

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Aplicación del diseño de malla de perforación y
voladura en taladros largos, para mejorar la
fragmentación, Unidad Minera San Cristóbal**

Patricia Jenifer Sosa Aquino
Jose Reynaldo Tovar Cotrina

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Jesus Fernando Martinez Ildefonso
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 12 de Enero de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN TALADROS LARGOS, PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN, UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Patricia Jenifer Sosa Aquino, Jose Reynaldo Tovar Cotrina, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

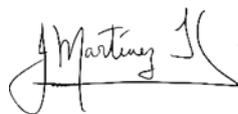
- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 40) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

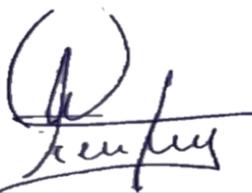
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Patricia Jenifer Sosa Aquino, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 75896595, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN TALADROS LARGOS, PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN, UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

8 de enero de 2024



Patricia Jenifer Sosa Aquino

DNI. No. 75896595

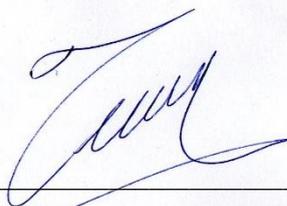
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Jose Reynaldo Tovar Cotrina, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 71971889, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN TALADROS LARGOS, PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN, UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

8 de enero de 2024



Jose Reynaldo Tovar Cotrina

DNI. No. 71917789

APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN TALADROS LARGOS, PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN, UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL

ORIGINALITY REPORT

16% SIMILARITY INDEX	17% INTERNET SOURCES	0% PUBLICATIONS	6% STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

1	www.coursehero.com Internet Source	3%
2	edoc.pub Internet Source	2%
3	dspace.unitru.edu.pe Internet Source	2%
4	bibliotecas.unsa.edu.pe Internet Source	2%
5	repositorio.uni.edu.pe Internet Source	2%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	2%
7	repositorio.unap.edu.pe Internet Source	1%
8	repositorio.unica.edu.pe Internet Source	1%

9	repositoriodemo.continental.edu.pe Internet Source	1%
10	docplayer.es Internet Source	1%
11	www.scribd.com Internet Source	1%
12	Submitted to Universidad Privada San Juan Bautista Student Paper	<1%

Exclude quotes Off
Exclude bibliography On

Exclude matches < 40 words

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental.

A los catedráticos de la EAP de Ingeniería de Minas por transmitirnos sus amplios conocimientos.

Quisiera agradecer a dios, que me ha guiado y dado fuerzas para seguir adelante.

DEDICATORIA

Yo Patricia, dedico esta tesis, a mis padres: Celso Sosa y Elsa Aquino, y a mi hermana Jackelin, quienes, con todo mi amor y cariño, me están apoyando a diario, para lograr mi crecimiento personal y profesional.

Yo José, dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia, principalmente, a mis padres que me apoyaron y contuvieron los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades, sin perder nunca la cabeza, ni morir en el intento.

También quiero dedicarles este trabajo a mis hermanos, que siempre me apoyaron, estuvieron de una u otra forma a lo largo de mi vida.

Para mi abuela, desde el cielo, que siempre me inculco a ser un buen profesional y hoy me da sus bendiciones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
ASESOR	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xx
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	22
1.1 Planteamiento y formulación del problema	22
1.1.1 Planteamiento del problema	22
1.1.2 Formulación del problema	23
1.2 Objetivos	23
1.2.1 Objetivo general.....	23
1.2.2 Objetivos específicos	23
1.3 Justificación e Importancia.....	23
1.4 Hipótesis	24
1.4.1 Hipótesis general.....	24
1.4.2 Hipótesis específicas	24
1.5 Identificación de las variables	24
1.5.1 Variable independiente	24
1.5.2 Variable dependiente	24
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	24
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	26
2.1 Antecedentes del problema	26
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	26
2.2 Generalidades de la de la unidad minera San Cristóbal	28
2.2.1 Ubicación	28
2.2.2 Geología general	30

2.3 Bases teóricas	36
2.3.1 Métodos de explotación en la unidad minera San Cristóbal	36
2.3.2 Operación minera en zona de vetas	39
CAPÍTULO III: MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	41
3.1 Método y alcances de la investigación.....	41
3.1.1 Método general o teórico de la investigación.....	41
3.1.2 Alcance de la investigación.....	41
3.2 Diseño de la investigación	42
3.3 Población y muestra	42
3.3.1 Población.....	42
3.3.2 Muestra.....	42
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	42
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para mejorar la fragmentación en la unidad minera San Cristóbal	43
4.1.1 Estudio del macizo rocoso del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K.....	43
4.1.2 Diseño del método de minado <i>bench and fill</i> en el tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II	44
4.2 Aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para estabilidad de las excavaciones en la unidad minera San Cristóbal	47
4.2.1 Cálculo de los parámetros de perforación y voladura del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II	47
4.2.2 Evaluación de la fragmentación tras el disparo del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II	52
4.2.3 Evaluación de la dilución del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II.	55
4.2.4 Evaluación de la estabilidad del tajeo 66, del nivel 1370 de la veta K en la zona II	55

4.3 Aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para reducir el costo operacional en toneladas en la unidad minera San Cristóbal	57
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	25
Tabla 2. Accesibilidad unidad minera San Cristóbal	29
Tabla 3. Caracterización geomecánica del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K.....	43
Tabla 4. Análisis de los parámetros de la fragmentación	52
Tabla 5. Factor de roca	53
Tabla 6. Parámetros de perforación, voladura y extracción de mineral del tajeo 66 del nivel 1370, veta K - zona II.....	57
Tabla 7. Parámetros de cálculo del burden y espaciamiento	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera San Cristóbal	30
Figura 2. Plano Geológico de la unidad minera San Cristóbal	31
Figura 3. Columna estratigráfica generalizada de la unidad minera San Cristóbal	32
Figura 4. Plano geológico estructural de la unidad minera San Cristóbal	35
Figura 5. Actividad de la perforación de preparación del subnivel, unidad minera San Cristóbal	36
Figura 6. Actividad de la perforación de taladros largos tajeos, unidad minera San Cristóbal	37
Figura 7. Actividad de la voladura del slot o cara libre, unidad minera San Cristóbal	38
Figura 8. Voladura de las primeras secciones del lado oeste del tajeo, unidad minera San Cristóbal	38
Figura 9. Limpieza de las primeras secciones del lado oeste del tajeo, unidad minera San Cristóbal	39
Figura 10. Limpieza y relleno detrítico a los tajeos, unidad minera San Cristóbal	39
Figura 11. Diseño del método de minado bench and fill del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II	45
Figura 12. Plano del método de minado bench and fill del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II	46
Figura 13. Diseño de malla de perforación y voladura del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II	48
Figura 14. Diseño de carguío de explosivos para los taladros según su ubicación caja techo del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II	50
Figura 15. Diseño de carguío de explosivos para los taladros según su ubicación caja techo, del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II	51
Figura 16. Análisis de la fragmentación	54

Figura 17. Evaluación del factor de seguridad en bancos de 10 metros de altura.....	56
Figura 18. Análisis de la deformación del tajeo en toda su altura de 60 metros según diseño	56
Figura 19. Evaluación del costo total de perforación, voladura y extracción de mineral del tajeo 66 del nivel 1370, veta K - zona II	59

RESUMEN

En la unidad minera San Cristóbal se tiene deficiencias en la perforación y voladura del tajeo 66, esto se debe a las fallas en la fragmentación mayor sobre dilución en la caja piso como también en la caja techo de la labor, llevando así al incumplimiento de las metas programadas por la Volcan Compañía Minera S. A. A. El problema principal de estas deficiencias es la mala elección de explosivo para el tipo de roca presente en el tajeo 66; por lo que se propone cambiar el tipo de explosivo a fin de mejorar los trabajos de perforación, voladura y extracción del mineral roto.

Se tiene dos tipos de roca en la caja piso y en veta: una mala B con RMR de 30 a 40, esto indica que se cuenta con un terreno de pobre a muy pobre (P/MP) y muy fractura a medianamente fracturado (MF/IF); por otro lado, se tiene en la caja techo un tipo de roca mala A, con RMR de 35 a 45, esto es ventajoso para la aplicación del método de mina *bench and fill*, ya que como apoyo se correrá en caja techo y se llevara el control en la caja piso sin desviaciones de la veta mineral para evitar dilución.

Se desarrollaron dos tipos de carguío: el primer diseño de carguío de explosivos para los taladros ubicados en el techo que tiene un factor de carga lineal de 2.12 kg/m y el segundo diseño de carguío de explosivos para los taladros ubicados en la caja piso que cuenta con una carga desacoplada de explosivos en cada taladro. Se cuenta un factor de carga lineal de 1.86 kg/m. La curva granulometría obtenida del P80 del mineral volado pasa por una malla de 1.66 pulgadas igual a 4.21 centímetros, la dilución del mineral roto es del 10 % y la sobre dilución del mineral roto es del 1 %, respectivamente

La evaluación del factor de seguridad es de 1.02, es factible para una altura de banco de 10 metros y con el control de carguío en la caja piso ayudará a mejorar la estabilidad del tajeo. La deformación que experimenta el tajeo en toda su altura de 60 metros, según diseño, es de 4,7 centímetros, lo que refleja una mayor deformación en la parte central del tajeo.

El costo total de perforación es de 16 708 \$/guardia, el costo total de voladura es de 3 963 \$/guardia y el costo total de extracción es de 4 101 \$/guardia, siendo un costo total de perforación voladura y extracción de 22 93 S\$/t.

Palabras clave: aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos.

ABSTRACT

In the San Cristobal Mining Unit, there are deficiencies in the blasting of pits, the programmed tonnage is not met, there is mostly poor fragmentation, thus leading to non-compliance with the goals programmed by the Volcan Compañía Minera S. A. A. the root cause of the problem is the inadequate use of explosives, with this deficiency we seek to propose alternatives for improvement, but after an analysis of the blasting in the pitting work.

There are two types of rock in the floor box and in the vein there is a bad rock type B with RMR of 30 to 40, this means that we have a terrain from poor to very poor (P/MP) and very fractured at moderately fractured (MF/IF). On the other hand, there is a type of bad rock A in the roof box, with RMR of 35 to 45, this is advantageous for the application of the Bench and Fill mine method, since as support it will be moved into the roof box and carried. control in the floor box without deviations from the mineral vein to avoid dilution.

The development of two types of loading, the first explosive loading design for the drills located on the roof, has a linear load factor of 2.12 kg/m and the second explosive loading design for the drills located in the floor box, has With an uncoupled load of explosives in each hole, there is a linear load factor of 1.86 kg/m. The granulometry curve obtained from the P80 of the blasted ore passes through a 1.66-inch mesh equal to 4.21 centimeters, the dilution of the broken ore is 10% and the over-dilution of the broken ore is 1% respectively.

