....	69

Tabla 24: Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en frentes.....	70
Tabla 25: Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en labores con Brestring.....	71

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

En el proceso minero de explotación de una labor o perforación y voladura de labores lineales como rampa, galería, sub niveles, cruceros, se tiene actividades como la perforación y voladura que son procesos delicados y de suma importancia en la extracción del mineral o roca estéril,

La actividad de perforación comienza con el diseño de la malla de perforación el cual se realiza teniendo en cuenta factores como tipo de roca, su geomecánica, sección de la labor, explosivo usado, equipo empleado, etc. Después de la perforación viene el proceso de la voladura donde veremos los resultados del diseño de la malla de perforación, constatando si los parámetros fueron lo correcto o no; dentro de estos parámetros a constatar se tiene la longitud de avance, factor de potencia, grado de fragmentación, dilución, sobre rotura.

En la unidad San Cristóbal se observó en algunas labores problemas como grado de fragmentación, taladros soplados, tiempo de trabajo en una labor para realizar la perforación y voladura, sobre rotura, etc.

Teniendo en cuenta estos aspectos se ha planteado la necesidad de evaluar la malla de perforación que se usa en frentes, sub niveles, labores de desmonte, bresting; este es el motivo de la presente investigación.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Este trabajo se aplicará en las instalaciones de La mina de San Cristóbal que se ubica en la localidad de Yauli que forma parte del departamento y provincia de Junín.

1.2.2. Delimitación temporal

Se tiene previsto aplicar este trabajo el año 2024 entre los meses de julio y diciembre.

1.3. Formación del problema

1.3.1. Problema general

¿Al evaluar el diseño de la malla de perforación y voladura, ver si influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal?

1.3.2. Problemas específicos

Problema específico a

¿Al evaluar el diseño de la malla de perforación y voladura, ver si influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras desmonte y sub niveles, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal?

Problema específico b

¿Al evaluar el diseño de la malla de perforación y voladura, ver si influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras frentes, Bresting, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar si el diseño de la malla de perforación y voladura, influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico a

Evaluar si el diseño de la malla de perforación y voladura, influye en el comportamiento de los indicadores y avances desmonte y sub niveles de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal.

Objetivo específico b

Evaluar si el diseño de la malla de perforación y voladura influye en el comportamiento de los indicadores y avances frentes, Brestring de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal.

1.5. Justificación de la investigación

A continuación, planteamos las justificaciones siguientes.

Justificación Teórica

La investigación sobre evaluación de la malla de perforación y voladura va a generar nuevos datos o informaciones sobre dicho tema el cual será muy valioso para poder aplicar en otros casos similares.

Justificación Practica

Mediante la investigación presente de la evaluación de la malla de perforación y voladura sus resultados harán posible verificar si se está aplicando en forma adecuada o no o si hay necesidad de hacer correcciones o mejoras en el diseño de la malla de perforación, el cual beneficiara a la empresa.

Justificación Económica

Con la propuesta de este trabajo se intentan evaluar si es posible reducir los costos de las labores de perforación y voladura con un nuevo diseño para

las mallas de perforación, con lo cual se busca una mejora a nivel económico en la Empresa Minera Volcán – Unidad San Cristóbal.

1.6. Limitación de la investigación

Referente a limitaciones que podríamos tener en la realización de la presente tesis vemos que no habrá problemas o limitación por cuanto se contó con el apoyo de la empresa y contamos con el tiempo y información suficientes.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes nacionales

Primer antecedente:

En su trabajo (LARA , 2013) titulado "Diseño de malla de perforación para optimizar la voladura en la Unidad Carahuacra de la Compañía Minera Volcán S.A.A.3" tuvo como objetivo: contar con mallas de perforación eficientes y de buen rendimiento.

Como conclusiones se tuvo:

Se diseño un arranque hexagonal para rocas de RMR mayores 41, teniendo una voladura eficiente.

Se minimizo los daños a la corona, al emplear explosivos de menor poder rompedor.

Se mejoro los avances lineales en las rampas, en conclusión, se mejoró el disparo teniendo una eficiencia de 77 % a 88 %

Segundo antecedente

La tesis de (RIVERA , 2023) cuyo título es "La aplicación del diseño de malla de perforación y voladura y su influencia en la calidad del fraccionamiento de mineral en la Unidad Minera Andaychagua - Yauli 2022." Tuvo como

finalidad: evaluar la influencia en la fragmentación del mineral el diseño de la perforación y voladura.

Como conclusiones se tuvo:

Se logro un nuevo diseño de la malla de perforación y voladura mejorando la calidad de la fragmentación

El burden calculado fue de 30 cm. Y el espaciamiento de 40 cm lo que influye positivamente en el grado de fraccionamiento del mineral.

La cantidad de taladros utilizados fueron 49 taladros, 37 taladros cargados, 4 de arranque y 8 de alivio obteniendo una buena fragmentación. La cantidad de explosivo fue de 95.5 kg empleando explosivos emulnor 3000, 1000 y famecorte.

Tercer antecedente

La tesis de (MAMANI, 2022) titulado "RE diseÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN FRENTES DE AVANCE NIVEL 0 PARA REDUCIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN SM ESPERANZA SECOCHA" tuvo entre sus objetivos: alcanzar una reducción en los costos mediante un rediseño de la malla de perforación y voladura en frentes de avance.

Entre sus conclusiones se tiene:

Se logro rediseñar la malla de perforación donde se disminuyó los taladros a 42, reduciendo los costos por metro de 226 \$/m a 207 \$/m.

También se logro reducir la cantidad de anfo de 36 kg a 23 kg. El factor de carga de 4.76 kg/m³ a 3.12 kg/m³, el factor de caga lineal de 24 kg/m a 15.72kg/m y factor de potencia de 1.90kg/ton a 1.25kg/ton

Cuarto antecedente

La tesis de (HANCCO, 2022) titulada "DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO PARA UNIFORMIZAR LA FRAGMENTACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA OSCCOLLO – ESPINAR", cuyo objetivo fue:

Uniformizar la fragmentación de la cantera mediante un diseño de la malla de perforación y voladura y la clasificación de la roca. Uniformizar la fragmentación de la cantera mediante un diseño de la malla de perforación y voladura y la clasificación de la roca.

Las conclusiones arribadas fueron:

El tipo de roca que predomina es el de roca media clase III, con un solo dominio geomecánico y presencia de roca andesita.

La malla de perforación y voladura presenta una configuración triangular, con burden de 2.8 m, espaciamiento 3.3 m, taco de 1.5 m, factor de carga de 0.31 kg/m³, se usó explosivo anfo.

Se logro uniformizar la fragmentación de la cantera contando con una granulometría de 64.41 % de roca mayor a 30 cm, y de 7 cm. En menores a 10.40 %

Quinto antecedente

La tesis de (LLACCTAHUAMAN, ORDOÑEZ, 2022) titulada “DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA Y SU INFLUENCIA EN LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL NIVEL 1250 UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA – CONTRATA MINERA IESA S.A.”, su objetivo fue: reducir los costos mediante un nuevo diseño de la malla de perforación y voladura.

Como conclusión se tuvo:

El metro lineal por avance para taladros de 14 pies 2.73 m y costo de 1,329.07 \$, para 8 pies 2.56 m. y un costo de 1246.31 \$.

En resumen, los costos para taladros de 14 pies son de \$ 751.87 y de 8 pies \$ 389.99.

El coeficiente de correlación de Pearson presenta un valor de $r = 0,96$. Lo cual nos indica que en cuanto a su correlación presenta un grado muy alto, por lo que se puede afirmar que entre las variables existe según la correlación

qué vincula a los costos unitarios y al diseño de las mallas de acuerdo con el número de taladros.

Sexto objetivo

La tesis de (RICSE, 2020) titulada "DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN DE ROCA EN MINA PAOLA DE COMPAÑÍA MINERA SAN LUCAS S.A.C". tuvo como fin: mejorar la fragmentación de la roca mediante una nueva malla de perforación y voladura; y entre sus conclusiones se pueden mencionar:

Los parámetros se lograron estandarizar por medio de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura.

Se logro los siguientes resultados en perforación:

Disminución de la cantidad de taladros de 31 a 41, incremento de la longitud del taladro de 3.22 m a 3.51 m, se disminuyó el tamaño del taco de 0.5 m a 0.43 m

En voladura se logra:

Los factores evaluados se modificaron de la siguiente manera: la carga de explosivo se establece en 20.99 %, carga lineal se establece en 21.60 %, la potencia mejora en 20 %, la fragmentación presenta un mejor tamaño con 26.35 cm.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Aspectos generales de la Mina

➤ Ubicación

Las operaciones mineras de San Cristóbal se encuentran emplazadas en la localidad de Yauli, que forma parte de la provincia y el departamento de Junín. esta localidad se encuentra a una distancia de 110 Km de la ciudad de Lima.

➤ Accesibilidad

Para acceder a estas operaciones se puede tomar las siguientes vías: es de la ciudad de Lima tomando la carretera central hacia la ciudad de la Oroya, a partir de ahí se debe tomar la vía hacia la localidad de Yauli, donde se debe tomar el acceso hacia Mina San Cristóbal.

El tiempo que abarca este recorrido es variable y depende de clima, de la condición de la carretera y del tráfico, normalmente se puede realizar de 4 a 6 horas de camino. (ESPINOZA; Onan, 2018)

Figura 1: Ubicación de la mina San Cristóbal

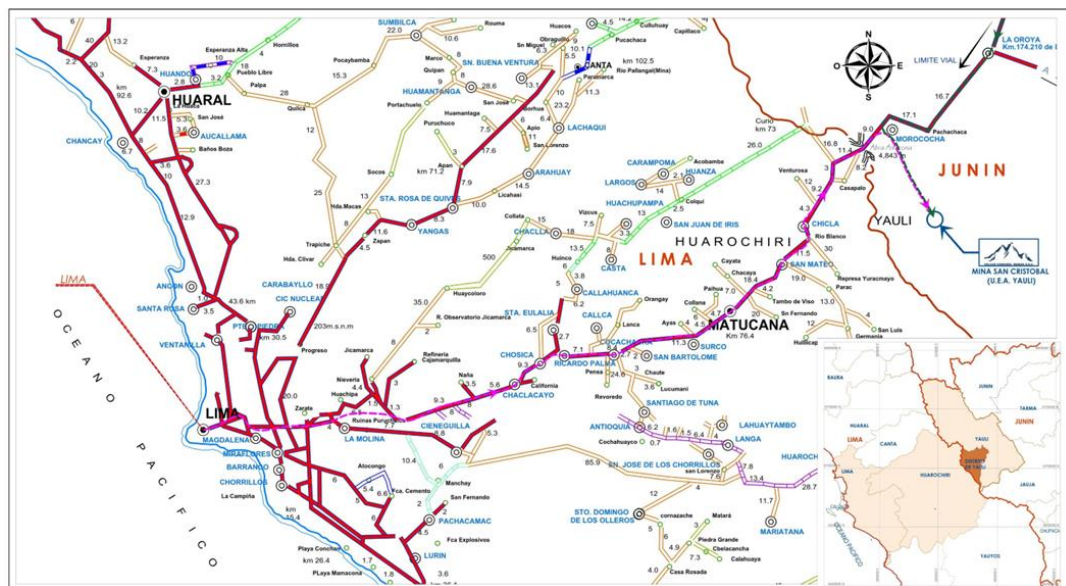
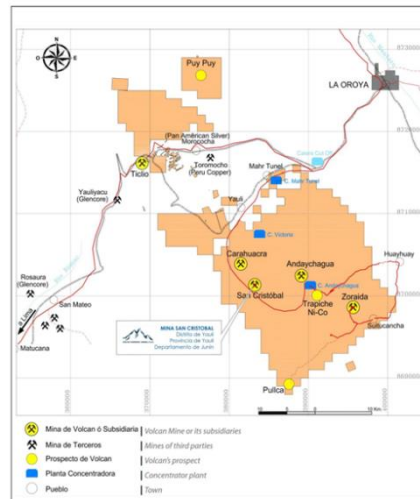


Figura 2: Accesibilidad a la Mina San Cristóbal



2.2.2. Métodos de explotación

En la actualidad se emplean dos tipos de métodos para explotar estas operaciones. Por un lado, se usa Over Cut and Fill (Breasting) y por otro Sub level Stopping (AVOCA).

Over Cut and Fill (Breasting)

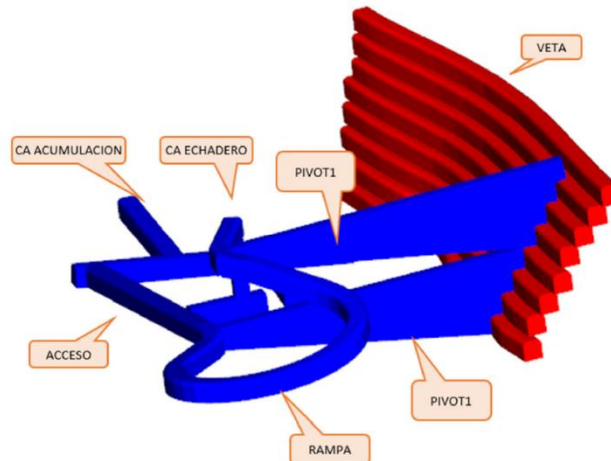
Este método es especialmente indicado para operaciones en vetas con un buzamiento inferior a a 500, aunque es posible también aplicarlo cuando el buzamiento es mayor solo en circunstancias en las que no es posible emplear taladros largos para el minado.

Para preparar este tipo de método es necesario contar con una rampa con dimensiones de 4.5m x 4.5m (-12%), Además de un crucero de ingreso con dimensiones de 4.5m x 4.5m orientado a un By - Pass con dimensiones de 4.5m x 4.5m. Partir de ahí se pueden generar los accesos mediante rampas basculantes, que servirán para interceptar la veta Y dar paso al inicio de la galería, así como de los subniveles para comenzar a explotar por secciones de 3.8m x 4.0m que pueden recorrer toda la longitud de la veta.

En cuanto al número de accesos este puede variar de acuerdo con las dimensiones que presente la veta, específicamente su longitud. Normalmente

entre los accesos se debe conservar una distancia de 150 m lo que garantice unas labores de minado cada 75 metros.

Figura 3: *Vista isométrica método de minado breasting*



Bench and Fill (AVOCA)

Este método se trata de una variación del Cut and Fill, que ofrece aumentar la productividad reduciendo costos operativos.

Esta opción está indicada cuando las operaciones presentan vetas con buzamientos por encima de 55° y una calificación de Regular A hasta Mala A. En la calidad del cuerpo de rocas, con un $RMR > 30$, Específicamente en la caja techo, con el objetivo de reducir el desprendimiento de la caja techo posteriormente a las voladuras, conservando el rango de dilución planificado, que alcance el 10%.

Figura 4: Vista isométrica metodo de minado Bench and Fill (avoca).

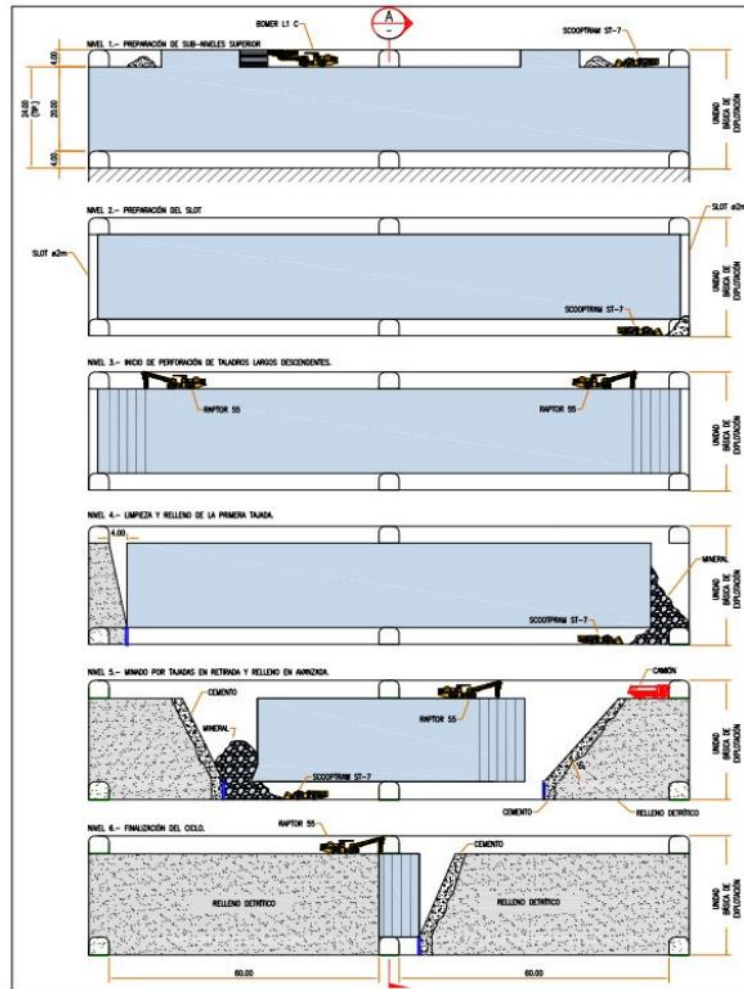
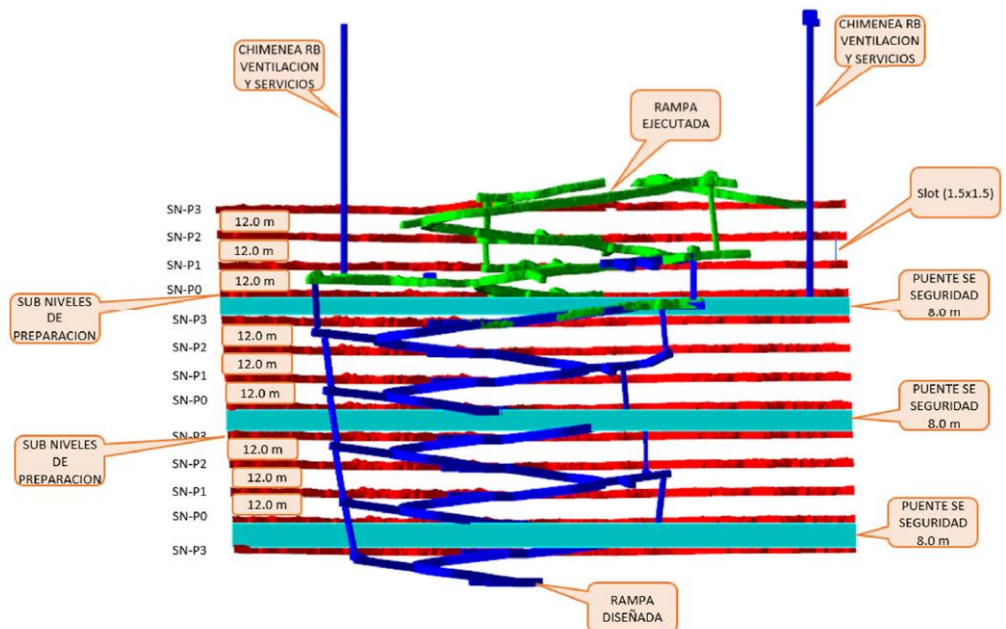


Figura 5: Vista longitudinal minado Bench and Fill (avoca) con relleno detrítico



2.2.3. Diseño de malla

Consideraciones para un buen diseño de malla de perforación

➤ **Verificación de condiciones del terreno**

Son determinantes las labores de supervisión en los niveles subterráneos para cumplir con un ciclo de minado completo.