The evaluation of the safety factor as shown in the figure is 1.02, it is feasible for a bench height of 10 meters with the loading control in the floor box will help to improve the stability of the block respectively. The deformation experienced by the stope throughout its height of 60 meters according to design is 4.7 centimeters, which is reflected with greater deformation in the central part of the stope.

The total drilling cost is US\$16,708/guard, the total blasting cost is US\$3,963/guard, and the total extraction cost is US\$4,101/guard, with a total drilling cost being blasting and extraction of 22.93 US\$/t.

Keywords: Application of drill and blast mesh design in long holes.

INTRODUCCIÓN

En la unidad minera San Cristóbal se tiene deficiencias en la perforación y voladura del tajeo 66, esto se debe a las fallas en la fragmentación mayor sobre dilución en la caja piso como también en la caja techo de la labor, llevando así al incumplimiento de las metas programadas por la Volcan Compañía Minera S. A. A. El problema principal de estas deficiencias es la mala elección de explosivo para el tipo de roca presente en el tajeo 66; por lo que se propone cambiar el tipo de explosivo a fin de mejorar los trabajos de perforación, voladura y extracción del mineral roto.

Se tiene dos tipos de roca en la caja piso y en veta: una mala B con RMR de 30 a 40, esto indica que se cuenta con un terreno de pobre a muy pobre (P/MP) y muy fractura a medianamente fracturado (MF/IF); por otro lado, se tiene en la caja techo un tipo de roca mala A, con RMR de 35 a 45, esto es ventajoso para la aplicación del método de mina *bench and fill*, ya que como apoyo se correrá en caja techo y se llevara el control en la caja piso sin desviaciones de la veta mineral para evitar dilución.

La evaluación del factor de seguridad es de 1.02, es factible para una altura de banco de 10 metros y con el control de carguío en la caja piso ayudará a mejorar la estabilidad del tajeo. La deformación que experimenta el tajeo en toda su altura de 60 metros, según diseño, es de 4,7 centímetros, lo que refleja una mayor deformación en la parte central del tajeo.

La perforación total de taladros es de 58 taladros perforados en todo el tajeo planteado con una longitud de 10 metros, un diámetro de broca de 64 mm, con un burden de 1.20 metros y con un espaciamiento de 1.20 metros. La densidad de roca es de 2.8 t/m³, el volumen de producción es de 1,176.00 toneladas y el equipo de perforación utilizada es el Simba S7D. Para la voladura se utilizó el cebo el Emulnor de 5000 y como carga el explosivo Superflam dos, con una densidad de 0.82 gr/cc, en factor de carga lineal es de 2.64 Kg. anfo/m y como accesorios de voladura las guías ensambladas Carmex de 7" y el Fanel.

El costo total de perforación es de 16 708 \$/guardia, el costo total de voladura es de 3 963 \$/guardia y el costo total de extracción es de 4 101 \$/guardia, siendo un costo total de perforación voladura y extracción de 22 93 S\$/t.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Actualmente, toda empresa minera en el mundo busca mejorar la fragmentación del mineral evitando sobre roturas de las labores en explotación, lo que genera sobre dilución del mineral y en muchas ocasiones también genera inestabilidad de las labores ocasionando condiciones subestándares de trabajo. Hoy en día, las empresas evalúan, en primera instancia, el tipo de roca que se tiene en la unidad minera y después calculan la factibilidad de los parámetros de perforación y voladura para que, con este criterio, puedan establecer parámetros de perforación y voladura ideales para los trabajos respectivos.

A nivel nacional en el Perú, las empresas mineras en la zona centro del país vienen aplicando el método de minado *bench and fill* en vetas angostas por ser una variante nueva de minado con buenos resultados en campo. Es factible y su aplicación viable, ya que es muy beneficioso en el aporte de mineral. Para una buena gestión de este método de minado, una vez que se reconoce el tipo de roca presente en las labores mineras, se calculan los parámetros de perforación y voladura, se procede a analiza la fragmentación, granulometría y deformación de las labores mineras.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo será la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para mejorar la fragmentación en la unidad minera San Cristóbal?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo será la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para estabilidad de las excavaciones en la unidad minera San Cristóbal?
- ¿Cómo será la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para reducir el costo operacional en toneladas en la unidad minera San Cristóbal?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Aplicar el diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para mejorar la fragmentación en la unidad minera San Cristóbal

1.2.2 Objetivos específicos

- Aplicar el diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para estabilidad de las excavaciones en la unidad minera San Cristóbal.
- Aplicar el diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para reducir el costo operacional en toneladas en la unidad minera San Cristóbal

1.3 Justificación e Importancia

En la unidad minera San Cristóbal se tiene deficiencias en la perforación y voladura del tajeo 66, esto se debe a las fallas en la fragmentación mayor sobre dilución en la caja piso como también en la caja techo de la labor, llevando así al incumplimiento de las metas programadas por la Volcan Compañía Minera S. A. A. El problema principal de estas deficiencias es la mala elección de

explosivo para el tipo de roca presente en el tajeo 66; por lo que se propone cambiar el tipo de explosivo a fin de mejorar los trabajos de perforación, voladura y extracción del mineral roto.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos es factible y viable para mejorar la fragmentación en la unidad minera San Cristóbal.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos es factible y viable para estabilidad de las excavaciones en la unidad minera San Cristóbal.

- La aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos es factible y viable para reducir el costo operacional en toneladas en la unidad minera San Cristóbal.

1.5 Identificación de las variables

1.5.1 Variable independiente

Diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos.

1.5.2 Variable dependiente

Mejorar la fragmentación.

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I.: Diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos	Es la mejora de la voladura en las labores de los tajeos y frentes, para el control de la caja techo como de la caja piso en tajeos y en los frentes de trabajo la periferia con una evaluación de control y seguimiento de la carga explosiva para estos tipos de trabajo.	Análisis de la caracterización del macizo rocoso Análisis de la malla de perforación en tajeos	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación geomecánica de Bieniawsky • RMR • Espaciamiento (m) • Numero de taladros • Longitud de avance (m) • Burden (m)
V.D.: Mejorar la fragmentación	Es el monitoreo del control de la energía necesaria para la fragmentación de la roca y el control de las vibraciones del macizo rocoso, que ayudaran a cumplir lo programado por la unidad minera, superior al 95% de lo establecido por la compañía minera.	Evaluación del control de la energía necesaria para la fragmentación de la roca Evaluación del control de las vibraciones del macizo rocoso	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de retardo (s) • Fanel de periodo corto (ms) • Cantidad de explosivo (kg) • Movimientos sísmicos (mm/s) • Niveles de vibración

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

- Tesis titulada: “*Optimización de costos mediante reducción del factor de carga en roca mala - RMR 30 - 40 - Unidad San Cristóbal Compañía Minera Volcan*”. Este trabajo de investigación es para la obtención del título de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. El objetivo optimizar el avance lineal, el factor de carga y los costos de labores mineras de desarrollo y preparación de la unidad minera San Cristóbal en roca de mala calidad mediante la aplicación de nuevos estándares de voladura. Su metodología de la investigación es aplicada cuantitativo. La muestra se realizó en la rampa 365 del Nv. 920 y del ACC 823N del Nv. 920 en la veta Virginia, los resultados finales en la rampa 365(-) Nivel 920 – veta Virginia demostraron que el rendimiento de perforación y voladura mejoró en el avance lineal de 3,57 m a 3,65 m, en lo referente al rendimiento se pasó del 83,6 % al 84,48 % y el factor de carga se mejoró de 35,1 kg/ml a 33,2 kg/ml; en el acceso ACC 823N Nivel 920 – veta Virginia, los resultados fueron que el rendimiento de perforación y voladura mejoró en el avance lineal de 3,02 m a 3,20 m, en lo referente al rendimiento se pasó del 83,6 % al 88,89 % y el factor de carga se mejoró de 30,1 kg/ml a 29,0 kg/ml (1).

- Tesis titulada: “*Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en la mina Andaychagua de la CÍA. Minera Volcan S.A.A*”.

Este trabajo de investigación es para la obtención del título de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. El objetivo es evaluar el proceso de perforación y voladura aplicando la emulsión bombeable gasificada (EBG) Quantex Sub en las labores de profundización para lograr alcanzar los avances lineales programados mensualmente por la mina Andaychagua de la Cía. Minera Volcan S. A. A. La metodología de la investigación es aplicada, en las pruebas con EBG Quantex Sub se ha logrado mejorar las eficiencias de metros por disparo, al margen de los factores limitantes (las características de la roca) el rendimiento óptimo logrado en perforación de 14 pies es 3.64 m/disp. y en perforación de 12 pies el rendimiento optima logrado es 3.21 m/disp. Los resultados en cuanto al factor de avance usando Quantex Sub, es 46.8 kg/mt y el factor de carga fue 1.8 kg/m (2).

- Tesis titulada: *“Incremento de la Producción mediante la aplicación del método Bench & Fill en veta el Ángel del Tajo 227 NE de Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C”*. Este trabajo de investigación es para la obtención del título de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional del Centro del Perú. El objetivo es incrementar la producción mediante la aplicación de un nuevo método de explotación subterránea de la veta El Ángel del Tajo 227 NE de Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C. La metodología de la investigación es aplicada. Este método permitió reducir los costos operativos de la Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C. Como se puede apreciar en la comparación de las tablas 22 y 23 en las que se muestran los costos operativos del método bench & fill (28.49 \$/t) y corte y relleno (41.58 \$/t); obteniendo un margen de utilidad al utilizar el método bench & fill de 20.78 \$/t como se puede apreciar a detalle en la tabla 24 (3).
- Tesis titulada: *“Influencia del método de explotación con Taladros Largos - Bench & Fill en la optimización del proceso productivo de la Veta Gisela - Mina Animón – 2018”*. Este trabajo de investigación es para la obtención del título de Ingeniero de Minas en la Universidad Alas Peruanas. El objetivo es determinar cómo influye el método de explotación con taladros largos - bench & fill en la optimización del proceso productivo de la veta Gisela - Mina Animón

- 2018. La metodología de la investigación es aplicada. La muestra se realizó en la veta Gisela con el método de explotación con taladros largos - bench & fill. Se incrementó, en promedio, la productividad en un 459 % por tramo ejecutado (677.61 t más que el anterior de 147.50 t), los costos generados en la explotación de la veta Gisela se dan en los costos de operación, con el método de explotación con taladros largos - bench & fill es de \$ 41.36 por tonelada, mientras que con el método de explotación con breasting es de \$ 62.4 por tonelada dándose una diferencia de \$ 21.04 por tonelada, siendo el método de explotación por taladros largos – bench & fill es el de menor costo de inversión y menos tiempo de ejecución” (4).

- Tesis titulada: " *Optimización de la malla de perforación y voladura para mejorar los indicadores de desempeño en Subniveles de la Concesión San Cristóbal Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A. - Glencore - 2022*". Este trabajo de investigación es para la obtención del título de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. El objetivo es optimizar el diseño de la perforación y voladura y cuantificar los indicadores de desempeño de los subniveles de la concesión San Cristóbal Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.C. – Glencore – 2022. La metodología de la investigación es aplicada. La muestra se realizó en el SN-66 (E-W, preparación del TJ-66), veta Split 658. Son 10 pruebas de campo (10 disparos en el SN-66), de los resultados se obtuvo los indicadores promedio: factor de perforación: 142pp/m; factor de carga por avance: 28.30 kg/m; carga por tonelaje: 0.61Kg/ton; carga por volumen: 1.98Kg/m³; costo de perforación: 15.79\$/m, 1.10\$/m³ , 0.34\$/t; costo de carga: 70.80\$/m, 4.95\$/m³ y 1.54\$/ton (5).

2.2 Generalidades de la de la unidad minera San Cristóbal

2.2.1 Ubicación

La unidad minera San Cristóbal está políticamente ubicada en el distrito de Yauli, provincia de Yauli y departamento de Junín. Geográficamente se encuentra en el flanco este de los Andes centrales del Perú (6).

Tabla 2. Accesibilidad unidad minera San Cristóbal

Ruta	Distancia (km)	Carretera
Lima – Morococha-Cut Off	155	Asfaltada
Cut Off – Unidad Minera San Cristobal	25	Afirmada

Tomada del área de Geología de la U.M. San Cristóbal (6)

La unidad minera San Cristóbal tiene una altitud de 4550 metros sobre el nivel del mar, con las siguientes coordenadas geográficas (6):

- ✓ 76° 05' de longitud oeste
- ✓ 11° 43' de latitud sur

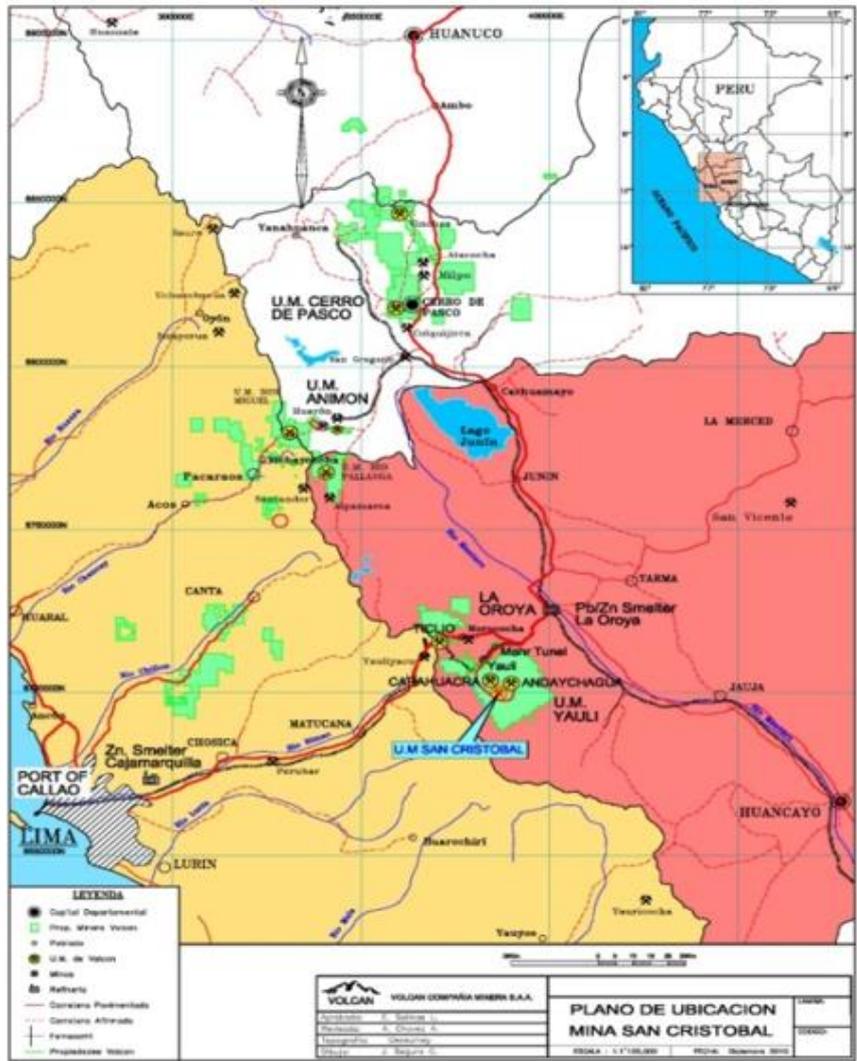


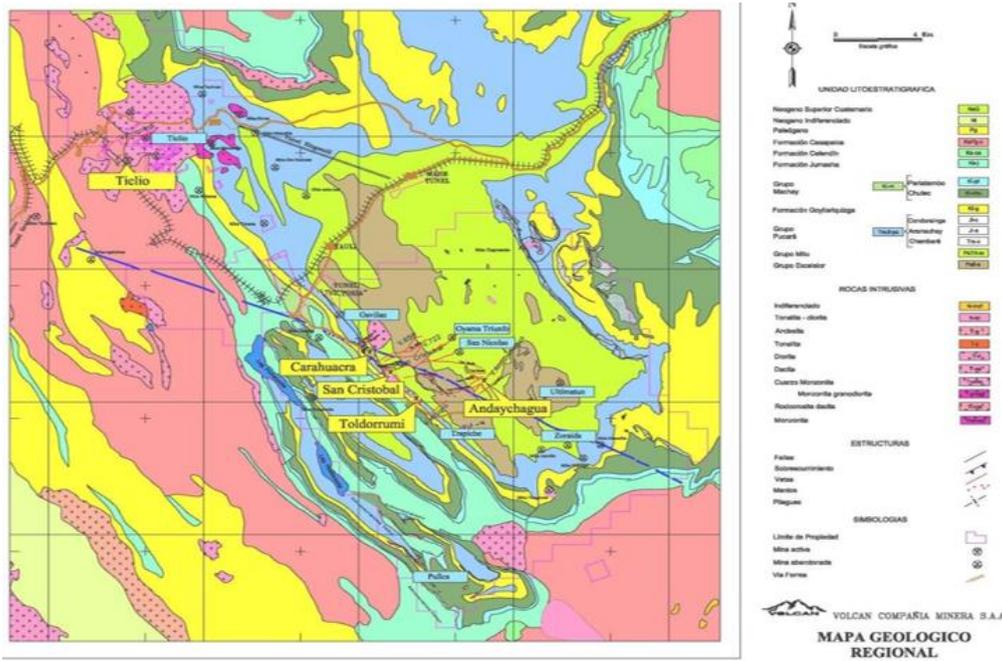
Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera San Cristóbal Tomada del área de Geología de la U.M. San Cristóbal (6)

2.2.2 Geología general

a) Geología regional

El distrito minero de San Cristóbal está localizado en la parte suroeste de una amplia estructura regional, de naturaleza domática que abarca íntegramente los distritos de San Cristóbal y Morococha conocida como el complejo Domal de Yauli (6).

El Paleozoico tiene dos pisos, el Inferior formado por el grupo Excélsior y el Superior por el grupo Mitu; el Excélsior está aflorando a lo largo del anticlinal de Chumpe en la parte oeste del domo y en el anticlinal de Ultimátum hacia el este; el Mitu aflora en la mayor parte del domo (6).



**Figura 2. Plano Geológico de la unidad minera San Cristóbal
Tomada del área de Geología de la U.M. San Cristóbal (6)**

b) Geología local

- Secuencia litológica

La secuencia litológica de la unidad minera San Cristóbal de Volcan Compañía Minera S. A. A. tiene una extensión desde el Paleozoico hasta el Cretácico Superior (6).

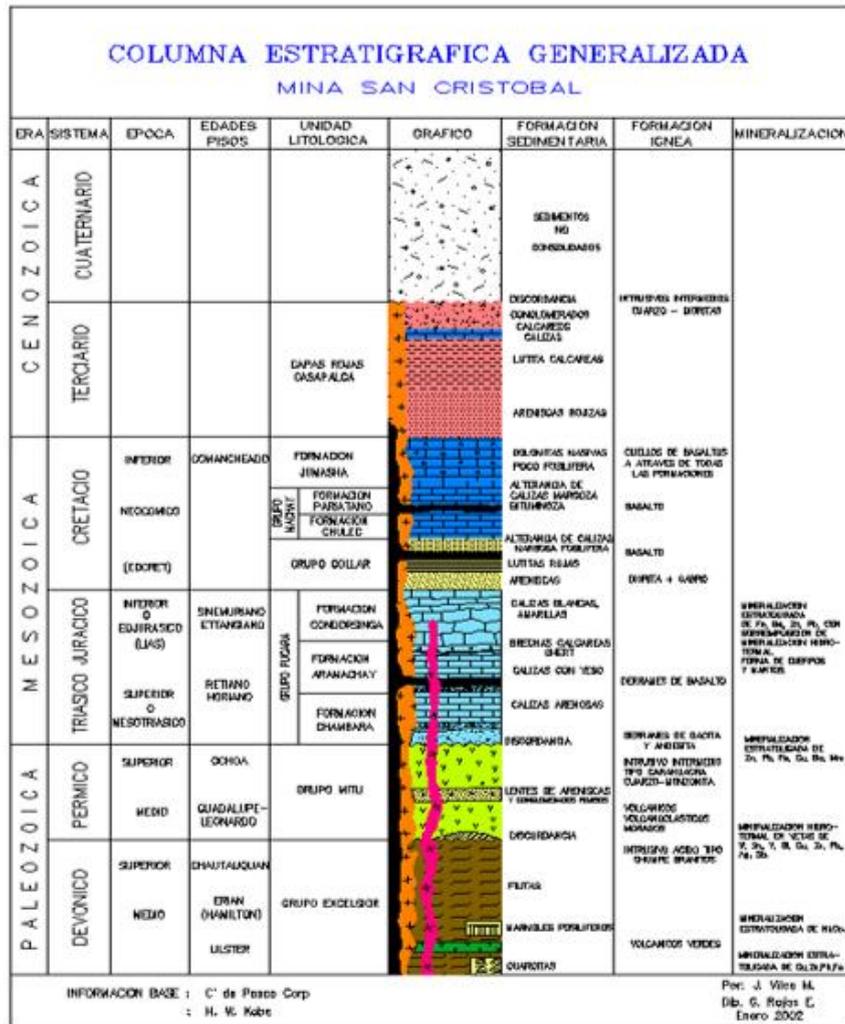


Figura 3. Columna estratigráfica generalizada de la unidad minera San Cristóbal Tomada del área de Geología de la U.M. San Cristóbal (6)

✓ **Silúrico – Devónico - grupo Excélsior**

El grupo Excélsior está conformado por rocas muy antiguas que afloran en el área e integran al núcleo del anticlinal Chumpe, está formado por filitas, con intercalaciones de cuarcitas, vulcanitas verdes y bancos calcáreos marmolizados con fósiles (6).