Dentro de este ciclo se puede identificar distintas labores obligatorias como lo son: perforación, sostenimiento, voladura, desatado de rocas, carguío, ventilación y limpieza.

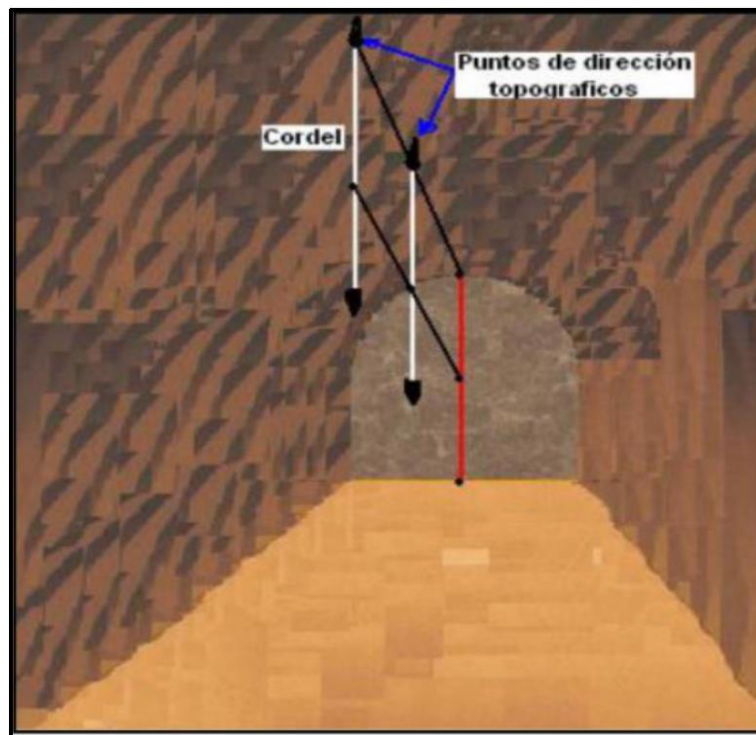
Para ejecutar este ciclo de labores se debe seguir un orden estricto, con una verificación previa de las condiciones necesarias que debe presentar el frente o la zona de operación antes del inicio del ciclo.

➤ **Ubicación del punto dirección**

Como parte del diseño de las mallas de perforación es determinante ubicar el punto dirección, Dicho elemento consiste en determinar dos elementos que se encuentre entre cuatro y 8 m 1 del otro. la terminación depende sobre todo de la topografía de la zona.

Estos dos puntos sirven para orientar la labor en un sentido, Es por ello por lo que deben ser ubicados mediante un dibujo en el centro de la labor a partir del cual se pueda establecer las dos mitades de la sección, para ubicar estos puntos se utiliza como referencia el techo de la labor a partir del cual son proyectados por medio de cordeles y una plomada para que puedan ser marcados en el fondo del frente.

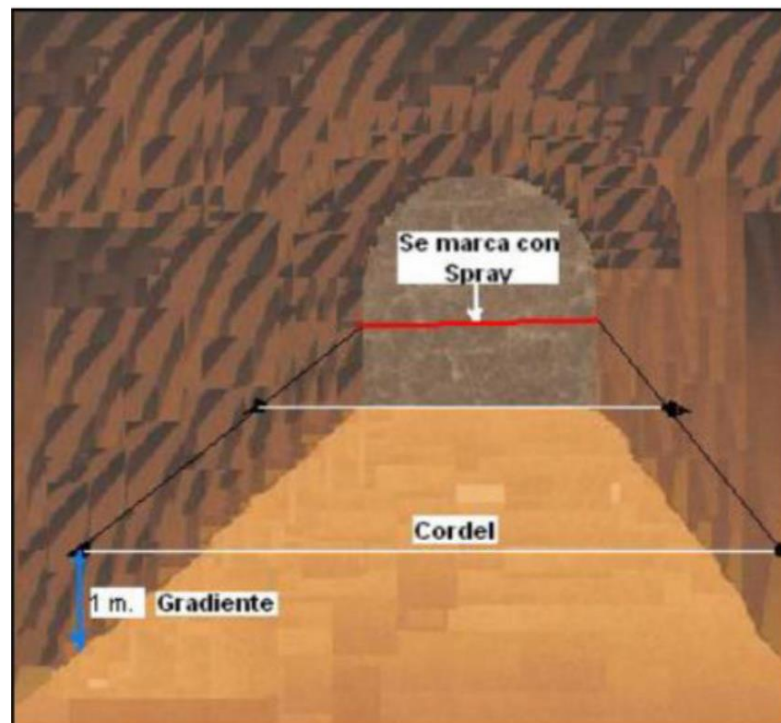
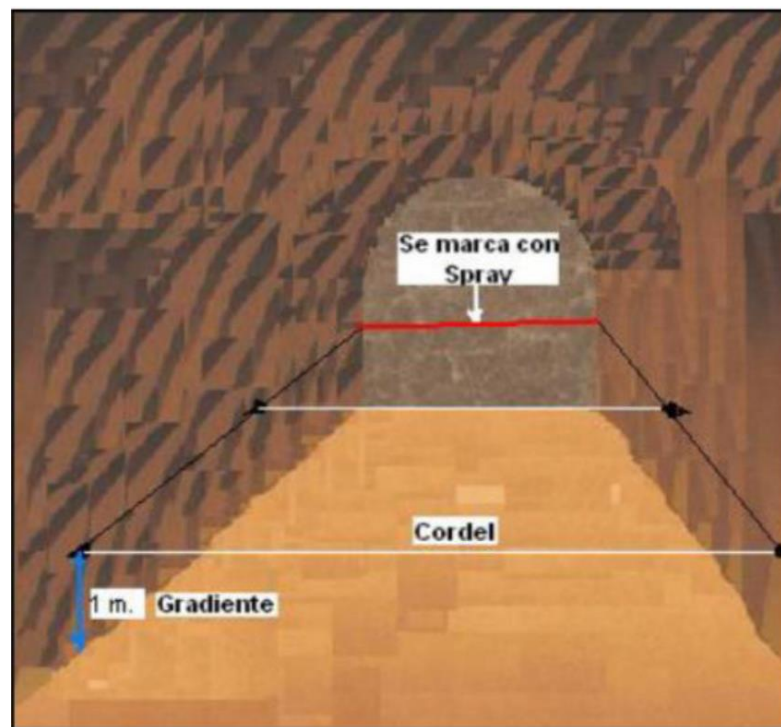
Figura 6: Ubicación de los puntos dirección



➤ **Ubicación del punto gradiente**

Un punto gradiente consiste en una ubicación de 4 puntos conectados entre sí, cuya ubicación se encuentra en las paredes o los hastiales de la labor en orientación paralela, su objetivo es que puedan ser fijados en el fondo de la labor por medio de cordeles, para que puedan señalar la dirección de la labor cuando esta tenga que ascender o descender de acuerdo con el gradiente establecido. es usual que en operaciones subterráneas el gradiente conforme va avanzando deba ascender.

Figura 7: Ubicación de los puntos gradiente



➤ **Pintado de malla y sección**

cuando los puntos de dirección y gradiente sí establezcan se debe pintar la totalidad de la sección que será perforado, en ello se debe ubicar el centro y la sección dónde debe comenzar el arranque y las ayudas del

arranque, además también se debe determinar el número de cuadrantes en los que se dividirá la sección.

Para finalizar se debe ubicar los taladros en el arrastre, hastiales y techo o corona.

2.2.4. Perforación

Es la primera actividad unitaria que se realiza para extraer roca, consiste en una máquina que funciona a base de diferentes tipos de energía la cual con la suficiente podrá abrir hoyos o agujeros cilíndricos en la roca denominados taladros en el cual se situará el explosivo.

Hay distintos sistemas de perforación en la actualidad.

➤ Tipos de perforación según la escala

Existen muchos tipos o clases de perforación según diversos factores, en esta situación la producción que tiene cada mina es distinta y tanto el capital y el material que movilizan se dividirán, ya sea convencional o mecanizada.

➤ Perforación convencional

Este tipo de perforación se da en muchas minas a pequeña escala y labores que se están iniciando en la explotación de metales y no metales en todo el Perú, la característica principal es que se usan máquinas manuales de dimensiones pequeñas para que un operador pueda manejarla sin mucha dificultad, entre las máquinas más comunes tenemos las perforadoras tipo Jack Leg, Jack Hammer y Stopper.

➤ Perforación mecanizada

La característica principal de este tipo es que se usan equipos de grandes dimensiones en comparación de las del tipo convencional, su tamaño más robusto permite que la mina pueda tener accesos mucho más grandes y al ser equipos mecanizados son más avanzados en tecnología, es decir se presta para una mayor comodidad de los operadores ya que se

manejan con sistemas que hacen más fácil la perforación en distintas labores. Las perforadoras más conocidas en este caso son el equipo Simba y Jumbo.

➤ **Tipos de perforación según la labor donde se desarrolla**

Según la zona de trabajo la perforación se ubicará en distintas labores ya sea en un Frente, Tajeo, labores como Chimeneas o Inclinaados.

➤ **Perforación en tajeos**

Perforación que se desarrolla en labores subterráneas donde se extrae el mineral valioso explotado por la mina, es decir la zona está delimitada y demarcada como reserva probada que se procede a la extracción mediante la perforación de taladros ya sea tipo realce o breasting que será cargado y limpiado para su recuperación.

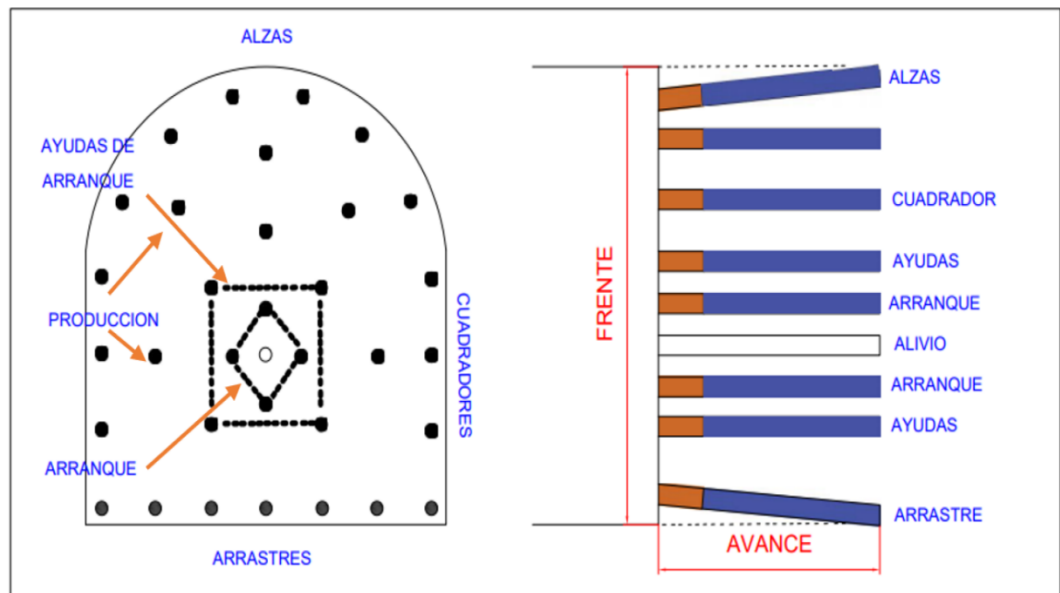
➤ **Perforación en frentes**

Como su nombre lo dice se desarrolla en frentes de avance que son de distintos tipos de acuerdo al lugar donde se encuentren y al que quieren llegar, pueden ser: cruceros, galerías. cortadas, etc

➤ **Distribución de taladros en un frente**

Un frente de avance está compuesto por varias partes que tienen una denominación universal en la minería y cumplen un papel importante de acuerdo a la zona del frente en las que se ubiquen (PERSSON, HOLMBERG, 1993)

Figura 8: Distribución de taladros



Denominación de taladros

➤ Arranque:

Estos taladros se sitúan generalmente en el centro del frente su característica principal es que contienen a los taladros de alivio que permitirán dar cara libre, como su mismo nombre lo dice, esta zona será la primera en iniciar la voladura para que se permita crear una zona de vacío y se proceda con las demás partes.

Hay distintas configuraciones en el diseño de esta zona que va a depender del tipo de terreno en el que se realiza el trabajo, varían la cantidad de taladros de alivio, o en vez de taladros de alivio se usa un escareador, que es una broca de mayores dimensiones lo que facilita el no crear más taladros de alivio.

➤ Ayudas de arranque:

Estos taladros se sitúan alrededor del arranque como su mismo nombre lo dice su función es la de hacer que se propague mejor la voladura y puedan adquirir más potencia al arranque y se pueda generar la cara libre.

➤ **Cuadradores:**

Son perforaciones que están a ambos lados del frente más conocidos como los hastiales o laterales, estas perforaciones tienen la característica abrirse un poco más en cada voladura y se pueda mantener la sección del ancho si no se mantiene esa secuencia la tendencia tiende a cerrarse en cada disparo (en frentes).

➤ **Alzas o techo:**

Estas perforaciones se sitúan en la parte más superior de la sección conforman la parte de la corona, su característica principal es la configuración de bóveda que se da, es muy importante ya que esta forma de bóveda le da mayor estabilidad a la roca

➤ **Arrastre:**

Son perforaciones que se sitúan en la parte más baja del frente, la característica principal es que tienen un grado de inclinación hacia el piso para que no haya problemas de limpieza, otra cualidad de estas perforaciones es que en toda la malla o zona del frente serán las ultimas en detonar para evitar la compactación del material y se facilite nuevamente en la limpieza.

➤ **Partes de un frente**

Para la perforación y voladura convencional o a pequeña escala se pueden diferenciar 3 partes o áreas, arranque, núcleo o destroza y el contorno o corona estas áreas se caracterizan por tener un tiempo determinado para que la voladura pueda salir secuencialmente además de características propias de la perforación y la distribución geométrica de cada parte que pueden estar definidas por varios métodos a usar.

➤ **Corte o arranque:**

Se suele llamar también cuele, es un área del frente muy importante ya que se caracteriza porque es la zona donde se iniciará la voladura para

generar una cara libre artificial y puedan salir los demás taladros secuencialmente o se genere la rotura posterior de la destroza y corona, de ahí su nombre de corte porque generara una cavidad. Existen varios tipos de cortes o configuraciones que se suelen usar de acuerdo al tipo de frente, malla o sección dependiendo del tipo de terreno.

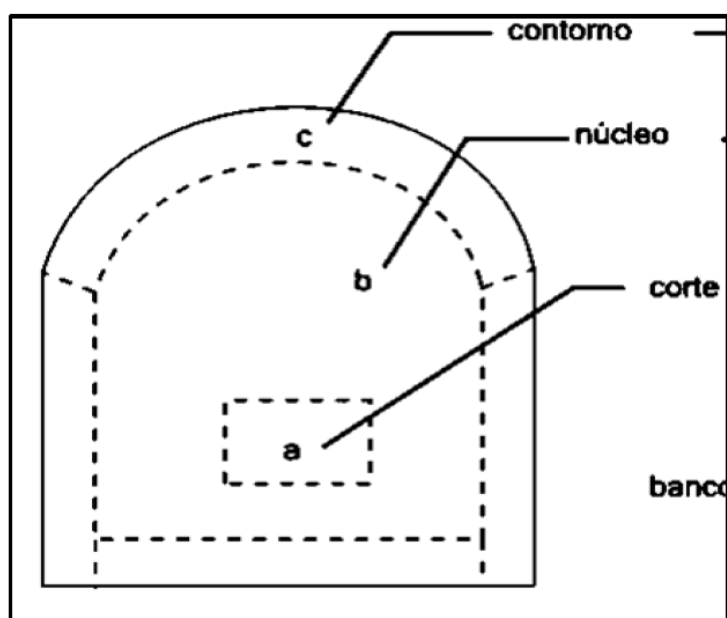
➤ **Destroza o núcleo:**

Es la zona que rodea al arranque, es la segunda área en salir disparada, su principal característica es que al momento del disparo la sección de cara libre abierta por el arranque sea de mayor dimensión. Los taladros en esta área están más distanciados en comparación al arranque.