✓ **Pérmico - grupo Mitu**

Encima de las rocas del grupo Excélsior, existen una sucesión volcánica, formada por rocas andesíticos y dacíticos diseminados, brechas, conglomerados y tufos (6).

✓ **Triásico Superior Liásico - grupo Pucará**

Este grupo es una agrupación de facies calcáreas, se ubica en la discordancia encima del grupo Mitu, este grupo se divide en tres formaciones (6).

- **Formación Chambará (Triásico Superior)**

Está compuesta por calizas, dolomitas, calizas dolomíticas, separadas por capas calcáreo-arcillosas y tufos de pocos centímetros, las rocas calcáreas presentan un color gris claro a negro, con mayor porcentaje de materia orgánica (6).

- **Formación Aramachay (Liásico: Hetangiano-Sinemuriano)**

Está compuesta por pizarras limosas, seguidamente de areniscas de grano fino, calizas y de chert en capas (6).

- **Formación Condorsinga (Liásico Toarciano)**

Se compone de oolíticas o bioclásticas en su mayoría, chert abundante en la mitad inferior de la formación; intercalaciones tufáceas de color gris claro, de grano fino a medio, son comunes (6).

✓ **Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior)**

Sobre el grupo Pucará yace en discordancia paralela el grupo Goyllarisquizga, el cual se depositó en dos fases sucesivas (6). La primera compuesta por depósitos de granulometría fina a muy fina, de facies llanura aluvial con pelitas rojas y escasas intercalaciones de areniscas de facies de desbordamiento, depositadas en un ámbito climático semiárido mostrado en la fuerte oxidación de las pelitas (6). En San Cristóbal, su potencia alcanza 100 metros, el grupo Goyllarisquizga ha sido atribuido al Cretácico Inferior-Valanginiano-Aptiano (6).

✓ **Grupo Machay (Cretácico Medio)**

- **Formación Chúlec**

Esta formación es totalmente carbonatada, litológicamente está conformada por una alternancia de calizas y margas de facies de plataforma externa; es muy fosilífera y constituye la primera formación cretácica de los Andes Centrales correctamente datada, toda la serie en su conjunto está intensamente

bioturbada, en potencia varía desde 250 m justo al SO de Morococha a 350 m en Carahuacra (6).

- **Formación Pariatambo**

Esta formación es fácil de localizar en el paisaje por su coloración negra característica, escasa resistencia a la erosión y litología monótona está constituida por una alternancia margocaliza de pequeños bancos claros y oscuros generalmente muy bituminosos, señalados por un olor fétido muy pronunciado (6).

- **Formación Jumasha**

Concordantemente sobre la formación Pariatambo, se encuentra la formación Jumasha. Litológicamente es la más homogénea de las formaciones cretácicas expuestas en el domo de Yauli (6).

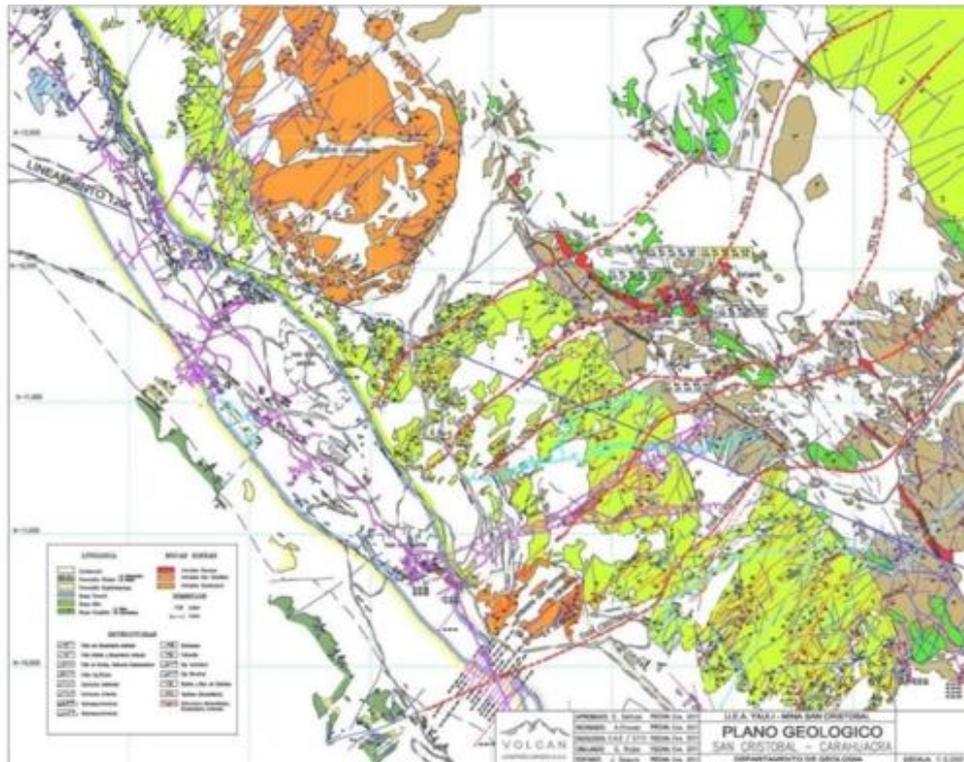
c) Geología estructural

• **Plegamiento**

La mina Carahuacra se encuentra en el flanco occidental de la estructura regional dominante del domo de Yauli que se extiende longitudinalmente en aproximadamente 35 kilómetros, desde San Cristóbal hasta Morococha, y transversalmente 10 kilómetros; el rumbo promedio de esta estructura es N 40° O (6).

• **Fracturamiento**

El fracturamiento en el área de la mina Carahuacra, parece ser el resultado de las fuerzas compresivas e intrusivas que dieron lugar a la formación del domo de Yauli (6).



**Figura 4. Plano geológico estructural de la unidad minera San Cristóbal
Tomada del área de Geología de la U.M. San Cristóbal (6)**

d) Geología económica

Después de la última etapa del plegamiento Quechua y la formación de las fracturas de tensión, vino el período de mineralización; soluciones residuales mineralizantes originadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcífera invadieron el área dando lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos; sin embargo, es necesario aclarar el origen de los mantos y cuerpos, fueron rellenados o reemplazados indistintamente por soluciones hidrotermales, a través de canales alimentadores (*feeders*) (6).

- **Vetas**

Las vetas o filones fueron formados primordialmente por relleno de fracturas, son mineralizadas las que se desarrollaron a lo largo de fracturas de tensión, se encuentran ubicados en todo el distrito minero de la unidad, en su gran mayoría se desarrolló en los volcánicos del grupo Mitu (6).

- **Mantos**

Los mantos se ubican en el flanco oeste del anticlinal, en la localización de las calizas Pucará (6).

- **Cuerpos**

Similar a los mantos se ubican localizados en el flanco oeste del anticlinal, en la localización de las calizas Pucará (6).

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Métodos de explotación en la unidad minera San Cristóbal

a) Bench and fill

Es un método de minado conocido también como banqueo por niveles, se realiza con bancos de 10 metros, medidos del techo del nivel inferior al piso del nivel superior, en la perforación se utiliza equipos simba S7D, y para la voladura se emplea el explosivo emulnor de 3000 y emulnor de 1000 (7).

b) Ciclo de minado

El ciclo de minado *bench and fill* se desarrolla por medio de 6 trabajos los cuales son mencionados a continuación:

1. Perforación en preparación de subnivel

La perforación de frentes de avance se realiza con equipos jumbo Boomer S1D.

En la siguiente figura, se muestra la actividad de la perforación de preparación del subnivel, unidad minera San Cristóbal.

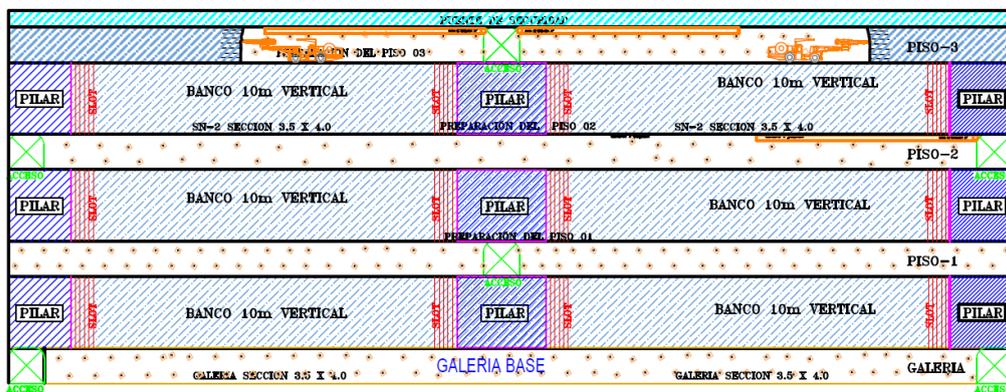


Figura 5. Actividad de la perforación de preparación del subnivel, unidad minera San Cristóbal
Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

2. Perforación de los taladros largos de subnivel a subnivel

La perforación de los taladros largos de los tajeos se realiza con equipos jumbos simbas S7D (7).

En la siguiente figura, se muestra la actividad de la perforación de taladros largos tajeos, unidad minera San Cristóbal.

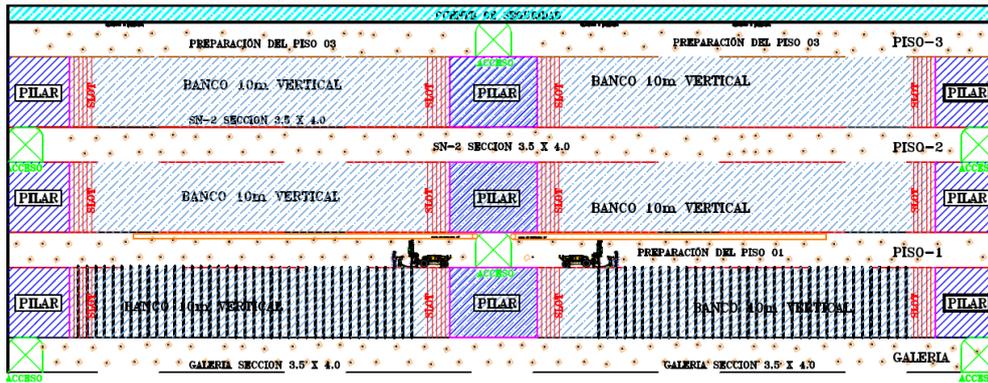


Figura 6. Actividad de la perforación de taladros largos tajeos, unidad minera San Cristóbal
Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

3. Voladura del slot o cara libre del tajeo de producción

Para crear la cara libre del tajeo se realiza el diseño de slot, una vez realizada la perforación de los taladros largos, se procede a realizar el carguío de los explosivos emulnor 3000 y emulnor 1000 (7).

En la siguiente figura, se muestra la actividad de la voladura del slot o cara libre, unidad minera San Cristóbal.