➤ **Contorno o corona:**

Es el área o la zona que rodea todo el contorno de la sección, aquí se da la última fase del disparo y se caracteriza porque es una zona de mayor cuidado que las anteriores para evitar la sobre rotura de las paredes y la corona, además de que la distribución de los taladros en esta zona debe darle una forma de bóveda para que los esfuerzos se distribuyan uniformemente y se pueda evitar la caída de rocas.

Figura 9: Áreas o zonas de un frente de voladura convencional



Fuente: Manual práctico EXSA 2019

2.2.5. Voladura

La voladura es una operación unitaria en minería, su principal objetivo es la fragmentación de la roca haciendo uso de diversos tipos de explosivos, todo esto para que pueda ser removido el material a extraer, a continuación se muestran distintas características importantes a considerar en voladura subterránea

➤ Explosivos

Son compuestos químicos que se caracterizan por su inestabilidad cuando están expuestos a una energía externa, en minería actualmente se usa gran cantidad de explosivos de distintos tipos de acuerdo al lugar donde se utilizaran, se han desarrollado además explosivos específicos que cumplen con una gran variedad de características que lo hacen ser un producto eficaz en el fracturamiento de las rocas, estas características tienen que ver por ejemplo en la resistencia al agua, a la temperatura, su densidad, su velocidad de detonación que como ya se ha mencionado

anteriormente son características importantes que deben tomarse en cuenta al momento de escoger alguno para un frente en específico.

a) Explosivos comerciales:

➤ **ANFO**

Denominado nitrato de amonio que por sus siglas en inglés (Amonium Nitrate Fuel Oil) es una mezcla del mismo nombre con el producto Diesel. Este producto consta de prills (pequeñas esferas) que son compuestos químicos de nitrato de amonio y tienen una característica porosa, ambos compuestos por separado no generan algún peligro al momento de una voladura pero que al ser combinado con Diesel en cantidades establecidas (94.5%-5.5% respectivamente) activan su propiedad de detonación.

Figura 10: Prills de nitrato



➤ **Dinamitas**

Son explosivos muy comerciales que han sido usados durante mucho tiempo y al pasar de los años también han variado de acuerdo a la tarea que se realizara en un trabajo. Podemos encontrar dinamitas de alta y baja densidad, dinamitas gelatinas y semigelatinas que son resistentes al agua por su capacidad,

Semexa es un explosivo semigelatina que se usa en roca intermedia y dura para trabajos en frentes chimeneas, obras civiles etc.

Longitud: 7/8" x 7"

VOD: 4200+-200 m/s

Densidad: 1.12 g/cm³

Resistencia al agua: muy buena

Figura 11: *Dinamita semigelatina*



➤ **Emulsiones encartuchadas**

Una de las principales ventajas de este tipo de materiales es su buena potencia y consecuentemente sus buenos resultados en cuanto a la fragmentación de rocas, adicionalmente también muestra un comportamiento óptimo en cuanto a la resistencia al agua. El cartucho puede ser hecho de papel parafinado o en otras ocasiones de un plástico que mejora la calidad en ser hidrófoba.

Longitud: 1" x 7"

VOD: 5500m/s (confinado) 4200m/s (sin confinar)

Densidad: 1.16 g/cm³

Resistencia al agua: muy buena

Peso: 0.1kg/UND

Figura 12: Emulnor



Iniciadores accesorios

➤ Fulminante

Es un accesorio de voladura que tiene la capacidad de iniciar la detonación del cebo (dinamita conectada a detonador) posee la fuerza necesaria para que se realice la detonación en toda la columna, son pequeños tubos de color aluminio que en su boquilla va conectado un cordón detonante o una guía que se encargara de transmitir la energía para que detone.

Figura 13: Fulminante



➤ Cordón detonante:

Es un cordón también llamado guía de seguridad ya que se encarga de dirigir la chispa o la energía necesaria hacia el detonador

de manera lenta, el tamaño del cordón se determinará por la profundización que tenga un taladro.

Figura 14: Mecha de seguridad



2.2.6. Fragmentación

El tamaño de la roca en una voladura dependerá mucho de los explosivos que hemos usado, si hay una gran cantidad de energía o una sobrecarga de explosivo lo más probable es que el material salga muy fracturado y no es idóneo porque puede causar mucho daño a las paredes, en cambio si no se usa la energía suficiente se producirán rocas de gran tamaño lo que dificultara a la limpieza del material y generara más gastos, es por eso que es muy importante usar la cantidad necesaria de explosivos en un frente para que se pueda tener una buena fragmentación.

➤ Voladura controlada

Es de vital importancia que la periferie o roca circundante donde se realizará el disparo tenga un control óptimo para que no pueda dañarse y generar más costos en sostenimiento. Hay muchos métodos para que la voladura sea controlada.

➤ **Uso de cañas**

En las paredes y la corona del diseño de malla en ocasiones cuando la roca no es muy competente se usan cañas la cual su principal función es reducir la carga en dichas paredes, así se coloca la dinamita o el explosivo separado del otro y pueda cuidarse el contorno.

➤ **Taladros vacíos**

Cuando no se usa el método anteriormente mencionado hay otra posibilidad la cual es que en la corona o las paredes los taladros sean cargados intercalados lo cual reducirá la carga y además ayuda en la formación tipo bóveda que debe tener un frente.

➤ **Baja carga de explosivo**

Lo que normalmente se usa es que en los taladros que corresponden al contorno se usa menos explosivo que en taladros de las demás partes de un frente y así controlar la voladura.

2.3. Definición de términos conceptuales

➤ **Burden.**

“es la menor longitud posible se puede determinar con el punto de alivio, cuando detone el taladro. debe considerar como alivio la cara original del Banco, o en todo caso una cara interior abierta por una hilera de taladros que fueron disparados con anticipación” (Konya).

➤ **Espaciamiento.**

En la configuración de una malla de perforación se ubican distintos taladros, la distancia entre los que conforman una misma fila o un mismo sector de influencia se denomina espaciamiento.

➤ **Explosivo.**

Es un material de naturaleza química que ofrece una reacción inmediata que puede liberar energía por medio de alta presión y temperatura. Asimismo, este tipo de materiales también pueden ser

activados externamente debido a una fuente de calor Rose o percusión y pueden liberar calor y presión a altas temperaturas instantáneamente se transforman en gas.

➤ **Fragmentación de roca.**

Cuando el macizo rocoso por acción de fuerzas de presión exteriores alcanza el fenómeno de conminución que produzcas su reducción y homogeneización como cuerpo mineral.

➤ **Frente.**

Se trata del epicentro de las labores mineras, en ese lugar es donde el personal y los equipos mineros deben incrementar la malla de perforación diseñada previamente, para comenzar con los avances de las galerías.

➤ **Indicadores de gestión**

Se trata de indicadores de naturaleza cuantitativa y cualitativa que se usan para medir el rendimiento del sistema, así como también el del personal, para ello se toma como referencia con el elemento específico ese quiere evaluar. la manera en presentar estos indicadores puede ser por medio de medidas, números, hechos, opiniones e incluso percepciones las que deben orientarse a establecer situaciones o condiciones específicas.

➤ **Labores permanentes.**

Durante la vida de una mina se pueden ejecutar labores de una duración larga o incluso permanente. ambas se requieren de sistemas de sostenimiento específicos que puedan ofrecer condiciones de seguridad para desarrollar dichas labores durante el tiempo que duren. para establecer estos sistemas y su duración se debe tener en cuenta los requerimientos que las labores tendrán como el número de tránsito de equipos y personas además de las instalaciones que se necesitarán para ejecutar las operaciones durante todo el tiempo que se necesite.

➤ **Labores temporales.**

En este caso se trata de labores de corta duración que por su naturaleza requieren un sostenimiento ocasional y con un menor rendimiento al de las labores permanentes, debido a que luego de la explotación estas labores serán rellenadas.

➤ **Malla de perforación y voladura**

Es la organización de los taladros para una labor de voladura, en este caso específicamente se debe considerar las relaciones y distancias de los espaciamientos o burdenes, además de la profundidad de los taladros.

➤ **Optimización**

Se trata del nivel de eficiencia necesario para realizar una labor de acuerdo con los objetivos planteados alcanzándolos plenamente, y haciendo un uso de recursos eficiente para dicho fin.

➤ **Perforación:**

Es labor en la que un macizo o cuerpo de rocas es horadado para realizar un orificio en su superficie, el término que se usa en operaciones mineras para dichos orificios es taladro. los taladros deben cumplir con una distribución adecuada debido a que son los espacios en los que se depositará el material explosivo, aunque también pueden servir para otros fines como drenaje o sostenimiento. los taladros se cargan con explosivos por medio de máquinas perforadoras.

➤ **Perforación en breasting.**

Perforación horizontal de producción con la cara libre en la parte inferior de la malla de perforación.

➤ **Tajo.**

Son las labores de extracción de mineral con una duración temporal.

➤ **Voladura:**

“En minería se trata de un procedimiento mecánico por el cual se alcanza a fracturar o fragmentar un cuerpo de rocas. Con ese fin elemento que se usa para liberar energía es algún tipo de material explosivo. Este tipo de operaciones pueden ser de manera controladas o no, además pueden ser empleadas en diversas circunstancias como pueden ser en lugares confinados como túneles o galerías, o en lugares subterráneos y debajo del mar o el agua, en minería se usa normalmente a cielo abierto y en galerías. (Garrido, 2017).

➤ **Voladura controlada.**

Emplea para reducir el nivel de sobre rotura, así como los costos operativos que implique un sostenimiento adecuado, empleando para ello la reducción del factor de detonación en un perímetro determinado.

Hipótesis general

Si influye el diseño de la malla de perforación y voladura, en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras, en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal.

Hipótesis específicas

➤ **Hipótesis específica a**

Si influye el diseño de la malla de perforación y voladura, en el comportamiento de los indicadores y avances desmonte y sub niveles de las labores mineras, en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal.

➤ **Hipótesis específica b**

Si influye el diseño de la malla de perforación y voladura, en el comportamiento de los indicadores y avances frentes, Brestring de las labores mineras, en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal.

Identificación de variables

- **Variables para la hipótesis general**

- **Variable independiente:**

Diseño de la malla de perforación y voladura.

- **Variable dependiente:**

Comportamiento de indicadores y avances.

- **Variables para la hipótesis específicas**

- **Variables para la hipótesis específica a**

- **Variable independiente:**

Diseño de la malla de perforación y voladura.

- **Variable dependiente:**

Comportamiento de indicadores y avances desmonte y sub niveles.

- **Variables para la hipótesis específica b**

- **Variable independiente:**

Diseño de la malla de perforación y voladura.

- **Variable dependiente:**

Comportamiento de indicadores y avances frentes, Brestin

2.4. Enfoque filosófico – epistémico

El enfoque filosófico busca aclarar las experiencias con hechos concretos y reales. El problema que planteamos es evaluar el diseño de la malla de perforación y voladura y ver si influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal.

La filosofía es el conocimiento que implica la crítica que lleva a la búsqueda de soluciones, siendo conscientes que ello desarrollará o mejorará el conocimiento. El enfoque epistemológico hay que considerar la necesidad de aplicar un instrumento adecuado para recopilar información.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

Este trabajo presenta un perfil de investigación APLICADO porque evaluaremos indicadores y avances en 4 tipos de labores, en labores de desmonte, sub niveles, frentes, breasting en cuanto a la perforación y voladura, apoyado en lo que indica (BAENA , 2017).

3.2. Nivel de investigación

En esta ocasión aplicaremos un nivel descriptivo, analítico; porque describiremos y analizaremos los aspectos referentes a los parámetros de perforación y voladura de las labores mineras, como nos manifiesta (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

3.3. Características de la investigación

En el desarrollo de la investigación descriptiva de tipo analítico, nos enfocamos en la unidad San Cristóbal donde se observó en algunas labores problemas como grado de fragmentación, taladros soplados, tiempo de trabajo en una labor para realizar la perforación y voladura, sobre rotura, etc.

Teniendo en cuenta estos aspectos se ha planteado la necesidad de evaluar la malla de perforación que se usa en frentes, sub niveles, labores de desmonte, breasting; este es el motivo de la presente investigación.

3.4. Métodos de investigación

En este caso emplearemos método científico, apoyados en los métodos específicos analítico-deductivo; como indica (BERNAL, 2010).

3.5. Diseño de investigación

En esta ocasión se empleó experimental porque no haremos ninguna modificación de las variables de la investigación solo nos avocaremos a observar y recoger datos de los indicadores y avances de las labores mineras. Apoyado en “son aquellos que se realizan en un momento determinado para analizar un fenómeno que está sucediendo en el presente” (SANCHEZ, REYES, MEJIA, 2018)

3.6. Procedimiento de muestreo

3.6.1. Población

El grupo poblacional que será estudiado lo conforman la totalidad de labores vinculadas a la perforación y voladura en la Empresa VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. operaciones mina San Cristóbal.

3.6.2. Muestra

Se ha tomado como muestra una labor de desmonte, un sub nivel, un frente, una labor que aplica Bresting, de la mina San Cristóbal de la Empresa VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas

- Observación directa
- Análisis de documentos

3.7.2. Instrumentos

Tenemos:

- Guía de observación
- Ficha de registro
- Documentos escritos

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Ordenaremos los datos de campo en base a los instrumentos Excel, Word para poder obtener los resultados y conclusiones.

3.9. Orientación ética

En el caso de la presente investigación se contará con los aspectos éticos que demanda la profesión, considerando la responsabilidad, verdad, la confidencialidad, respeto que debemos guardar en todo momento.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo abarco 4 tipos de labores subterráneas para poder evaluar la malla de perforación y voladura y determinar los parámetros lo cual nos indicaran si la malla que se realiza influye en los resultados de la voladura y si se están cumpliendo con las metas programadas.

Para la investigación se eligió una labor de desmonte, un frente, un sub nivel y un tajeo con Bresting.

4.1.2. Geomecánica de las labores mineras

En las operaciones de la mina San Cristóbal se puede encontrar una diversidad en cuanto a la calidad de la masa rocosa, debemos reconocer desde niveles regulares como A – III A, hasta niveles malos como B – IV B, Como se puede observar en la tabla siguiente.

Si consideramos el estándar para para clasificar el macizo rocoso que fue propuesto por Bieniawski en 1989, Debemos considerar que las estructuras mineralizadas presentarán variables en cuanto a su calidad. en ese sentido Estructuras del tipo de las cajas piso y techo inmediatas, o de las cajas piso y techo alejadas, reportarán calidades variables entre las que podemos identificar

desde Mala B (IVB RMR 21-30) hasta Regular A (IIIA RMR 51-60), pasando por Mala A (IVA RMR 31-40) y Regular B (IIIB RMR 41-50).

En la tabla siguiente se puede observar dicha distribución en cuanto a la calidad de la masa rocosa.

Tabla 1: Unidades Geotécnicas San Cristóbal

UNIDADES GEOTECNICAS (UGT) - MSCR							
VETA	NIVEL	ID UGT	Descripción	IRS	RQD (%)	RMR(b)89	
						Promedio	Rango
658	580	BX. VOL	Brecha Volcánica	R2.5 - 3	75 - 95	60	55 - 75
		FLT GRIS	Filita Gris	R2.5 - 3	90 - 100	60	50 - 75
	1320 1370 1420	FLT	Filita	R2 - 3	77 - 100	54	45 - 64
		FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
		AND	Andesita Gris	R3	88 - 100	59	50 - 68
VENUS	1370 1420	AND ARG	Andesita Argilizada	R1 - R2	8. - 90	37	29 - 46
		ZAF	Zona de Alto Fracturamiento	R0 - R1	0 - 16	21	16 - 25
	1370 1420	FLT	Filita	R2 - 3	77 - 100	54	45 - 64
		FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
		ZAF	Zona de Alto Fracturamiento	R0 - R1	0 - 16	21	16 - 25
722	780	FLT	Filita	R2 - 3	77 - 100	54	45 - 64
		FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
722B	340	FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64
		FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
		FLT NEGRA	Filita Negra	R1 - R3	75 - 100	68	51 - 80
RP722	340	FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64
		AND	Andesita	R2 - R2.5	95 - 100	69	60 - 80
		FLT NEGRA	Filita Negra	R1 - R3	75 - 100	68	51 - 80
	820	FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64
		FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
SHEYLA	780	FLT NEGRA	Filita Negra	R1 - R3	75 - 100	68	51 - 80
		FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64
		AND	Andesita	R2 - R2.5	95 - 100	69	60 - 80
	820	FLT NEGRA	Filita Negra	R1 - R3	75 - 100	68	51 - 80
		FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64
SP658	1020 1370 1420	FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
		AND	Andesita	R2 - R2.5	95 - 100	69	60 - 80
		FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64

En términos geomecánicos la zonificación de esta masa rocosa presenta los siguientes resultados:

En la Veta Split 658 presenta una calidad rocosa variable si se la compara con las otras estructuras que presentan una regularidad mayor en cuanto a su calidad. la zona de mineralización nos muestra una calidad intermedia que pertenece al dominio estructural DEIVB (RMR 21–30) y DE-IVA (RMR 31–40). Para el caso de la caja piso y techo, De acuerdo con la ubicación

la roca presentará distintas calidades las que se pueden ubicar en los dominios DE-IVB (RMR 21–30) y DE-IIIB (RMR 41–50). Sin embargo, Para el caso de las cajas alejadas la calidad aumenta comparativamente y se la puede ubicar en el dominio DE-IIIA (RMR 51–60).

En el caso de la Veta 658, la zona de mineralización que se ubica en el dominio DE-IVA (RMR 31–40) se puede observar un nivel regular en cuanto a la calidad, por otro lado, en las cajas inmediatas la calidad observada es DE-IIIB (RMR 41–50). Conforme la estructura mineralizada se va alejando de la roca la calidad se ubica en DE-IIIA (RMR 51–60), es decir presenta una mejora.