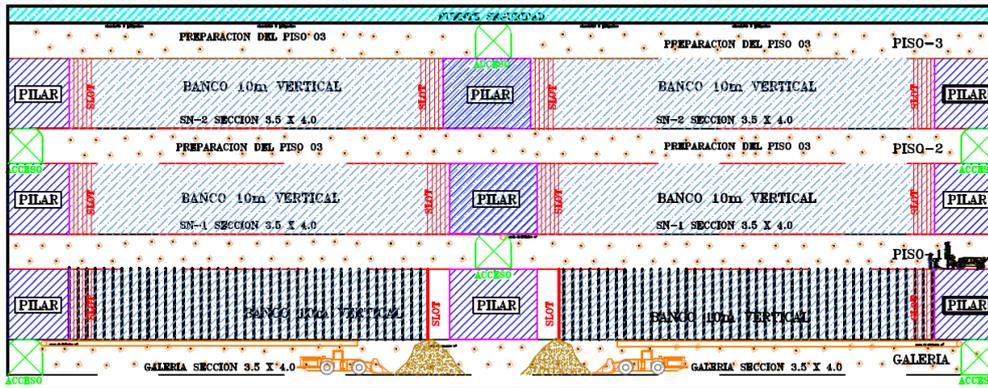


Figura 7. Actividad de la voladura del slot o cara libre, unidad minera San Cristóbal Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

4. Voladura de las primeras secciones del lado oeste del tajeo

Una vez creada la cara libre del tajeo se realiza el disparo de las primeras secciones del lado oeste del tajeo con los explosivos emulnor 3000 y emulnor 1000 (7).

En la siguiente figura, se muestra la voladura de las primeras secciones del lado oeste del tajeo, unidad minera San Cristóbal.

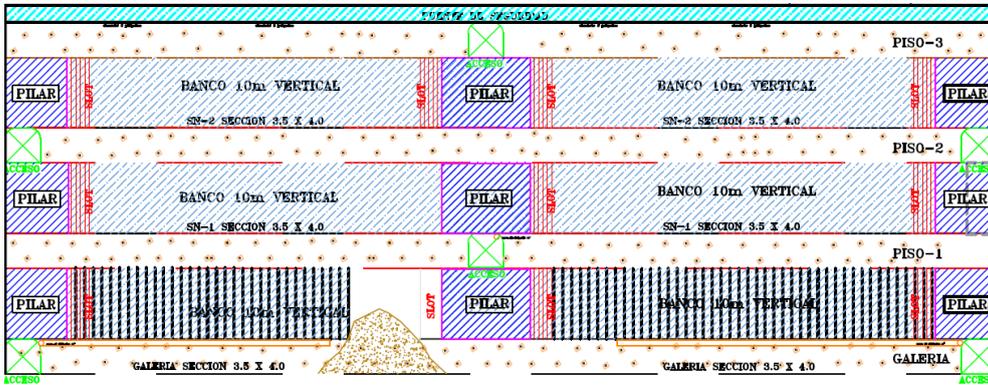


Figura 8. Voladura de las primeras secciones del lado oeste del tajeo, unidad minera San Cristóbal Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7).

5. Limpieza de las primeras secciones del lado oeste del tajeo

Una vez realizado el disparo de las primeras secciones del lado oeste del tajeo con los explosivos emulnor 3000 y emulnor 1000, se cuenta con carga acumulada, se procede a los trabajos de limpieza con equipos 5 yd³ en el carguío y con equipos 15 m³ volvo para el transporte de mineral a superficie (7).

En la siguiente figura, se muestra la limpieza de las primeras secciones del lado oeste del tajeo, unidad minera San Cristóbal.

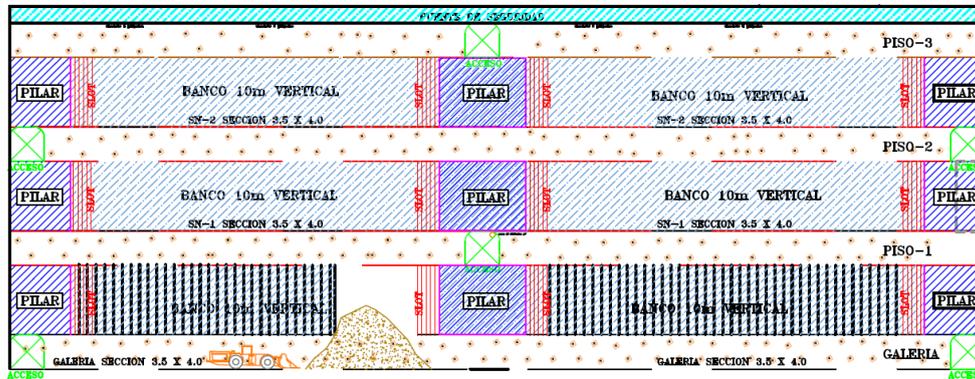


Figura 9. Limpieza de las primeras secciones del lado oeste del tajeo, unidad minera San Cristóbal
Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

6. Limpieza y relleno detrítico a los tajeos

Una vez realizada la limpieza con equipos 5yd³ en el carguío y con equipos 15 m³ Volvo para el transporte de mineral a superficie, se procede a rellenar de material estéril a los tajeos vacíos producto de la extracción de mineral (7).

En la siguiente figura, se muestra la limpieza y relleno detrítico a los tajeos, unidad minera San Cristóbal.

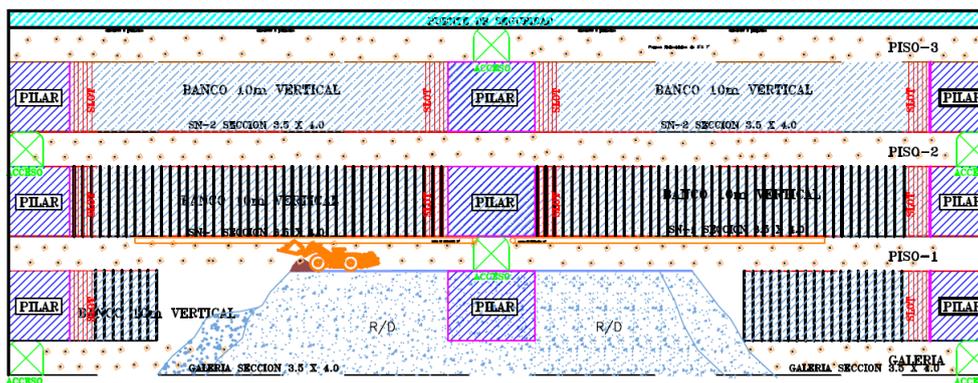


Figura 10. Limpieza y relleno detrítico a los tajeos, unidad minera San Cristóbal
Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

2.3.2 Operación minera en zona de vetas

- Tipo de labores mineras

a) Galerías. Estas obras tienen un componente especial de 8' x 8' y se ejecutan bordeando la veta, dado que el lecho de roca es grande y la veta presenta las

circunstancias esenciales para no tener un gasto importante de ayuda, en cualquier caso, en el caso de que el territorio sea extremadamente agrietado e inestable, los despliegues se ejecutan idealmente en la caja del suelo alineada con la veta a una buena distancia de 15 metros (llamada by pass) y posteriormente se entra en la veta a través de escalas o ventanas opuestas a ella (7). La limpieza de estos frentes se termina con herramientas neumáticas de excavación y pala de 1,5 yd³ (7).

b) Chimeneas. Son operaciones verticales de 8' X 8' que imparten visualizaciones de niveles superiores e inferiores con una cota de hasta 50 metros, actúan como funciones de doble negociación y administración (ventilación, establecimiento de líneas, calles, etc.) (7).

c) Subniveles. Trabajos de preparación que se realizan de manera uniforme y a través de la veta, que se crea a partir de una pila que pasa sobre un andamio a un nivel específico, para iniciar un pozo y comenzar la estrategia de doble deal para cortar y rellenar hacia arriba (7).

d) Tajos. Labor de explotación la que se realiza una vez culminada el subnivel con taladros en realce, la chimenea corta al tajo en dos lados y/o alas (este – oeste) (7).

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método general o teórico de la investigación

a) Método general

En forma general se empleará el método científico, porque se construye a base de datos empíricos in situ en las operaciones de perforación y voladura para la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para mejorar la fragmentación en la unidad minera San Cristóbal.

b) Método específico

El método específico por emplear es el método experimental inductivo – deductivo. Se deduce tras la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para mejorar la fragmentación en la unidad minera San Cristóbal.

El método analítico, porque al aplicar el diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos ayudará significativamente en la mejora de la fragmentación en la unidad minera San Cristóbal.

3.1.2 Alcance de la investigación

a) Tipo de investigación

La investigación es de diseño no experimental, porque el objetivo de la investigación es determinar la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para mejorar la fragmentación en U.M. San Cristóbal.

b) Nivel de investigación

Descriptivo porque trata de explicar de qué manera la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos mejora la fragmentación en la unidad minera San Cristóbal.

3.2 Diseño de la investigación

Es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Todas los tajeos de explotación de la unidad minera San Cristóbal.

3.3.2 Muestra

El tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K, zona II de la unidad minera San Cristóbal.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos.

En la presente investigación se realizará la recolección de datos en campo in situ mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales en la operación de perforación y voladura.

Para la recolección de datos de perforación y voladura, informes diarios, informes mensuales y anuales, se usó tesis, libros, catálogos del equipo de perforación y laptop para el procesamiento de los datos.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo:

- ✓ Libros
- ✓ Tesis
- ✓ Cuaderno de notas
- ✓ Planos
- ✓ Reporte de operaciones de perforación y voladura, de la Unidad Minera San Cristóbal.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para mejorar la fragmentación en la unidad minera San Cristóbal

4.1.1 Estudio del macizo rocoso del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K

Tras la caracterización del macizo rocoso en la caja techo, caja piso y la estructura de mineralización se tuvo el siguiente resultado como se muestra a continuación:

Tabla 3. Caracterización geomecánica del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K

Zona tajeo	Litología	Tipo de roca	Grado de RMR	Calidad de roca según RMR
Caja piso	Filita	IVA	35 -40	MALA B
Caja techo	Filita	IVA	35 -45	MALA A
Veta	Esfalerita	IVA	30 -40	MALA B

Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

Interpretación:

Se tiene dos tipos de roca en la caja piso y en veta: una mala B con RMR de 30 a 40, esto indica que se cuenta con un terreno de pobre a muy pobre (P/MP) y muy fractura a medianamente fracturado (MF/IF); por otro lado, se tiene en la caja techo un tipo de roca mala A, con RMR de 35 a 45, esto es ventajoso para la aplicación del método de mina *bench and fill*, ya que como apoyo se correrá

en caja techo y se llevara el control en la caja piso sin desviaciones de la veta mineral para evitar dilución.

4.1.2 Diseño del método de minado *bench and fill* en el tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II

Una vez realizada la caracterización geomecánica del tipo de roca, se procedió a diseñar el método de minado *bench and fill* para el tajeo 66 del nivel 1370, de la veta K, en la zona II.

En la siguiente figura se muestra el diseño del método de minado Bench and Fill.

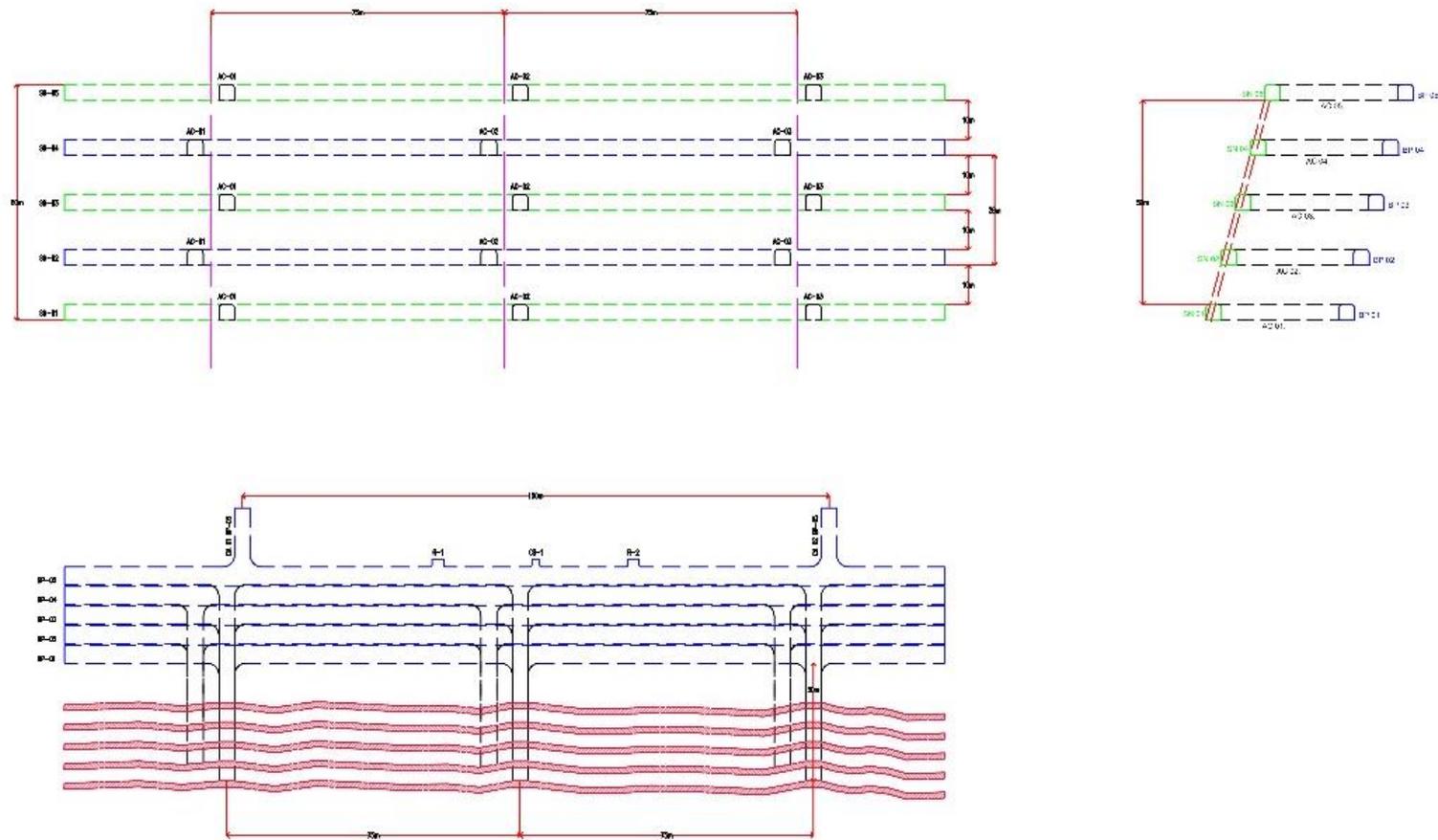


Figura 11. Diseño del método de minado bench and fill del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

4.2 Aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para estabilidad de las excavaciones en la unidad minera San Cristóbal

4.2.1 Cálculo de los parámetros de perforación y voladura del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II

- **Parámetros de perforación del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II**

Para el cálculo de los parámetros de perforación y voladura se realizaron con el modelo matemático de Langefors, el que se muestra en el anexo 2.

Los resultados obtenidos fueron los siguiente:

- ✓ El burden calculado es de 1.20 metros
- ✓ El espaciamiento calculado es de 1.20 metros

En la siguiente figura se muestra el diseño de malla de perforación y voladura del tajeo 66, del nivel 1370, de la veta K, en la zona II.

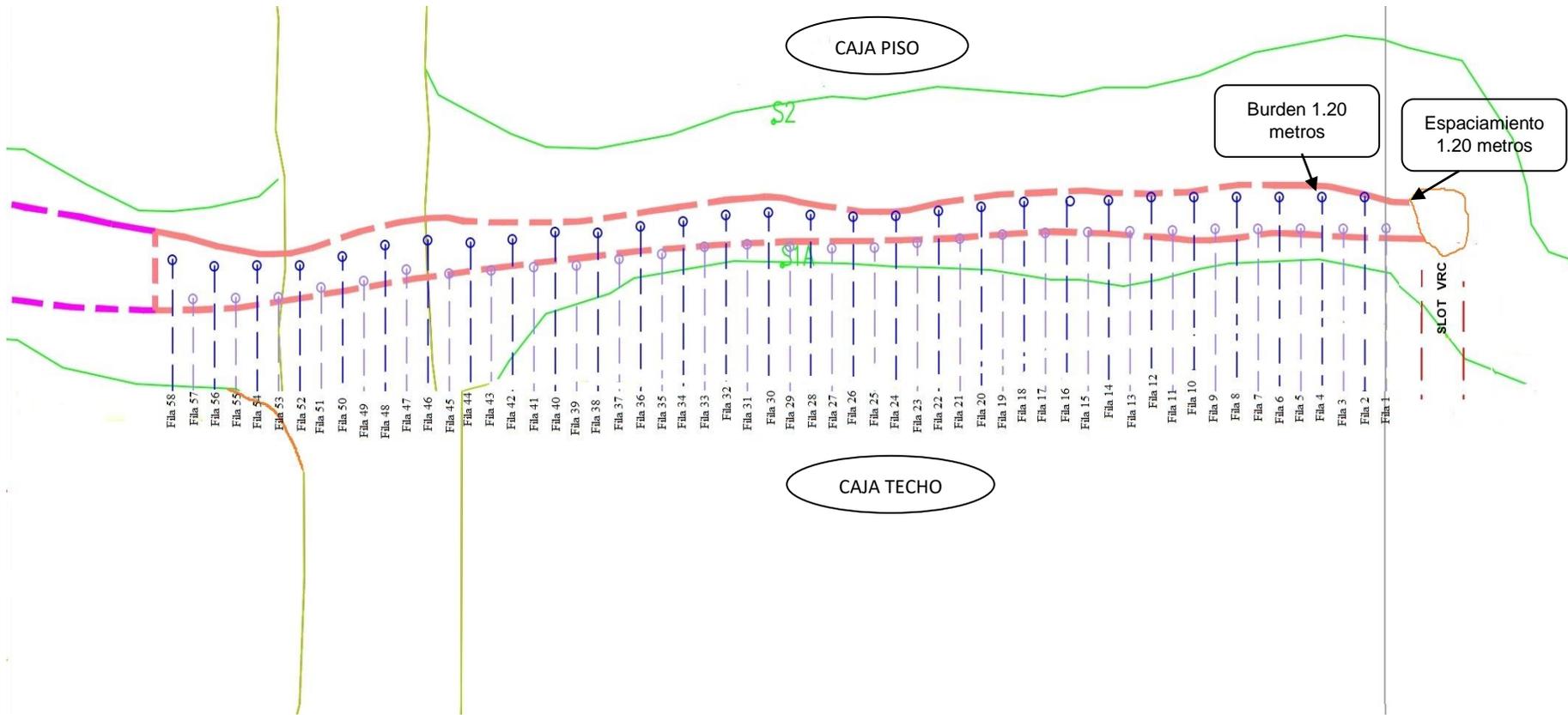


Figura 13. Diseño de malla de perforación y voladura del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

- **Parámetros de voladura del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II**

Según el estudio geomecánico de macizo rocoso, se cuenta con dos tipos de roca en la caja piso y en veta se tiene un tipo de roca mala B con RMR de 30 a 40, y en la caja techo un tipo de roca mala A, con RMR de 35 a 45.

Según esta caracterización del tipo de roca del macizo en el tajeo 66, se procedió a diseñar dos tipos de carguío: en el primer diseño de carguío para los taladros ubicados en el techo y el segundo diseño de carguío de explosivos para los taladros ubicados en la caja piso según el tipo de roca a fin de mejorar la fragmentación y la dilución del tajeo.

En la siguiente figura, se muestra el diseño de carguío de explosivos para los taladros según su ubicación, caja piso y caja techo.



Figura 14. Diseño de carguío de explosivos para los taladros según su ubicación caja techo del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

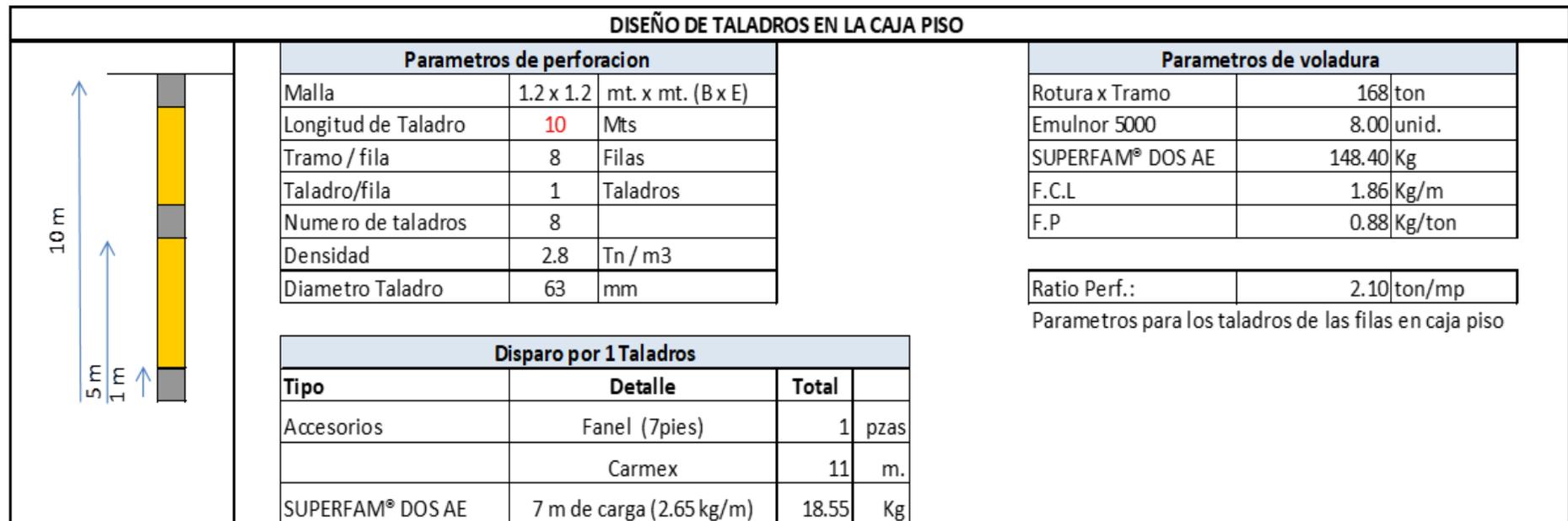


Figura 15. Diseño de carguío de explosivos para los taladros según su ubicación caja techo, del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

Interpretación:

Se realizó dos diseños de carguío de explosivos según el tipo de roca en el tajeo 66, como son:

- En el primer diseño de carguío de explosivos para los taladros ubicados en el techo se tiene un factor de carga lineal de 2.12 kg/m, con un factor de potencia de 1.01 kg/t y la ratio de perforación es de 2.10 t/mp.
- El segundo diseño de carguío de explosivos para los taladros ubicados en la caja piso cuenta con una carga desacoplada de explosivos en cada taladro, se tiene un factor de carga lineal de 1.86 kg/m con un factor de potencia de 0.88 kg/t y la ratio de perforación es de 2.10 t/mp.