Para la Veta 722 el dominio que se reconoce para el mineral y la caja piso es DE-IVA (RMR 31–40), por otro lado, la calidad presenta una mejoría en la caja techo ubicándose en el dominio DE-IIIB (RMR 41– 50). De la misma manera que en las estructuras evaluadas anteriormente cuanto más se alejan las cajas se observa que la calidad se incrementa ubicándose en DE-IIIA (RMR 51–60).

4.1.3. Mallas de perforación y voladura

Como parte de los objetivos de este trabajo se evaluó las mallas de perforación y voladura en 4 labores: labor de desmonte, un frente, un sub nivel y un tajeo con Bresting, como se muestra a continuación.

Para garantizar un control de daños de la voladura sobre la excavación usando una emulsión matriz gasificable se debió tener en cuenta los siguientes factores:

- Geometría del disparo
- Aspectos Geo-estructurales
- Sección de subnivel, burden, espaciamiento, diámetro y longitud de los taladros.
- Aspectos fisicoquímicos, tipo de explosivo (control Kcal), carga operante, densidad y tipo de carguío.

- EXPLOSIVO: Emulsión Matriz Gasificable (de densidade Variable)
- CORDON DETONANTE 10, 15 y 20 mts.
- ACCESORIOS: DETONADOR NO ELÉCTRICO con extensión de 12, 15 y 18 mts.
- FACTOR DE POTENCIA 0.19 - 0.30

Control de daño a la excavación en sub niveles, frentes (tema conceptual de aplicación en mina San Cristóbal

a. Malla de perforación para sub niveles

Figura 15: Diseño de mallas de perforación para subniveles

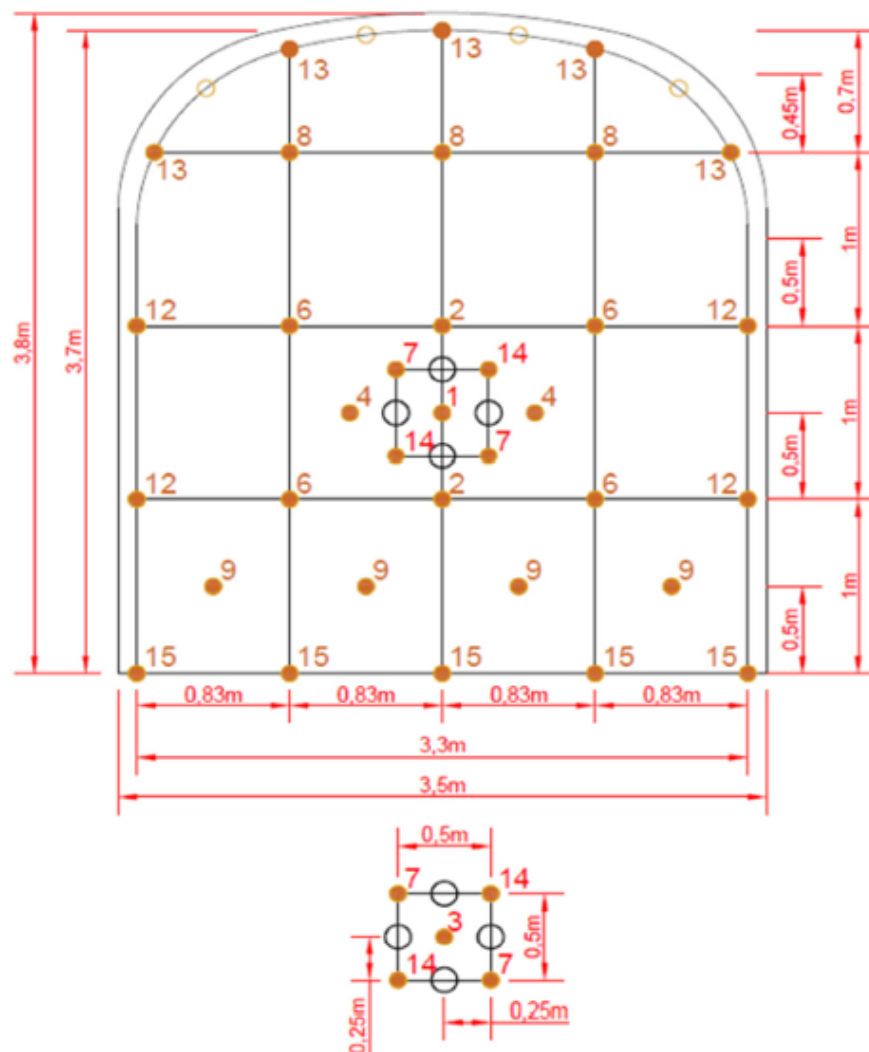


Tabla 2: Datos generales de sub niveles

DATOS GENERALES		
AREA DE SECCION 3.5 M X 3.8	11.5	M2
VOLUMEN	42.4	M3
DENSIDAD	3.2	KG/M3
TONELAJE	151.8	TN

Tabla 3: Resultados en sub niveles

RESULTADOS			
FACTOR DE CARGA	29.7	Kg/m	
FACTOR DE CARGA	2.23	Kg/m3	
FACTOR DE POTENCIA	0.30	Kg/tn	
LONGITUD DE PERFORACION	13	Pies	1.90 m
AVANCE ESTIMADO (90%)	11.7	Pies	1.57 m

Tabla 4: Accesorios de voladura en sub niveles

ACCESORIOS			
FANEL MS		FANEL LP	
PENTA CORT	CANTIDAD	PENTACORT	CANTIDAD
1	2	1	
2		2	2
3		3	
4		4	2
5		5	
6		6	4
7	2	7	
8		8	3
9		9	4
10		10	
11		11	
12		12	4
13		13	5
14	2	14	
15		15	5
16		16	
17			
18			
19			
20			

Tabla 5: Distribución de la carga explosiva para sub nivel b Diseño de mallas de perforación para desmonte

DISTRIBUCION DE CARGA EXPLOSIVA										
SECCION: 3.5 m x 3.2 m TIPO DE ROCA: Mala IV-A (RMR 30 – 35)					Kg/cartucho					
					E 1000 1 1/2X12	E 1000 1 1/4X12	E 3000 1 1/4X12			
					0.356	0.350	0.266			
		DISTRIBUCION DE CARGA			TOTALES (KG)			CANTIDAD DE CARTUCHOS		
DISTRIBUCION DE TALADROS		E 1000 1 1/2X12	E 1000 1 1/4X12	E 1000 1 1/4X12	E 1000 1 1/2X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12	E 1000 1 1/2X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12
Arrastre	5			13	0.00	0.00	37.29	0.00	0.00	65
1er corte	4			13	0.00	0.00	32.83	0.00	0.00	52
2do corte	4			13	0.00	0.00	32.77	0.00	0.00	42
Hastiales	4		9	1	0.00	10	1.06	0.00	26	4
Ayuda de corona	3		6	6	0.00	4.5	4.79	0.00	18	18
Corona	5		9	1	0.00	11.5	1.55	0.00	45	5
Ayuda de arrastre	4			12	0.00	0.00	32.77	0.00	0.00	48
Arrastre	5			13	0.00	0.00	37.29	0.00	0.00	65
TOTAL	34	0	24	71	0.00	34.7.0	81.12	0.00	96	10
								Cantidad despachado de polvorin		
Taladros cargados	34	EXPLOSIVOS		105.9	kg		cajas	<u>0.0</u>	1.0	4.5
Taladros de alivio en contorno	4	FANEL (ms)		6	Unidades					
Taladros Rimados	4	FANEL (LP)		29	Unidades					
Total, de taladros perforados	42	CAMEX DC		2	Unidades					
		CORDON DETONANTE		50	m.					
		MECHA RAPIDA		0.1	m.					
		TOCO DE ARCILLA		54	Unidades					

Figura 16: Diseño de mallas de perforación para desmonte

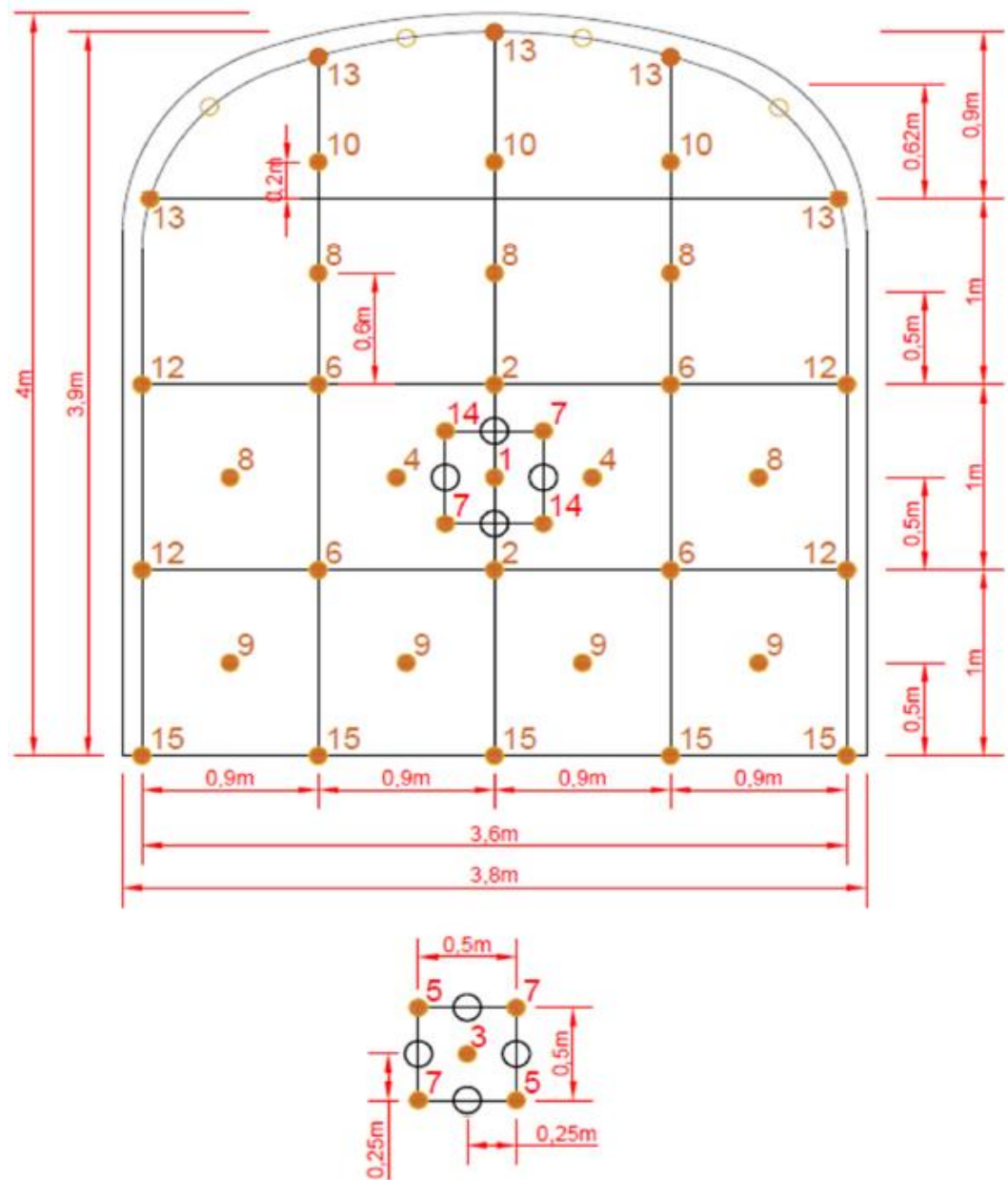


Tabla 6: Datos generales de labores en desmonte

DATOS GENERALES		
AREA DE SECCION 3.4M X 4.5	15.3	M2
VOLUMEN	54.2	M3
DENSIDAD	2.7	KG/M3
TONELAJE	148.50	TN

Tabla 7: Resultados de labores en desmonte

RESULTADOS		
FACTOR DE CARGA	11.5	Kg/m
FACTOR DE CARGA	2.20	Kg/m ³
FACTOR DE POTENCIA	0.62	Kg/tp
LONGITUD DE PERFORACION	13	Pies 3.98 m
AVANCE ESTIMADO (90%)	11.7	Pies 3.58 m

Tabla 8: Accesorios de voladura en desmonte

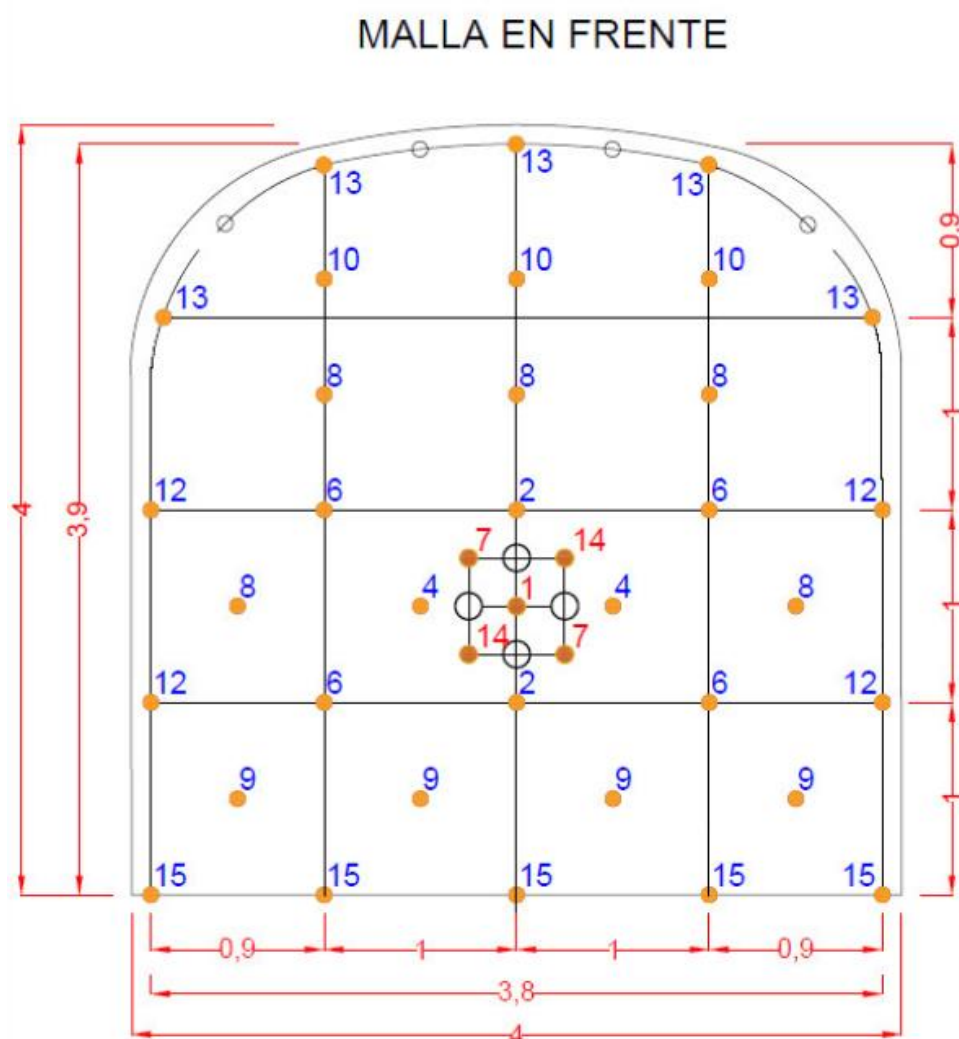
ACCESORIOS			
FANEL MS		FANEL LP	
PENTA CORT	CANTIDAD	PENTACORT	CANTIDAD
1	2	1	
2		2	2
3		3	
4		4	2
5		5	
6		6	4
7	2	7	
8		8	5
9		9	4
10		10	1
11		11	
12		12	4
13		13	5
14	2	14	
15		15	5
16		16	
17			
18			
19			
20			

Tabla 9: Distribución de la carga explosiva para desmonte

DISTRIBUCION DE CARGA EXPLOSIVA										
SECCION: 3.4 m x 4.5m					Kg/cartucho					
TIPO DE ROCA: Mala IV-A (RMR 25 - 45)					E 1000 1 1/2X12	E 1000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12			
					0.356	0.350	0.266			
		DISTRIBUCION DE CARGA			TOTALES (KG)			CANTIDAD DE CARTUCHOS		
DISTRIBUCION DE TALADROS		E 1000 1 1/2X12	E 1000 1 1/4X12	E 1000 1 1/4X12	E 1000 1 1/2X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12	E 1000 1 1/2X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12
Arrastre	5			13	0.00	0.00	17.19	0.00	0.00	65
1er corte	4			13	0.00	0.00	25.83	0.00	0.00	52
2do corte	4			12	0.00	0.00	12.77	0.00	0.00	42
Ayuda de Hastiales	2			12	0.00	0.00	6.56	0.00	26	24
Hastiales	4		9	1	0.00	0.00	1.06	0.00	0	4
Sobre ayuda de corona	5			11	0.00	0.00	8.05	0.00	18	35
Ayuda de corona	5		6	4	0.00	4.5	1.19	0.00	45	12
Corona	5		9	1	0.00	11.5	1.55	0.00	0.00	5
Ayuda de arrastre	4			12	0.00	0.00	12.77	0.00	0.00	48
arrastre	6			13	0.00	0.00	17.29	0.00	0.00	65
TOTAL	39	0	24	92	0.00	24.7.0	94.48	0.00	96	366
								Cantidad despachado de polvorin		
Taladros cargados	39	EXPLOSIVOS		119.4	kg		cajas	0.00	1.0	4.00
Taladros de alivio en contorno	4	FANEL (ms)		6	Unidades					
Taladros Rimados	4	FANEL (LP)		54	Unidades					
Total, de taladros perforados	47	CAMEX DC		2	Unidades					
		CORDON DETONANTE		47	m.					
		MECHA RAPIDA		0.1	m.					
		TOCO DE ARCILLA		54	Unidades					

b. Diseño de mallas de perforación para frentes

Figura 17: Diseño de mallas de perforación para frentes



TALADROS DEL ARRANQUE

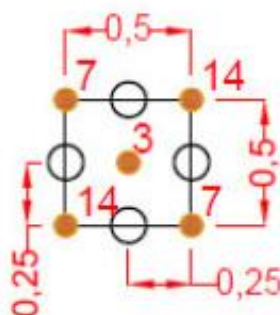


Tabla 10: *Datos generales de labores en frentes*

DATOS GENERALES		
AREA DE SECCION 4.0 m x 4.0m	16	M2
VOLUMEN	57.1	M3
DENSIDAD	2.7	KG/M3
TONELAJE	154.08	TN

Tabla 11: *Resultados para labores de frentes*

RESULTADOS			
FACTOR DE CARGA	33.5	Kg/m	
FACTOR DE CARGA	2.08	Kg/m3	
FACTOR DE POTENCIA	0.78	Kg/tn	
LONGITUD DE PERFORACION	13	Pies	3.96 m
AVANCE ESTIMADO (90%)	11.3	Pies	3.44 m

Tabla 12: Accesorios para labores de frentes

ACCESORIOS				
FANEL MS			FANEL LP	
PENTA CORT	CANTIDAD		PENTACORT	CANTIDAD
1	2		1	
2			2	2
3			3	
4			4	2
5			5	
6			6	4
7	2		7	
8			8	5
9			9	4
10			10	3
11			11	
12			12	4
13			13	5
14	2		14	
15			15	5
16			16	
17				
18				
19				
20				

Tabla 13: Distribución de la carga explosiva para Frentes

DISTRIBUCION DE CARGA EXPLOSIVA										
SECCION: 4.0 m x 4.0 m TIPO DE ROCA: Mala IV-A (RMR 30 – 35)					Kg/cartucho					
					E 1000 1 1/4X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12			
					0.356	0.350	0.266			
		DISTRIBUCION DE CARGA			TOTALES (KG)			CANTIDAD DE CARTUCHOS		
DISTRIBUCION DE TALADROS		E 1000 1 1/2X12	E 1000 1 1/4X12	E 1000 1 1/4X12	E 1000 1 1/2X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12	E 1000 1 1/2X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12
Arrastre	5			15	0.00	0.00	17.29	0.00	0.00	65
1er corte	4			12	0.00	0.00	13.53	0.00	0.00	52
2do corte	4			37	0.00	0.00	17.29	0.00	0.00	42
Ayuda de Hastiales	2			37	0.00	10	6.50	0.00	0.00	24
Hastiales	4		9	3			1.05		36	4
Sobre ayuda de corona	3			11			8.70		0.00	21
Ayuda de corona	3		6	4	0.00	4.5	4.79	0.00	18	13
Corona	5		9	1	0.00	11.5	1.55	0.00	45	5
Ayuda de arrastre	4			12	0.00	0.00	13.53	0.00	0.00	48
arrastre	5			13	0.00	0.00	17.29	0.00	0.00	65
TOTAL	39	0	24	74	0.00	34.75	94.58	0.00	96	356
								Cantidad despachado de polvorin		
Taladros cargados	39	EXPLOSIVOS		119.2	kg		cajas	0.00	1.0	4.0
Taladros de alivio en contorno	4	FANEL (ms)		8	Unidades					
Taladros Rimados	4	FANEL (LP)		34	Unidades					
Total, de taladros perforados	47	CAMEX DC		2	Unidades					
		CORDON DETONANTE		40	m.					
		MECHA RAPIDA		0.1	m.					
		TOCO DE ARCILLA		39	Unidades					

c. Diseño de malla de perforacion para Brestring

Figura 18: Diseño de mallas de perforación para Brestring

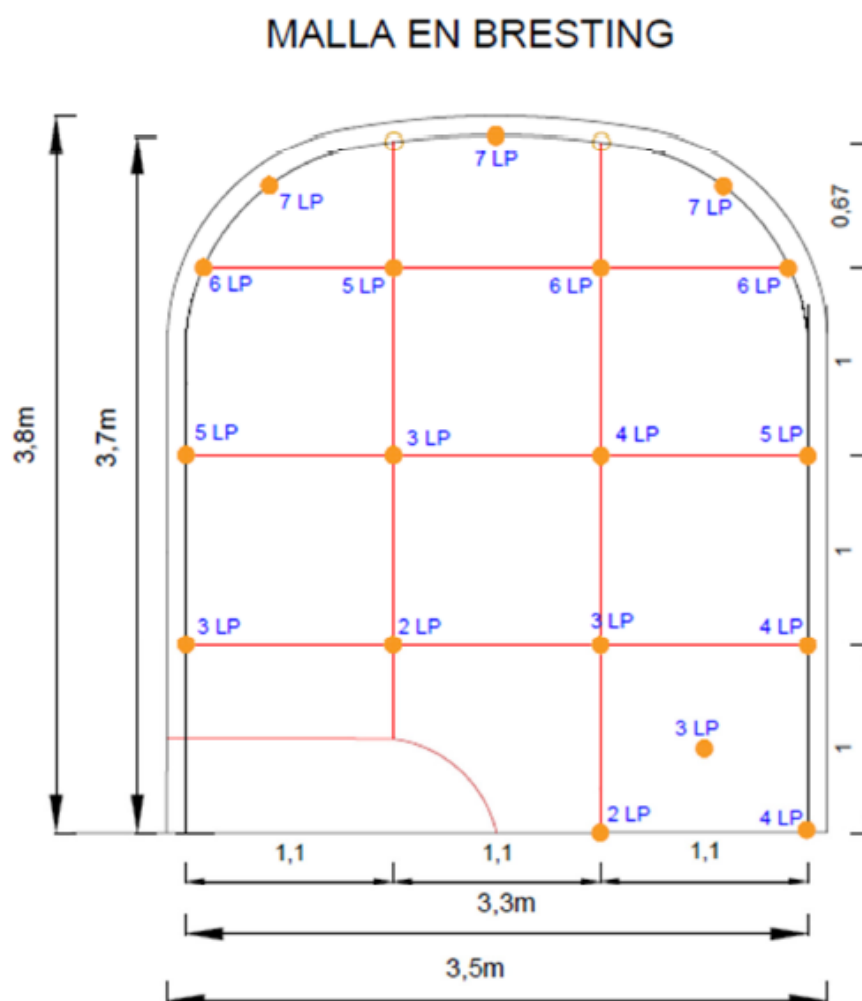


Tabla 14: Datos generales labores con Brestring

DATOS GENERALES		
AREA DE SECCION 3.5 M X 3.8	13.3	M2
VOLUMEN	47.4	M3
DENSIDAD	3.2	KG/M3
TONELAJE	151.8	TN

Tabla 15: Resultados de labores con Bresting

RESULTADOS				
FACTOR DE CARGA		34.0	Kg/m	
FACTOR DE CARGA		1.05	Kg/m3	
FACTOR DE POTENCIA		0.33	Kg/tn	
LONGITUD	DE	13	Pies	3.90 m
PERFORACION				
AVANCE ESTIMADO (90%)		11.7	Pies	3.57 m

Tabla 16: Accesorios de labores con Bresting

ACCESORIOS				
FANEL MS			FANEL LP	
PENTA CORT	CANTIDAD		PENTACORT	CANTIDAD
1			1	
2			2	2
3			3	4
4			4	3
5			5	3
6			6	3
7			7	3
8			8	
9			9	
10			10	
11			11	
12			12	
13			13	
14			14	
15			15	
16			16	
17				
18				
19				
20				

Tabla 17: Distribución de la carga explosiva para Brestring

DISTRIBUCION DE CARGA EXPLOSIVA										
SECCION: 3.5 m x 3.2 m TIPO DE ROCA: Mala IV-A (RMR 30 – 35)					Kg/cartucho					
					E 1000 1 1/4X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12			
					0.356	0.350	0.266			
					TOTALES (KG)			CANTIDAD DE CARTUCHOS		
DISTRIBUCION DE TALADROS		E 1000 1 1/2X12	E 1000 1 1/4X12	E 1000 1 1/4X12	E 1000 1 1/2X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12	E 1000 1 1/2X12	E 3000 1 1/4X12	E 5000 1 1/4X12
Taladros de producción	7			12	0.00	0.00	22.34	0.00	0.00	64
Hastiales	6		4	5	0.00	6.0	7.98	0.00	24	35
Corona	3		9		0.00	6.8	0.00	0.00	27	0
Arrastre	2			13	0.00	0.00	6.92	0.00	0.00	0
					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65
TOTAL	18	0	13	30	0.00	12.75	37.25	0.00	51	140
								Cantidad despachado de povorin		
Taladros cargados	18	EXPLOSIVOS		50.0	kg		cajas	0.0	0.5	1.5
Taladros de alivio en contorno	2	FANEL (ms)		6	Unidades					
Taladros Rimados	0	FANEL (LP)		18	Unidades					
Total, de taladros perforados	20	CAMEX DC		2	Unidades					
		CORDON DETONANTE		50	m.					
		MECHA RAPIDA		0.1	m.					
		TOCO DE ARCILLA		54	Unidades					

4.1.4. Presentación de resultados

Posteriormente a la labor de voladura del frente se obtuvieron los resultados siguientes:

Adicionalmente, se realizaron cinco disparos, uno por día.

En la tabla siguientes se muestran los datos y los indicadores de avances.

a. Resultados de los indicadores y avances de la voladura en Sub Niveles

Tabla 18: Resultados de los indicadores y avances de la voladura en Sub Niveles

<i>indicadores y avances de la voladura en Sub Niveles</i>						
Indicadores y avances	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Promedio
Sección m2	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
Longitud de perforacion (m)	3.96	3.90	3.81	3.72	3.78	3.83
Longitud de perforacion (pies)	13	12.80	12.50	12.20	12.40	12.58
Longitud de avance (m)	3.56	3.68	3.59	3.59	3.59	3.60
Longitud de avance (pies)	11.7	12.10	11.80	11.80	11.80	11.84
Factor de avance (%)	90	94.53	94.4	96.7	95.16	94.16
Numero de taladros	42	42	42	42	42	42
Taladros con carga	34	34	34	34	34	34
Volumen roto (m3)	47.35	47.10	44.87	43.79	44.52	45.52
Consumo de explosivos (kg)	105.9	105.9	105.9	105.9	105.9	105.9
Factor de carga (kg/m3)	2.23	2.24	2.36	2.42	2.37	2.32
Sobrerotura (%)	2	4	1	1	2	2

Análisis e interpretación de resultados de la voladura en el sub nivel

Después de haber obtenido los datos de campo de la voladura en el sub nivel iniciaremos la evaluación de los indicadores y avances en base a los 5 disparos realizados y poder determinar la eficiencia de cada parámetro como

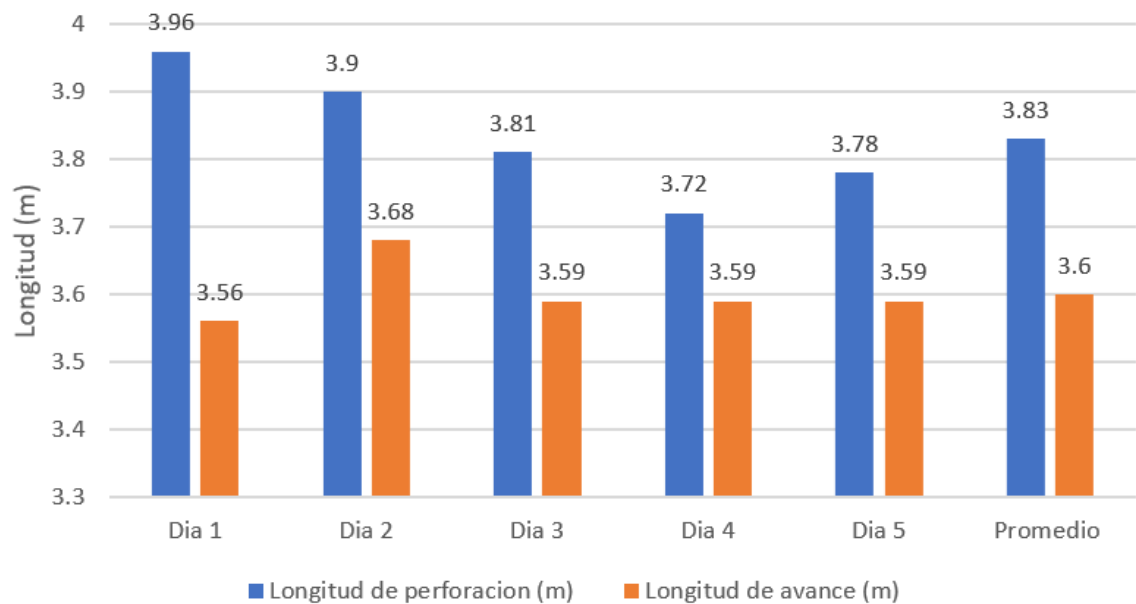
factor de avance, longitud de perforacion, longitud de avance, factor de carga, sobre rotura

Factor de Avance

El análisis del factor de avance en el sub nivel debe considerar las longitudes de perforación y el avance en cada uno de los disparos.

Como se presenta en la Tabla 18, la Figura 20 y Figura 21.

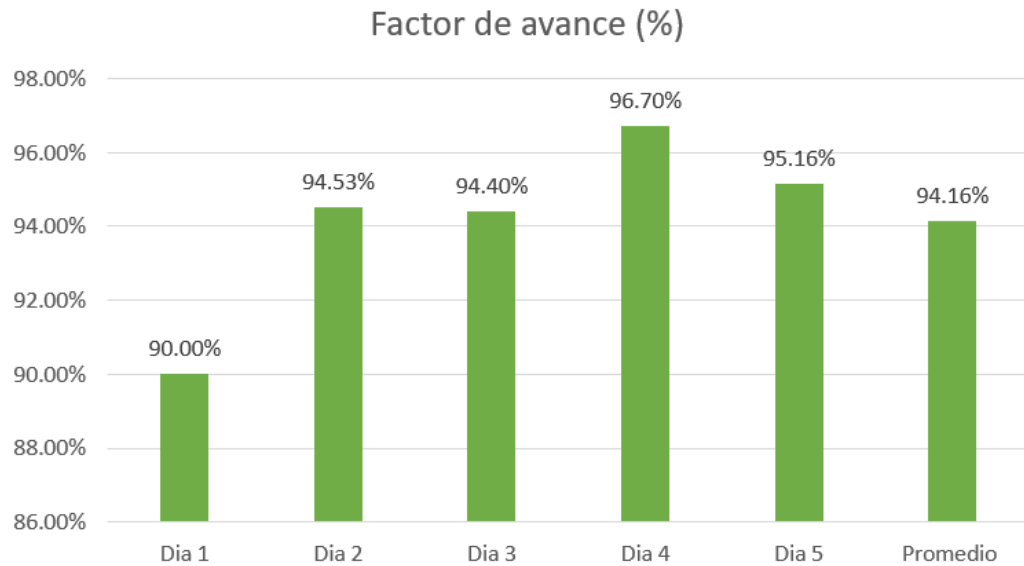
Figura 19: Longitud de perforación y longitud de avance en sub niveles



La Figura 21 es el resultado consolidado de la figura 20 y de los cálculos específicos para determinar el factor de avance, como se muestra a continuación:

$$\text{Factor de avance} = (\text{Longitud de avance} / \text{longitud de perforación}) \times 100$$

Figura 20: *Factor de avance en sub niveles*



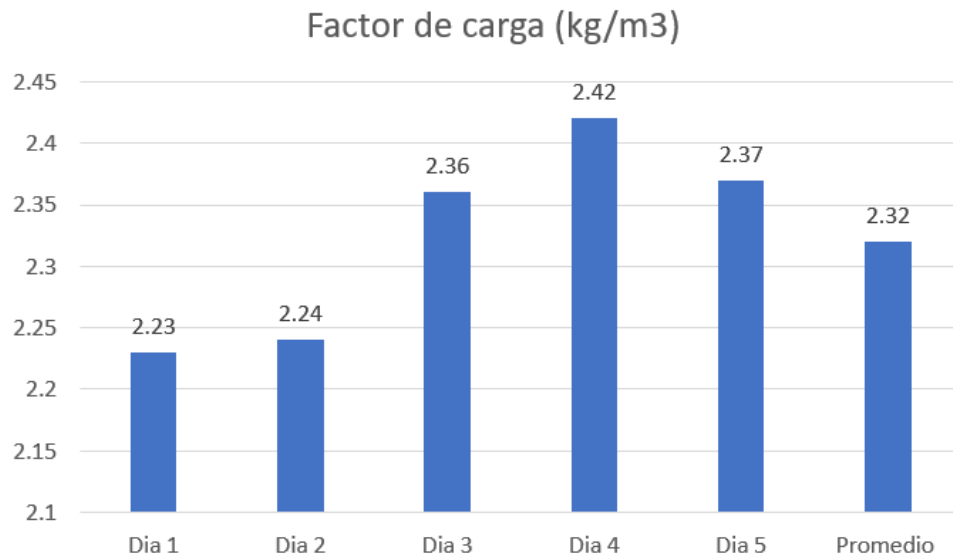
Podemos observar que los datos registrados en las tablas de las pruebas ubican entre el 90 y 96.7 % al factor de eficiencia de avance, en cada disparo.

Adicionalmente, se puede establecer como promedio un 94.16 % para todos los disparos, lo que coloca el nivel de eficiencia en una escala alta en cuanto a la labor de avance lineal, con lo cual se puede afirmar que el programa de avance puede ser cumplido en cuanto a sus objetivos de avance, lo que pondrá a disposición los cuerpos de mineral para ser explotados de una manera más eficiente y optima.