Con el control evitaremos que el tajeo se desestabilice, mejorando la estabilidad del tajeo, evitando sobre roturas en las cajas del tajeo.

4.2.2 Evaluación de la fragmentación tras el disparo del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II

Tras el diseño de malla de perforación y voladura por medio de controles en la perforación y el control del carguío de los explosivos en la caja techo y caja piso. En la siguiente tabla, se muestra el análisis de los parámetros de la fragmentación.

Tabla 4. Análisis de los parámetros de la fragmentación

Parametros de entrada		
Tipo de Explosivo		SUPERFAM DOS
Densidad explosivo (gr/cc)	δ_{exp}	0.82
Potencia en peso	RWS	110.00
Diam. taladro (pulg)	\varnothing	2 1/2
Altura banco (m)	H	10.00
Burden (m)	B	1.20
Espaciamiento (m)	E	1.20
Sobre perforación (m)	s	0.00
Taco (m)	T	1.00
Desviación de la perforacion (m)	Dv	8.00
Factor de roca	Fr	4
Densidad roca (gr/cc)	δ_{roca}	2.80
Altura carga de fondo (m)	L _f	0

Tomada del Área de Planeamiento de la U.M. San Cristóbal (7)

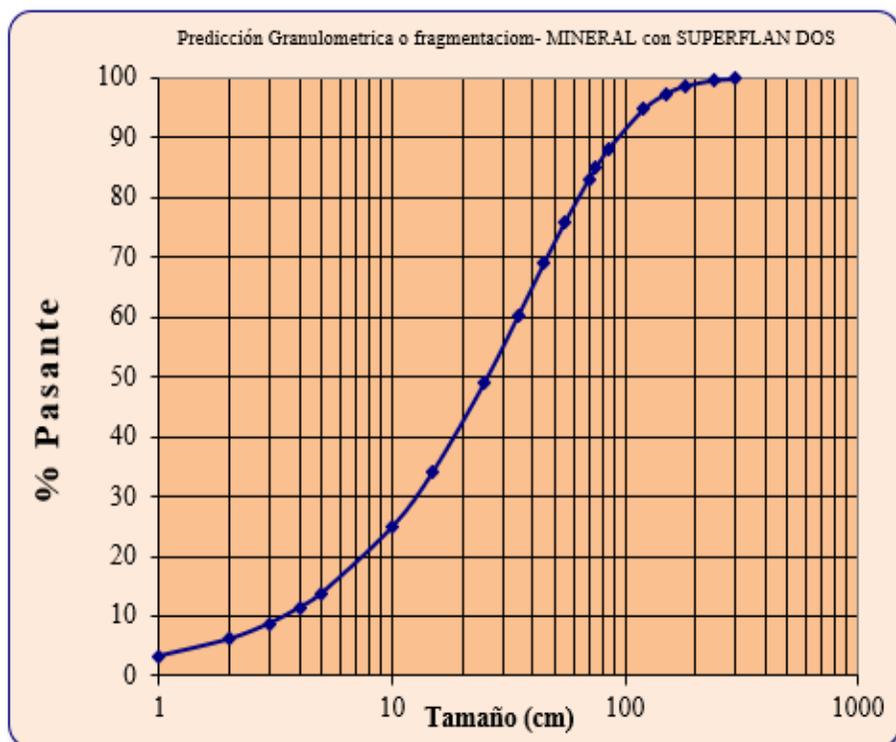
En la siguiente tabla se muestra el factor de roca

Tabla 5. Factor de roca

<i>Factor de Roca</i>	
4	blanda, muy fisurada
7	resistencia media
10	dura, altamente fisurada
13	dura, muy poco fisurada

Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

En la siguiente figura, se muestra el análisis de la fragmentación.



% Retenido	% Pasante	Tamaño cm
0.00	100.00	1.00
0.00	100.00	2.00
0.00	100.00	3.00
9.52	90.48	4.00
62.98	37.02	5.00
99.70	0.30	10.00
99.98	0.02	15.00
100.00	0.00	25.00
100.00	0.00	35.00
100.00	0.00	45.00
100.00	0.00	55.00
100.00	0.00	70.00
100.00	0.00	75.00
100.00	0.00	85.00
100.00	0.00	120.00
100.00	0.00	150.00
100.00	0.00	180.00
100.00	0.00	240.00
100.00	0.00	300.00

% Retenido	Tamaño cm	pulg	% Pasante
1	3.65	1	99
5	3.87	2	95
10	4.01	2	90
15	4.12	2	85
20	4.21	2	80
25	4.30	2	75
30	4.38	2	70
35	4.47	2	65
40	4.55	2	60
45	4.64	2	55
50	4.73	2	50
55	4.83	2	45
60	4.93	2	40
65	5.05	2	35
70	5.18	2	30
75	5.34	2	25
80	5.53	2	20
85	5.77	2	15
90	6.12	2	10

Figura 16. Análisis de la fragmentación
Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

Interpretación:

De la figura, se puede apreciar en la curva granulometría, que el 20% del material volado pasa por una malla de 2.18 pulgadas, el 50% del material volado pasa por una malla de 1.94 pulgadas, y el P80 del material volado pasa por una malla de 1.66 pulgadas, es decir el 80% del mineral volado pasa por una malla de 1.66 pulgadas igual a 4.21 centímetros

4.2.3 Evaluación de la dilución del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II

Tras los disparos de los tajeos, se procedió a verificar la dilución de mineral, el cual se muestra en el anexo 3.

Realizada la evaluación de la dilución, nos dio los siguientes resultados:

- ✓ La dilución del mineral roto es del 10%.
- ✓ La sobre dilución del mineral roto es del 1% respectivamente.

4.2.4 Evaluación de la estabilidad del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II

Tras los disparos, se realizó la evaluación de la estabilidad del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II.

En la siguiente figura, se muestra la evaluación del factor de seguridad del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II.

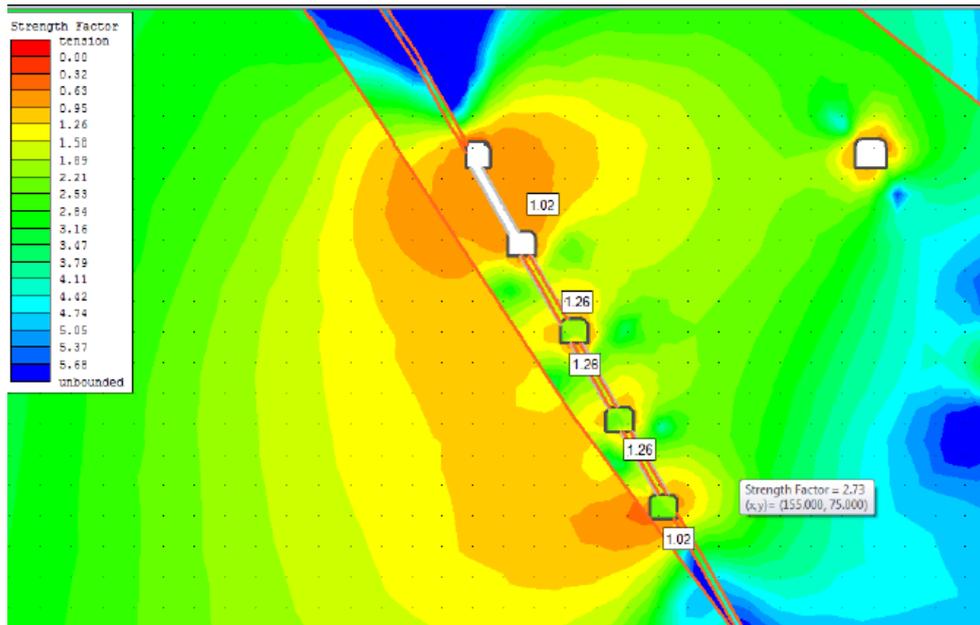


Figura 17. Evaluación del factor de seguridad en bancos de 10 metros de altura Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

Interpretación:

La evaluación del factor de seguridad, como se muestra en la figura, es de 1.02, es factible para una altura de banco de 10 metros. El control de carguío en la caja piso ayudará a mejorar la estabilidad del tajeo respectivamente

En la siguiente figura, se muestra la deformación del tajeo en toda su altura de 60 metros, según diseño.

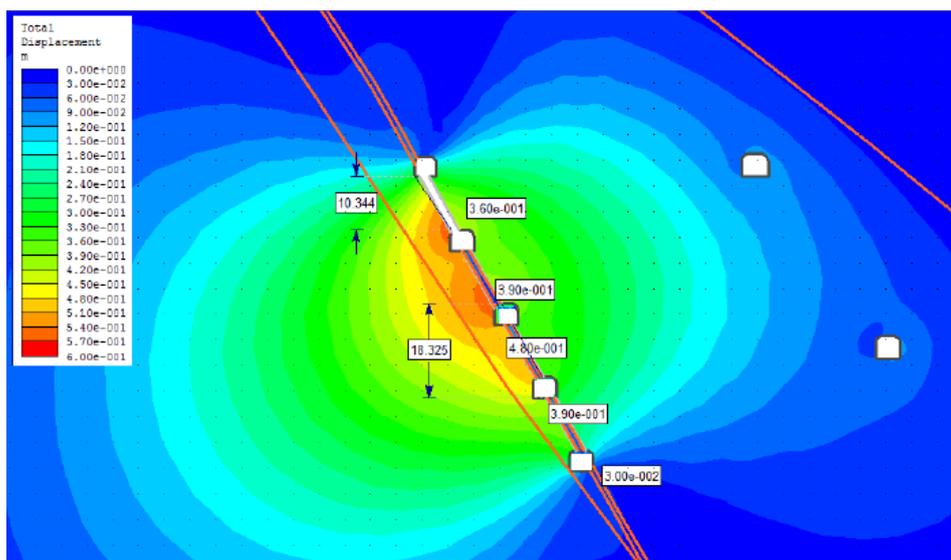


Figura 18. Análisis de la deformación del tajeo en toda su altura de 60 metros según diseño Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

Interpretación:

De la figura, se puede apreciar que la deformación que experimenta el tajeo en toda su altura de 60 metros es de 4,7 centímetros, lo que se refleja con mayor deformación en la parte central del tajeo.