Factor de carga

Adicionalmente este parámetro también resulta determinante, y puede ser denominado factor de potencia, debido a que uno de sus objetivos es evaluar la energía del explosivo, la que será responsable de romper la roca, con ello se puede tener un indicador claro de la demanda de explosivos por disparo, lo que se calcula en kg/m³, debido a que las labores lineales se ejecutaron sobre desmonte. La figura siguiente muestra el comportamiento de este indicador:

Figura 21: Factor de carga de las voladuras en sub niveles



Se puede observar que el valor del factor de carga alcanzó entre 2,23 kg/m³, y 2.24 kg/m³ Los dos primeros días, sin embargo, se observa que hacia el cuarto día se logra el mayor valor con 2,37 kg/m³, adicionalmente el promedio de las pruebas se establece en 2,32 kg/m³.

Se puede deducir de estos resultados que La sobre rotura puede reducirse si se emplea un consumo menor de explosivos, con lo cual se puede garantizar mejores condiciones de seguridad en las labores además de la consiguiente reducción de los costos operativos.

Sobrerotura

Por otro lado, la sobrerotura en las coronas y los hastiales de las labores lineales fueron otros factores determinantes para este trabajo. Por la que hay que tener en cuenta la evaluación geomecánica de la zona donde se hallan las vetas y cuya clasificación alcanzó el nivel dentro del estándar de RMR de Bieniawski.

En términos geo mecánicos el nivel alcanzado para esta roca se ubica en 32 que es un estrato de mala calidad, debido a que el cuerpo del que forma parte muestras la presencia de fallas, diaclasas, rocas fracturadas. En

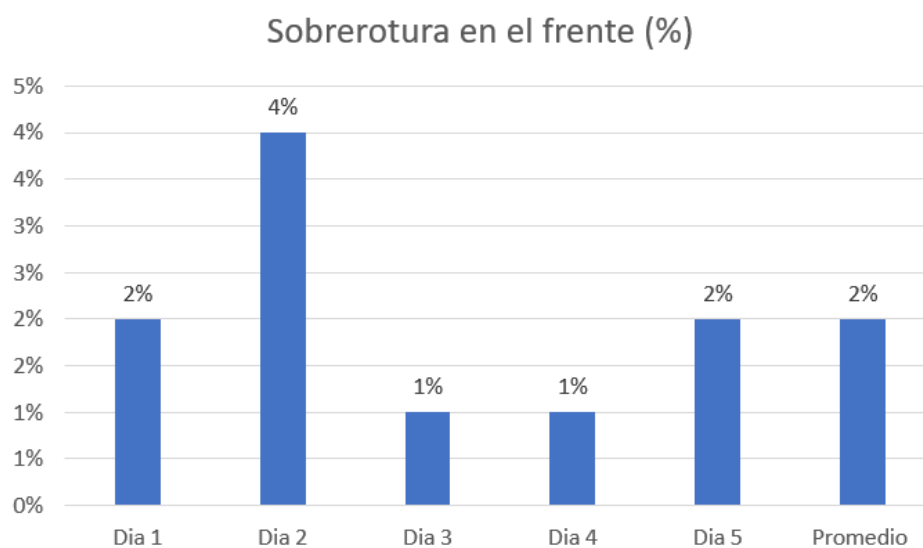
ese contexto es recomendable que se ejecute un desate de rocas y material suelto de manera muy detenida en cada ciclo de labores.

De esta manera se realizó una voladura controlada desacoplando las cargas lo que tiene como resultado una reducción en la sobrerotura como se muestra en la Tabla 18 y la figura 23 y 24 siguiente.

Figura 22: Resultados en la corona de la labor



Figura 23: Resultados de sobrerotura en sub niveles



b. Resultados de los indicadores y avances de la voladura en labores de desmonte

Tabla 19: *Resultados de los indicadores y avances de la voladura en labores de desmonte*

<i>indicadores y avances de la voladura en labores de desmonte</i>						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Promedio
Sección	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3
Longitud de perforacion (m)	3.90	3.72	3.78	3.63	3.84	3.77
Longitud de perforacion (pies)	12.80	12.20	12.40	11.90	12.60	12.38
Longitud de avance (m)	3.77	3.63	3.65	3.47	3.77	3.66
Longitud de avance (pies)	12.40	11.90	12.00	11.40	12.40	12.02
Factor de avance (%)	96.84	97.54	94.77	95.79	98.41	96.67
Numero de taladros	47	47	47	47	47	47
Taladros con carga	39	39	39	39	39	39
Volumen roto (m3)	57.68	55.54	55.85	53.09	57.68	55.97
Consumo de explosivos (kg)	119.4	119.4	119.4	119.4	119.4	119.4
Factor de carga (kg/m3)	2.07	2.14	2.13	2.24	2.07	2.13
Sobrerotura (%)	2	1	2	4	1	2

Análisis e interpretación de resultados

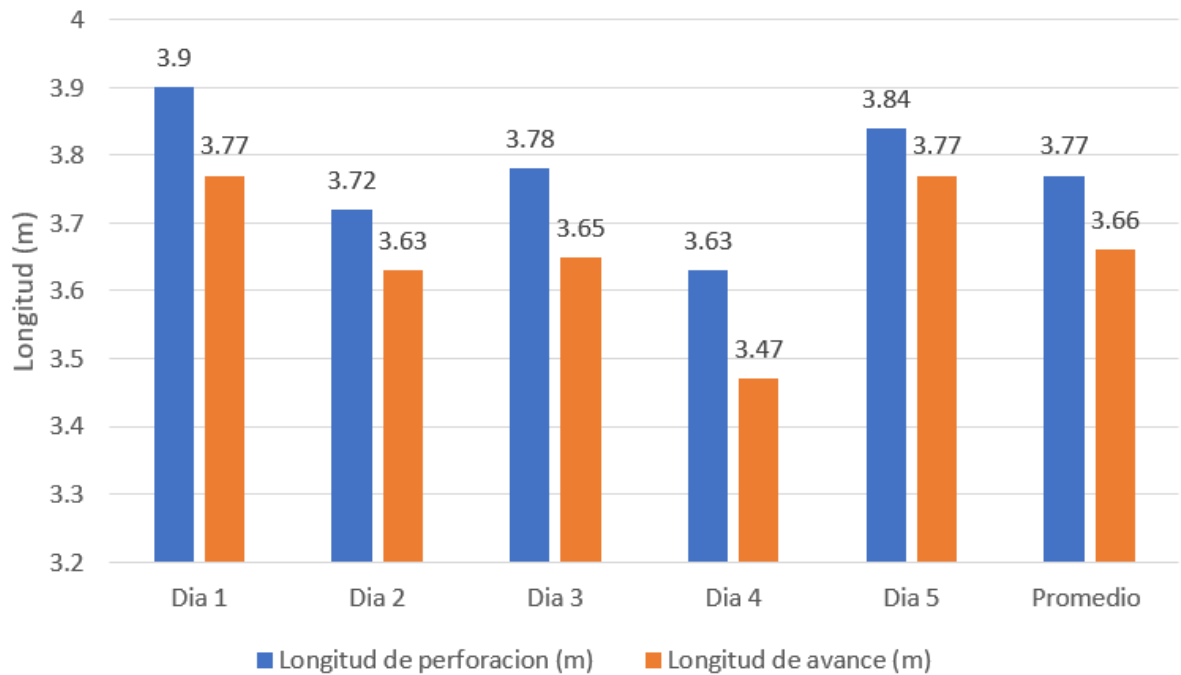
Análisis e interpretación de resultados de la voladura en desmonte

Después de haber obtenido los datos de campo de la voladura en labores de desmonte iniciaremos la evaluación de los indicadores y avances en base a los 5 disparos realizados y poder determinar la eficiencia de cada parámetro como factor de avance, longitud de perforacion, longitud de avance, factor de carga, sobre rotura

Factor de Avance

El análisis del factor debe considerar las longitudes de perforación y el avance en cada uno de los disparos, datos que son recogido y mostrados en la Tabla 19, la Figura 25 y Figura 26.

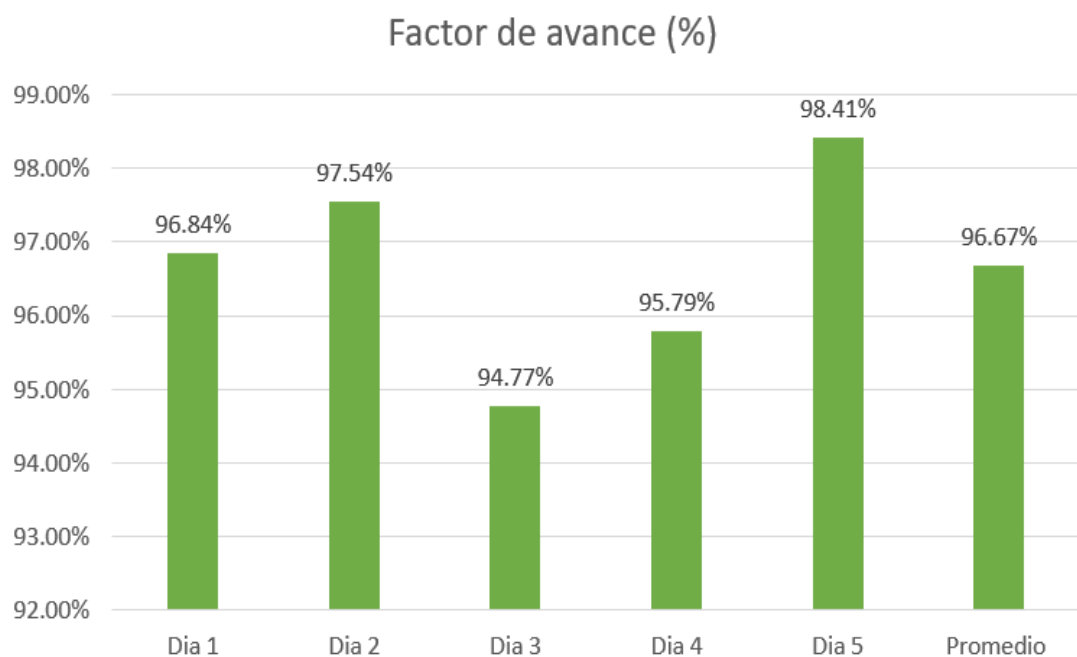
Figura 24: Longitud de perforación y longitud de avance en labores de desmonte



A partir de esta figura podemos realizar los cálculos necesarios para obtener la representación del factor de avance que se muestra en la siguiente:

$$\text{Factor de avance} = (\text{Longitud de avance} / \text{longitud de perforación}) \times 100$$

Figura 25: Factor de avance en labores de desmonte

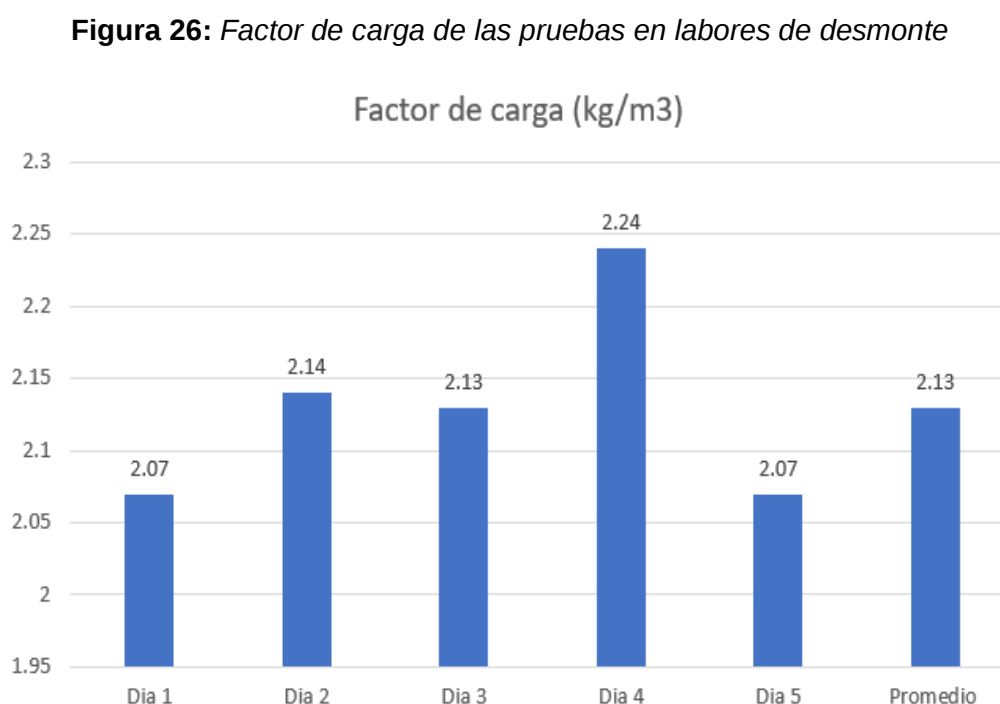


Podemos observar que los datos registrados en las tablas de las pruebas ubican entre el 94.77 y 98.41 %. al factor de eficiencia de avance, en cada disparo.

Adicionalmente, se puede establecer como promedio un 96.67 %, para todos los disparos, lo que coloca el nivel de eficiencia en una escala alta en cuanto a la labor de avance lineal, con lo cual se puede afirmar que el programa de avance puede ser cumplido en cuanto a sus objetivos de avance, lo que pondrá a disposición los cuerpos de mineral para ser explotados de una manera más eficiente y optima.

Factor de carga

Adicionalmente este parámetro también resulta determinate, y puede ser denominado factor de potencia, debido a que uno de sus objetivos es evaluar la energía del explosivo, la que será responsable de romper la roca, con ello se puede tener un indicador claro de la demanda de explosivos por disparo, lo que se calcula en kg/m^3 , debido a que las labores lineales se ejecutaron sobre desmonte. La figura siguiente muestra el comportamiento de este indicador:



Se puede observar que el valor del factor de carga alcanzó los menores registros en los días 1 y 5 con 2,07 kg/m³. En cambio, se observa que hacia el cuarto día se logra el mayor valor con 2,24 kg/m³, adicionalmente el promedio de las pruebas se establece en 2,13 kg/m³.

Se puede deducir de estos resultados que La sobre rotura puede reducirse si se emplea un consumo menor de explosivos, con lo cual se puede garantizar mejores condiciones de seguridad en las labores además de la consiguiente reducción de los costos operativos.

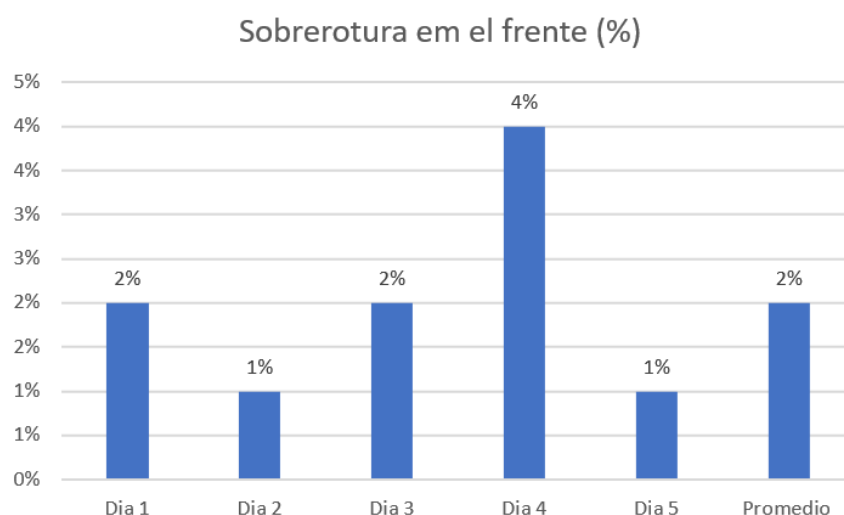
Sobrerotura

Por otro lado, la sobrerotura en las coronas y los hastiales de las labores lineales fueron otros factores determinantes para este trabajo. Por la que hay que tener en cuenta la evaluación geomecánica de la zona donde se hallan las vetas y cuya clasificación alcanzó el nivel dentro del estándar de RMR de Bieniawski.

En términos geomecánicos el nivel alcanzado para esta roca se ubica en 32 que es un estrato de mala calidad, debido a que el cuerpo del que forma parte muestras la presencia de fallas, diaclasas, rocas fracturadas. En ese contexto es recomendable que se ejecute un desate de rocas y material suelto de manera muy detenida en cada ciclo de labores.

De esta manera se realizó una voladura controlada desacoplando las cargas lo que tiene como resultado una reducción en la sobrerotura como se muestra en la Tabla 19 y la figura 28 siguiente.

Figura 27: Resultados de sobrerotura en labores de desmonte



c. Resultados de los indicadores y avances de la voladura en frentes

Tabla 20: Resultados de los indicadores y avances de la voladura en frentes

<i>indicadores y avances de la voladura en frentes</i>						
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Promedio
Sección (m2)	16	16	16	16	16	16
Longitud de perforacion (m)	3.96	3.93	3.92	3.95	3.93	3.94
Longitud de perforacion (pies)	13	12.90	12.85	12.95	12.90	12.92
Longitud de avance (m)	3.81	3.87	3.63	3.84	3.86	3.80
Longitud de avance (pies)	12.5	12.70	11.90	12.60	12.65	12.47
Factor de avance (%)	96.2	98.44	92.61	97.29	98.06	96.52
Numero de taladros	47	47	47	47	47	47
Taladros con carga	39	39	39	39	39	39
Volumen roto (m3)	61.6	61.92	58.08	61.44	61.76	60.96
Consumo de explosivos (kg)	119.2	119.2	119.2	119.2	119.2	119.2
Factor de carga (kg/m3)	1.93	1.92	2.05	1.94	1.93	1.95
Sobrerotura (%)	2	0	5	1	2	2

Análisis e interpretación de resultados de la voladura en frentes

Después de haber obtenido los datos de campo de la voladura en frentes de desarrollo iniciaremos la evaluación de los indicadores y avances en base a los 5 disparos realizados y poder determinar la eficiencia de cada

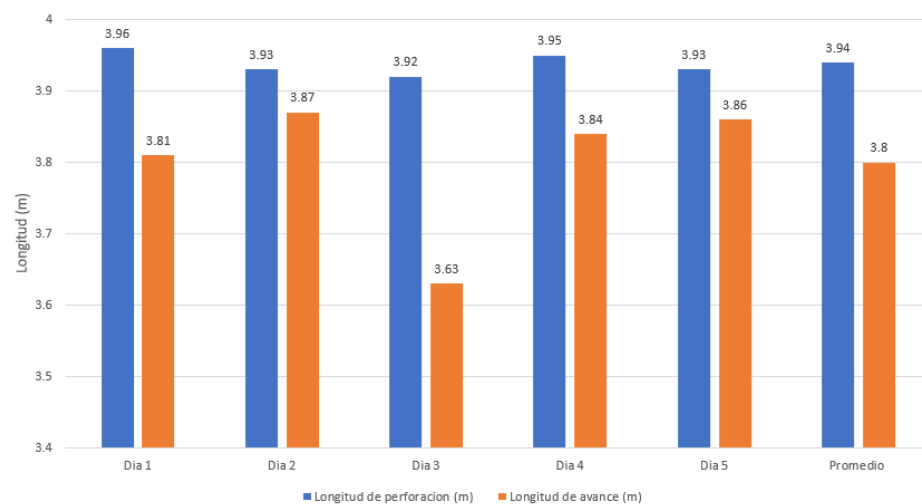
parámetro como factor de avance, longitud de perforación, longitud de avance, factor de carga, sobre rotura

Análisis de los indicadores y avances de las voladuras en frentes

Factor de Avance

El análisis del factor debe considerar las longitudes de perforación y el avance en cada uno de los disparos, datos que son recogido y mostrados en la Tabla 20, la Figura 29 y Figura 30.

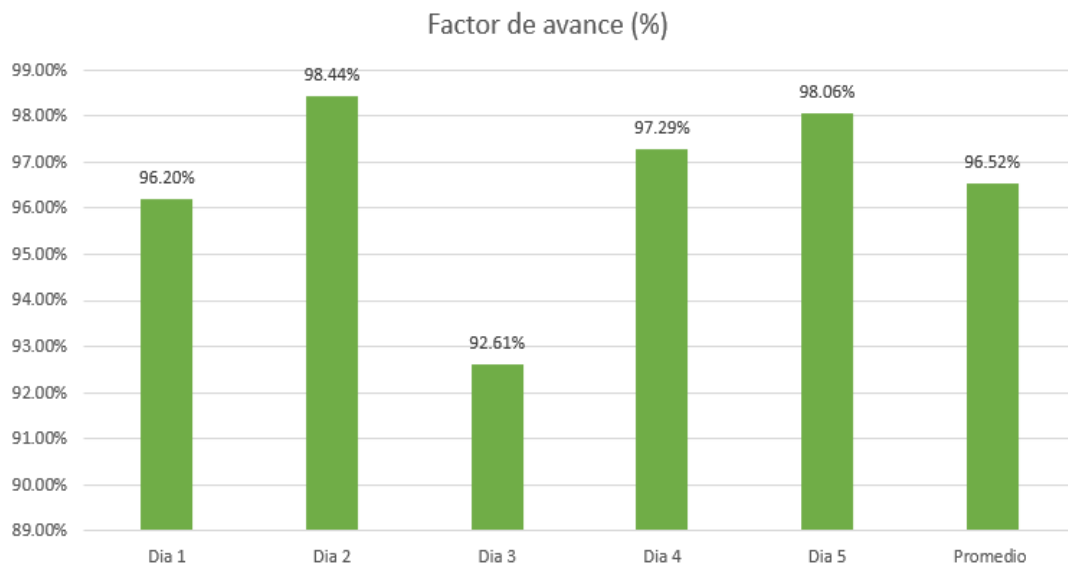
Figura 28: Longitud de perforación y longitud de avance en frentes



A partir de esta figura podemos realizar los cálculos necesarios para obtener la representación del factor de avance que se muestra en la Figura 30:

$$\text{Factor de avance} = (\text{Longitud de avance} / \text{longitud de perforación}) \times 100$$

Figura 29: Factor de avance en frentes



Podemos observar que los datos registrados en las tablas de las pruebas ubican entre el 92.61 y 98.44 %. al factor de eficiencia de avance, en cada disparo.

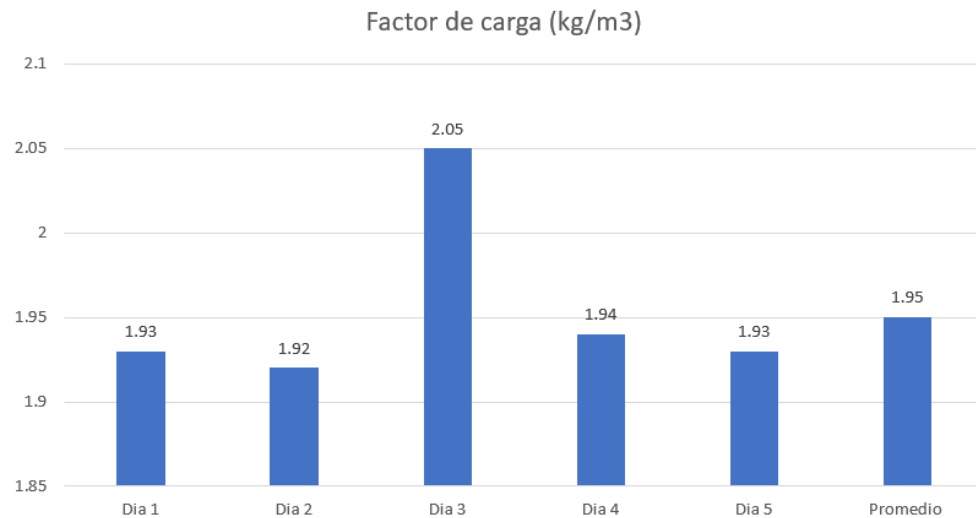
Adicionalmente, se puede establecer como promedio un 96.52 %, para todos los disparos, lo que coloca el nivel de eficiencia en una escala alta en cuanto a la labor de avance lineal, con lo cual se puede afirmar que el programa de avance puede ser cumplido en cuanto a sus objetivos de avance, lo que pondrá a disposición los cuerpos de mineral para ser explotados de una manera más eficiente y optima.

Factor de carga

Adicionalmente este parámetro también resulta determinante, y puede ser denominado factor de potencia, debido a que uno de sus objetivos es evaluar la energía del explosivo, la que será responsable de romper la roca, con ello se puede tener un indicador claro de la demanda de explosivos por disparo, lo que se calcula en kg/m³, debido a que las labores lineales se ejecutaron sobre desmonte.

La figura siguiente muestra el comportamiento de este indicador:

Figura 30: Factor de carga de las pruebas en frentes



Se puede observar que el valor del factor de carga alcanzó los menores registros en los días 1 y 2 con 1.93 y 1.92 kg/m³. En cambio, se observa que hacia el tercer día se logra el mayor valor con 2.05 kg/m³, adicionalmente el promedio de las pruebas se establece en 1.95 kg/m³.

Se puede deducir de estos resultados que La sobre rotura puede reducirse si se emplea un consumo menor de explosivos, con lo cual se puede garantizar mejores condiciones de seguridad en las labores además de la consiguiente reducción de los costos operativos.

Sobrerotura

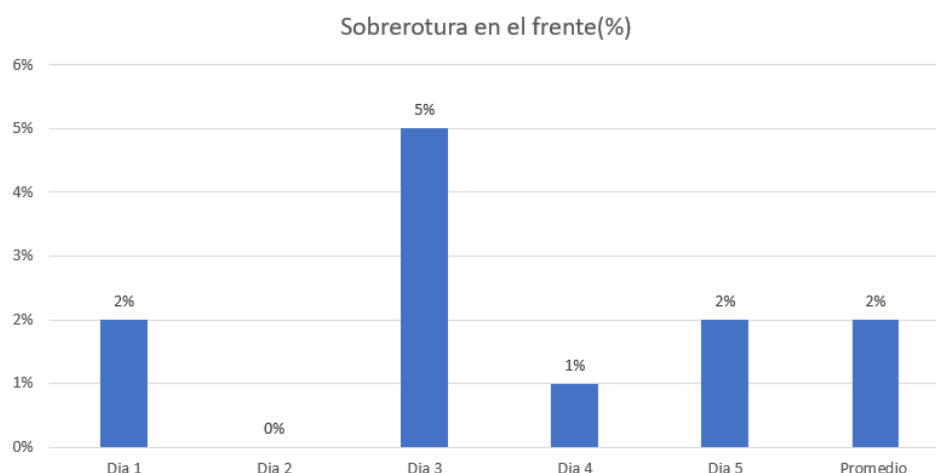
Por otro lado, la sobrerotura en las coronas y los hastiales de las labores lineales fueron otros factores determinantes para este trabajo. Por la que hay que tener en cuenta la evaluación geomecánica de la zona donde se hallan las vetas y cuya clasificación alcanzó el nivel dentro del estándar de RMR de Bieniawski.

En términos geomecánicos el nivel alcanzado para esta roca se ubica en 32 que es un estrato de mala calidad, debido a que el cuerpo del que forma parte muestra la presencia de fallas, diaclasas, rocas fracturadas. En

ese contexto es recomendable que se ejecute un desate de rocas y material suelto de manera muy detenida en cada ciclo de labores.

De esta manera se realizó una voladura controlada desacoplando las cargas lo que tiene como resultado una reducción en la sobrerotura como se muestra en la Tabla 20 y la figura 32 siguiente.

Figura 31: Resultados de sobre rotura en frentes



d. Resultados de los indicadores y avances de la voladura en labores de Brestring

Tabla 21: Resultados de los indicadores y avances de la voladura en Brestring

<i>indicadores y avances de la voladura en Brestring</i>						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Promedio
Sección	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
Longitud de perforacion (m)	3.96	3.94	3.95	3.99	3.96	3.96
Longitud de perforacion (pies)	13	12.95	12.98	13.10	13.02	13.01
Longitud de avance (m)	3.78	3.66	3.63	3.81	3.66	3.71
Longitud de avance (pies)	12.40	12.00	11.90	12.50	12.00	12.16
Factor de avance (%)	95.39	92.31	91.54	96.15	92.3	93.53
Numero de taladros	20	20	20	20	20	20
Taladros con carga	18	18	18	18	18	18
Volumen roto (m3)	50.27	48.68	48.28	50.67	48.68	49.31
Consumo de explosivos (kg)	50	50	50	50	50	50
Factor de carga (kg/m3)	0.95	1.03	1.04	0.99	1.03	1.01
Sobrerotura (%)	2	1	0	1	1	1

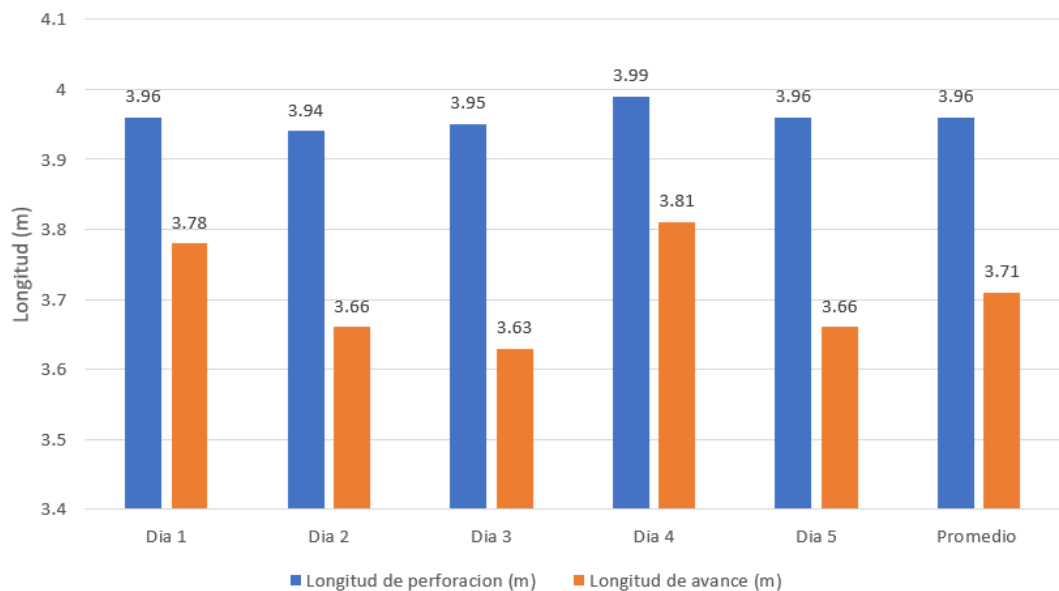
Análisis e interpretación de resultados de la voladura en Bresting

Después de haber obtenido los datos de campo de la voladura en el sub nivel iniciaremos la evaluación de los indicadores y avances en base a los 5 disparos realizados y poder determinar la eficiencia de cada parámetro como factor de avance, longitud de perforacion, longitud de avance, factor de carga, sobre rotura

Factor de Avance

El análisis del factor debe considerar las longitudes de perforación y el avance en cada uno de los disparos, datos que son recogido y mostrados en la Tabla 21, la Figura 33 y Figura 34.

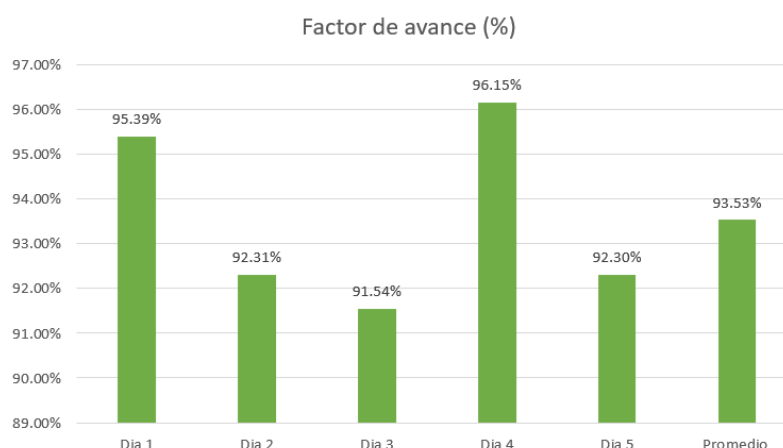
Figura 32: Longitud de perforación y longitud de avance en Bresting



A partir de esta figura podemos realizar los cálculos necesarios para obtener la representación del factor de avance que se muestra en la Figura 34:

$$\text{Factor de avance} = (\text{Longitud de avance} / \text{longitud de perforación}) \times 100$$

Figura 33: Factor de avance en labores con Bresting



Podemos observar que los datos registrados en las tablas de las pruebas ubican entre el 91.54% y 96.15 %, al factor de eficiencia de avance, en cada disparo.

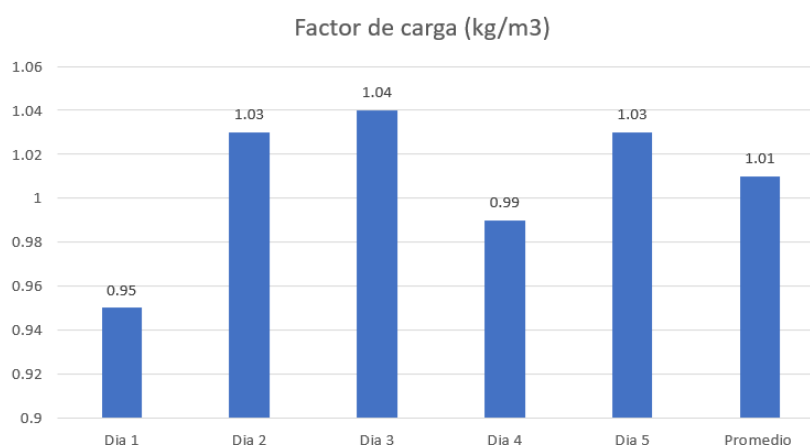
Adicionalmente, se puede establecer como promedio un 93.53 %, para todos los disparos, lo que coloca el nivel de eficiencia en una escala alta en cuanto a la labor de avance lineal, con lo cual se puede afirmar que el programa de avance puede ser cumplido en cuanto a sus objetivos de avance, lo que pondrá a disposición los cuerpos de mineral para ser explotados de una manera más eficiente y optima.

Factor de carga

Adicionalmente este parámetro también resulta determinante, y puede ser denominado factor de potencia, debido a que uno de sus objetivos es evaluar la energía del explosivo, la que será responsable de romper la roca, con ello se puede tener un indicador claro de la demanda de explosivos por disparo, lo que se calcula en kg/m³, debido a que las labores lineales se ejecutaron sobre desmonte.

La figura siguiente muestra el comportamiento de este indicador:

Figura 34: Factor de carga de las pruebas en Bresting



Se puede observar que el valor del factor de carga alcanzó los menores registros el día 1 con 0.95 kg/m³. En cambio, se observa que hacia el tercer día se logra el mayor valor con 1.04 kg/m³, adicionalmente el promedio de las pruebas se establece en 1.01 kg/m³.

Se puede deducir de estos resultados que La sobre rotura puede reducirse si se emplea un consumo menor de explosivos, con lo cual se puede garantizar mejores condiciones de seguridad en las labores además de la consiguiente reducción de los costos operativos.

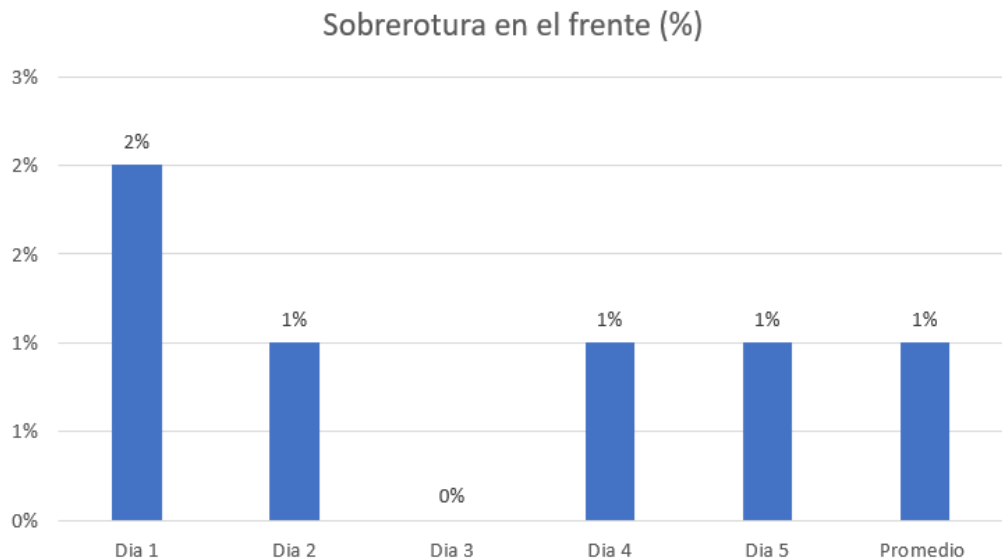
Sobrerotura

Por otro lado, la sobrerotura en las coronas y los hastiales de las labores lineales fueron otros factores determinantes para este trabajo. Por la que hay que tener en cuenta la evaluación geomecánica de la zona donde se hallan las vetas y cuya clasificación alcanzó el nivel dentro del estándar de RMR de Bieniawski.

En términos geomecánicos el nivel alcanzado para esta roca se ubica en 32 que es un estrato de mala calidad, debido a que el cuerpo del que forma parte muestras la presencia de fallas, diaclasas, rocas fracturadas. En ese contexto es recomendable que se ejecute un desate de rocas y material suelto de manera muy detenida en cada ciclo de labores.

De esta manera se realizó una voladura controlada desacoplando las cargas lo que tiene como resultado una reducción en la sobrerotura como se muestra en la Tabla 21 y la figura 36 siguiente.

Figura 35: Resultados de sobrerotura



4.2. Discusión de resultados

Terminado la toma de datos de campo, realizada en los cuatro tipos de labores realizándose cinco disparos, tuvo la siguiente secuencia.

- Evaluación de la geomecánica de la zona donde se realizó el estudio comprendiendo las vetas Split 658, veta 658, veta 722, donde tenemos a:
- Sub nivel
- Labores de desmonte
- Frentes
- Labores con Bristing.

En la mina San Cristóbal la calidad de la masa rocosa presenta valores variables con calidades entre Mala B – IV B hasta Regular A – III A.

1. Evaluación de la malla de perforación de cada una de las labores. Para sub niveles, labores de desmonte, frentes, Bristing

2. Obtención de los datos generales de cada labor: sub niveles, labores de desmonte, frentes, Bristing; como sección de la labor, volumen, tonelaje.
3. Evaluación de la carga explosiva de cada labor, sub niveles, labores de desmonte, frentes, Bristing, como tipo de explosivo, distribución de taladros, distribución de carga, cantidad de cartuchos.
4. Evaluación de los parámetros de la perforacion y voladura como factor de carga, factor de avance, longitud de perforacion, longitud de avance, taladros cargados, taladros perforados, sobrerotura.

Resultados obtenidos en cada labor

a. Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en Sub niveles

Tabla 22: *Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en Sub niveles*

Indicadores y avances de la perforacion y voladura en Sub niveles		
Parámetro	Unidad	Valor
Sección	m.	3.5 x 3.8 = 13.3
Volumen	m3	45.52
Tonelaje	tn	151.8
Factor de carga	kg/m	2.32
Factor de avance	%	94.16
Longitud de perforacion	m	3.83
Longitud de avance	m	3.60
Taladros perforados		42
Taladros cargados		34
Tipo de roca		Mala -IVA (RMR 30 – 35)
Explosivo	kg	105.9
Sobre rotura	%	2

Los parámetros mas resaltantes que nos indican la eficiencia de la perforacion y voladura don: factor de avance, longitud de perforacion, longitud de avance, factor de carga, sobre rotura.

b. Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en labores de desmonte

Tabla 23: *Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en labores de desmonte*

Indicadores y avances de la perforacion y voladura en desmontes		
Parámetro	Unidad	Valor
Sección	m.	3.4 x 4.5 = 15.3
Volumen	m³	55.97
Tonelaje	tn	151.2
Factor de carga	kg/m	2.13
Factor de avance	%	96.67
Longitud de perforacion	m	3.77
Longitud de avance	m	3.66
Taladros perforados		47
Taladros cargados		39
Tipo de roca		Mala -IVA (RMR 25 – 45)
Explosivo	kg	119.4
Sobre rotura	%	2

c. Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en frentes

Tabla 24: *Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en frentes*

Indicadores y avances de la perforacion y voladura en frentes		
Parámetro	Unidad	Valor
Sección	m.	4.0 x 4.0 = 16
Volumen	m³	60.96
Tonelaje	tn	164.6
Factor de carga	kg/m	1.95
Factor de avance	%	96.52
Longitud de perforacion	m	3.94
Longitud de avance	m	3.80
Taladros perforados		47
Taladros cargados		39
Tipo de roca		Mala -IVA (RMR 30 – 35)
Explosivo	kg	119.2
Sobre rotura	%	2

d. Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en labores con Brestring

Tabla 25: *Resultados de los indicadores y avances de la perforacion y voladura en labores con Brestring*

Indicadores y avances de la perforacion y voladura en Brestring		
Parámetro	Unidad	Valor
Sección	m.	3.5 x 3.8 = 13.3
Volumen	m³	49.31
Tonelaje	tn	133.1
Factor de carga	kg/m	1.01
Factor de avance	%	93.53
Longitud de perforacion	m	3.96
Longitud de avance	m	3.71
Taladros perforados		20
Taladros cargados		18
Tipo de roca		Mala -IVA (RMR 30 – 35)
Explosivo	kg	50
Sobre rotura	%	1

Finalizado la investigación podemos indicar que nuestra investigación ha sido de importante porque nos a permitido ver que los indicadores y avances de los parámetros de la perforacion y voladura se hallan dentro de lo estimado por la empresa, teniendo como conclusiones los siguientes valores.

Indicadores y avances para subniveles

- Factor de avance = **94.16 %**
- Longitud de perforacion = **3.83 m**
- Longitud de avance = **3.60 m**
- Factor de carga = **2.32 kg/m**
- Sobre rotura = **2 %**

Indicadores y avances para labores de desmonte

- Factor de avance = **96.67 %**
- Longitud de perforacion = **3.77 m**
- Longitud de avance = **3.66 m**
- Factor de carga = **2.13 kg/m**
- Sobre rotura = **2 %**

Indicadores y avances para frentes

- Factor de avance = **96.52 %**
- Longitud de perforacion = **3.94 m**
- Longitud de avance = **3.80 m**
- Factor de carga = **1.95 kg/m**
- Sobre rotura = **2 %**

Indicadores y avances para Bresting

- Factor de avance = **93.53 %**
- Longitud de perforacion = **3.96 m**
- Longitud de avance = **3.71 m**
- Factor de carga = **1.01 kg/m**
- Sobre rotura = **1 %**

Como resumen de todo lo actuado podemos decir que el consumo de explosivos se mantiene dentro de lo establecido no produciéndose sobre roturas solo se llego en algunos casos al 2 % como promedio.

Todo esto se ve reflejado en las condiciones de seguridad, beneficios económicos, sociales para la empresa y para los trabajadores.

En cuanto a la voladura de la evaluación realizada se observa que se tienen disparos en la que no ha dañado a la corona ni a los hastiales de la labor. El factor de avance en cada disparo es mayor al 94 % lo cual es un valor positivo.

Se ha realizado voladuras controladas con cargas desacopladas lo que ha permitido reducir la sobre rotura de manera importante llegando en promedio a un 2 %

CONCLUSIONES

El diseño de la malla de perforación y voladura realizada en las diferentes labores subterráneas de la Unidad San Cristóbal se viene ejecutando con un seguimiento estricto y adecuado en cuanto al pintado de la malla, carguío de los taladros con la cantidad de explosivos programados; realizándose voladuras controladas, reduciéndose el número de taladros en la corona para evitar sobre roturas, también se utiliza guidores de la perforacion, atacadores en buen estado y desacople de explosivos.

Se viene utilizando explosivos de baja potencia para la voladura controlada y finalmente una concientización de los trabajadores en perforacion y voladura.

Todos estos aspectos en el diseño de la malla de perforacion y voladura influyen en el rendimiento de los indicadores y avances de la perforacion y voladura.

La malla de perforacion y voladura utilizada para voladuras de sub nivel y labores de desmonte influye en el rendimiento de los indicadores y avances, como resultado tenemos:

En labores de sub nivel, el factor de avance 94.16 %, el factor de carga 2.32 kg/m, la sobre perforacion en un 2 %.

En labores de desmonte, el factor de avance 96.67 %, el factor de carga 2.13 kg/m, la sobre perforacion en un 2 %.

La malla de perforacion y voladura utilizada para voladuras de frentes y labores de brestring influye en el rendimiento de los indicadores y avances, como resultado tenemos:

En labores de frentes, el factor de avance 96.52 %, el factor de carga 2.32 kg/m, la sobre perforacion en un 2 %.

En labores de brestring, el factor de avance 93.53 %, el factor de carga 1.01 kg/m, la sobre perforacion en un 1 %.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar un seguimiento de la perforación y voladura permanentemente para poder alcanzar los indicadores y avances programados; dentro de esto podemos considerar el control del dimensionamiento de la labor, pintado de la malla, seguimiento de la profundidad y paralelismo de los taladros, carguío de los taladros, control de la sobrerotura.
2. Con respecto a las labores donde se observa rocas fracturadas se debe realizar voladura secundaria con cargas desacopladas para evitar sobre roturas y tener una corona más sólida, así como los hastiales.
3. Establecer capacitaciones para los trabajadores al interior mina orientadas a una buena labora de desate de rocas antes, durante y después de realizar sus labores

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ATLAS COPCO. (2012). *Lineas de perforacion Magnum SR35*.

BAENA , G. (2017). Metodologia de la investigacion. En G. E. PATRIA (Ed.).

BERNAL, C. (2010). *Metodologia de la investigacion* (Tercera edicion ed.). (P. Educacion, Ed.)

ENAEEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEEX S.A.* ENAEEX, Gerencia tecnica.

HANCCO, R. (2022). *DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO PARA UNIFORMIZAR LA FRAGMENTACIÓN EN LA EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA OSCCOLLO - ESPINAR*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional del Altiplano] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, Puno - Peru.

HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodologia de la investigacion* (sexta edicion ed.). (M. e. S.A., Ed.)

Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforacion y voladura de rocas*. Instituto Geologico y Minero de España.

LARA , O. (2013). *Diseño de malla de perforación para optimizar la voladura en la Unidad Carahuacra de la Compañía Minera Volcan S.A.A.* [tesis de licenciamiento Universidad Nacional del Centro del Peru] repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo - Peru.

LLACCTAHUAMAN, ORDOÑEZ, L. (2022). *“DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA Y SU INFLUENCIA EN LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL NIVEL 1250 UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA - CONTRATA MINERA IESA S.A.”*. [tesis de licenciamiento UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA]repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA, HUANCVELICA - Peru.

MAMANI, F. (2022). *“REDISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN FRENTES DE AVANCE NIVEL 0 PARA REDUCIR LOS COSTOS DE*

OPERACIÓN SM ESPERANZA SECOCHA". [tesis de licenciamiento UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, Arequipa - Peru.

Ministerio de energía y minas (MINEM) . (2016). Decreto Supremo N° 024-2016. Lima.
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. (2012). *D.S. 005-2012-TR. Reglamento de la Ley N°29783. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo*.

Ministerio de Energía y Minería (MEM). (2021). *Estadísticas de accidentes* .

Ministerio de Trabajo, Ley 29783. (2012). *Ley de seguridad y salud en el trabajo*. (D. e. Peruano, Ed.) Lima.

PERSSON, HOLMBERG, P. (1993). *Rock Blasting and Explosives Engineering*. (R. Group, Ed.) Suecia.

RESEMIN. (2016). *Equipos de perforacion*.

RICSE, K. (2020). *DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN DE ROCA EN MINA PAOLA DE COMPAÑÍA MINERA SAN LUCAS S.A.C*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional del Centro del Peru] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, Huancayo - Peru.

RIVERA , K. (2023). *La aplicación del diseño de malla de perforación y voladura y su influencia en la calidad del fraccionamiento de mineral en la Unidad Minera Andaychagua - Yauli 2022*. [tesis de licenciamiento Universidad Continental] repositorio institucional Universidad Continental, Huancayo - Peru.

SANCHEZ, REYES, MEJIA, H. (2018). *Manual de terminos de investigacion cientifica, tecnologica y humanistica*. Lima.

SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA. (2004). *Manual de geomecanica aplicada a la prevencion de accidentes por caida de rocas*.

SUPO, CAVERO, F. (2014). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES*. (E. Universitario, Ed.)

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Unidades Geotécnicas San Cristóbal

UNIDADES GEOTECNICAS (UGT) - MSCR							
VETA	NIVEL	ID UGT	Descripción	IRS	RQD (%)	RMR(b)89	
						Promedio	Rango
658	580	BX. VOL	Brecha Volcánica	R2.5 - 3	75 - 95	60	55 - 75
		FLT GRIS	Filita Gris	R2.5 - 3	90 - 100	60	50 - 75
	1320 1370 1420	FLT	Filita	R2 - 3	77 - 100	54	45 - 64
		FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
		AND	Andesita Gris	R3	88 - 100	59	50 - 68
		AND ARG	Andesita Argilizada	R1 - R2	8. - 90	37	29 - 46
VENUS	1370 1420	ZAF	Zona de Alto Fracturamiento	R0 - R1	0 - 16	21	16 - 25
		FLT	Filita	R2 - 3	77 - 100	54	45 - 64
		FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
722	780	ZAF	Zona de Alto Fracturamiento	R0 - R1	0 - 16	21	16 - 25
		FLT	Filita	R2 - 3	77 - 100	54	45 - 64
722B	340	FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
		FLT NEGRA	Filita Negra	R1 - R3	75 - 100	68	51 - 80
RP722	340	FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64
		AND	Andesita	R2 - R2.5	95 - 100	69	60 - 80
		FLT NEGRA	Filita Negra	R1 - R3	75 - 100	68	51 - 80
	820	FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64
		FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
SHEYLA	780	FLT NEGRA	Filita Negra	R1 - R3	75 - 100	68	51 - 80
		FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64
		AND	Andesita	R2 - R2.5	95 - 100	69	60 - 80
	820	FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70
		FLT NEGRA	Filita Negra	R1 - R3	75 - 100	68	51 - 80
SP658	1020	FLT	Filita	R2 - R3	77 - 100	54	45 - 64
	1370	AND	Andesita	R2 - R2.5	95 - 100	69	60 - 80
	1420	FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 - 100	62	54 - 70

Accesorios de voladura en sub niveles

ACCESORIOS				
FANEL MS			FANEL LP	
PENTA CORT	CANTIDAD		PENTACORT	CANTIDAD
1	2		1	
2			2	2
3			3	
4			4	2
5			5	
6			6	4
7	2		7	
8			8	3
9			9	4
10			10	
11			11	
12			12	4
13			13	5
14	2		14	
15			15	5
16			16	
17				
18				
19				
20				

Matriz de consistencia

Título: "EVALUACION DEL DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION PARA VER EL COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES Y AVANCES DE LAS LABORES MINERAS, EN LA EMPRESA MINERA VOLCAN – UNIDAD SAN CRISTOBAL".				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
Problema general ¿Al evaluar el diseño de la malla de perforacion y voladura, ver si influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal? Problemas específicos Problema específico a ¿Al evaluar el diseño de la malla de perforacion y voladura, ver si influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras desmonte y sub niveles, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal? Problema específico b ¿Al evaluar el diseño de la malla de perforacion y voladura, ver si influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras frentes, Bresting, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal?	Objetivo general Evaluar si el diseño de la malla de perforacion y voladura, influye en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal. Objetivos específicos Objetivo específico a Evaluar si el diseño de la malla de perforacion y voladura, influye en el comportamiento de los indicadores y avances desmonte y sub niveles de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal. Objetivo específico b. Evaluar si el diseño de la malla de perforacion y voladura, influye en el comportamiento de los indicadores y avances frentes, Bresting de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal.	Hipótesis General Si influye el diseño de la malla de perforacion y voladura, en el comportamiento de los indicadores y avances de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal. Hipótesis específicas Hipótesis específica a Si influye el diseño de la malla de perforacion y voladura, en el comportamiento de los indicadores y avances desmonte y sub niveles de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal. Hipótesis específica b Si influye el diseño de la malla de perforacion y voladura, en el comportamiento de los indicadores y avances frentes, Bresting de las labores mineras, en Compañía Minera Volcán – Unidad San Cristóbal.	Identificación de variables Variables para la hipótesis general Variable independiente Diseño de la malla de perforacion y voladura. Variable dependiente Comportamiento de indicadores y avances. Variables para la hipótesis específicas Variables para la hipótesis específica a Variable independiente Diseño de la malla de perforacion y voladura. Variable dependiente Comportamiento de indicadores y avances desmonte y sub niveles. Variables para la hipótesis específica b Variable independiente Diseño de la malla de perforación y voladura. Variable dependiente Comportamiento de indicadores y avances frentes, Bresting.	-Tipo de I. aplicativo. -Nivel de I. Descriptivo, analítico Diseño de I. no experimental muestra Se ha tomado como muestra una labor de desmonte, un sub nivel, un frente, una labor que aplica Bresting, de la mina San Cristóbal de la Empresa VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.