4.3 Aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos para reducir el costo operacional en toneladas en la unidad minera San Cristóbal

En el anexo 4, se muestra la evaluación del costo total de perforación, voladura y extracción de mineral del tajeo 66 del nivel 1370, veta K - zona II.

En la siguiente tabla, se muestra los parámetros de perforación, voladura y extracción de mineral.

Tabla 6. Parámetros de perforación, voladura y extracción de mineral del tajeo 66 del nivel 1370 veta K - zona II

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS					
TAJEOS SIN PRECORTE - U.M. San Cristóbal (Inclinación > 68°)					
Perforación de Producción	58	taladros/tajeo	Cargui de taladros		
Taladros perforados - Precorte	0	tal/tajeo	Longitud	1 m	
Taladros perforados - Producción	58	tal/tajeo	Densidad	0.82 Gr/cm ³	
m por taladro	10	m/tal	Diametro	64 mm	
Taladros Alivio	0	tal/gdia			
Volumen de Producción	1,176.00	ton	Kg. anfo / m	2.64	
Longitud	35.00	m			
Ancho	1.20	m	Burden	1.20	
Alto	10.00	m	Espaciamiento	1.20	
Longitud Taladro	10.00	m			
Densidad	2.80	ton/m ³			
Factor de carga	2.00	kg/m			
	1.00	Ton/m			
Equipos de Perforación			Equipos de Limpieza		
Rendimiento de Simba	5.70	tal/gdia	Rendimiento Scooptram 6 Yd3	56	ton/hr
Horas Trabajadas SIMBA	4.2	hr/gdia	Horas Trabajadas SCOOP	7	hr/gdia
Consumo de Petróleo	1.50	Gal/hr	Consumo de Petróleo	6.5	Gal/hr
Días trabajados	30	días	Horas por día	12	Horas

Tomada del Área de Planeamiento de la U.M. San Cristóbal (7)

Interpretación:

Los parámetros de perforación, voladura y extracción están planteados para poder extraer todo el tajeo para todo el tramo planteado. Tiene una longitud de 35 metros, con una altura de banco de 10 metros y un ancho de minado de 1.2 metros.

La perforación total de taladros es de 58 taladros perforados en todo el tajeo planteado, con una longitud de 10 metros, un diámetro de broca de 64 mm, con un burden de 1.20 metros y con un espaciamiento de 1.20 metros. La densidad de roca es de 2.8 t/m^3 , el volumen de producción es de 1,176.00 toneladas y el equipo de perforación utilizada es el Simba S7D.

Para la voladura se utilizó en el cebo el Emulnor de 5000 y como carga el explosivo Superflam dos, con una densidad de 0.82 gr/cc , el factor de carga lineal es de 2.64 Kg anfo/m , y como accesorios de voladura las guías ensambladas Carmex de 7" y el Fanel.

En la siguiente figura, se muestra la evaluación del costo total de perforación, voladura y extracción de mineral. del tajeo 66 del nivel 1370, veta K - zona II.

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS

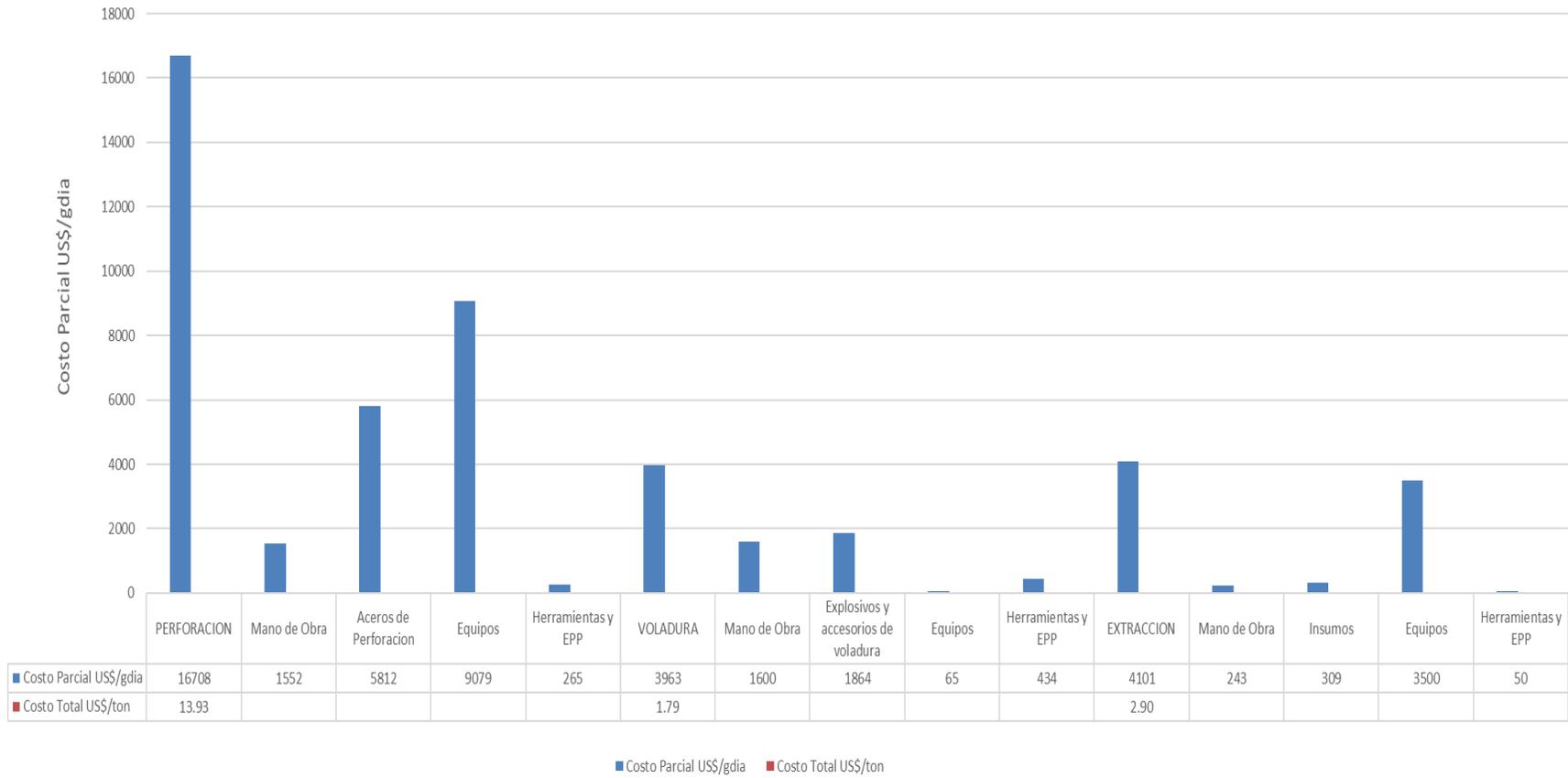


Figura 19. Evaluación del costo total de perforación, voladura y extracción de mineral del tajeo 66 del nivel 1370, veta K - zona II Tomada del Área de Planeamiento de la U.M San Cristóbal (7)

Interpretación

De la tabla se puede observar lo siguiente:

- ✓ El costo total de perforación es de 16 708 \$/guardia y el costo total por tonelada es de 13.93 \$/t.

- ✓ El costo total de voladura es de 3 963 \$/guardia y el costo total por tonelada es de 1.79 \$/t.

El costo total de extracción es de 4 101 \$/guardia y el costo total por tonelada es de 2.90 \$/t, siendo un costo total de perforación voladura y extracción de 22.93 \$/t.

CONCLUSIONES

1. Se tiene dos tipos de roca en la caja piso y en veta se tiene un tipo de roca mala B, con RMR de 30 a 40, esto indica que se tiene un terreno de pobre a muy pobre (P/MP) y muy fracturado a medianamente fracturado (MF/IF).
2. Por otro lado, se tiene en la caja techo un tipo de roca mala A, con RMR de 35 a 45, esto es ventajoso para la aplicación del método de mina *bench and fill*, ya que se correrá en caja techo y se llevará el control en la caja piso sin desviaciones de la veta mineral para evitar dilución.
3. Se desarrollaron dos tipos de carguío: el primer diseño de carguío de explosivos para los taladros ubicados en el techo que tiene un factor de carga lineal de 2.12 kg/m y el segundo diseño de carguío de explosivos para los taladros ubicados en la caja piso que cuenta con una carga desacoplada de explosivos en cada taladro. Se cuenta un factor de carga lineal de 1.86 kg/m.
4. La curva granulometría obtenida del P80 del mineral volado pasa por una malla de 1.66 pulgadas igual a 4.21 centímetros, la dilución del mineral roto es del 10 % y la sobre dilución del mineral roto es del 1 %, respectivamente
5. La evaluación del factor de seguridad es de 1.02, es factible para una altura de banco de 10 metros y con el control de carguío en la caja piso ayudará a mejorar la estabilidad del tajeo.
6. La deformación que experimenta el tajeo en toda su altura de 60 metros, según diseño, es de 4,7 centímetros, lo que refleja una mayor deformación en la parte central del tajeo.
7. La perforación total de taladros es de 58 taladros perforados en todo el tajeo planteado con una longitud de 10 metros, un diámetro de broca de 64 mm, con un burden de 1.20 metros y con un espaciamiento de 1.20 metros.

8. La densidad de roca es de 2.8 t/m^3 , el volumen de producción es de 1,176.00 toneladas y el equipo de perforación utilizada es el Simba S7D. Para la voladura se utilizó como cebo el Emulnor de 5000 y como carga el explosivo Superflam Dos, con una densidad de 0.82 gr/cc , el factor de carga lineal es de 2.64 Kg anfo/m , y como accesorios de voladura las guías ensambladas Carmex de 7" y el Fanel.

9. El costo total de perforación es de $16.708 \text{ \$/guardia}$, el costo total de voladura es de $3.963 \text{ \$/guardia}$ y el costo total de extracción es de $4.101 \text{ \$/guardia}$, siendo un costo total de perforación voladura y extracción de $22.93 \text{ \$/t}$.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar una evaluación del macizo rocoso para determinar su caracterización y que tipo de roca se encuentra en el tajeo, con esta información poder diseñar cualquier tipo de método de explotación con el objetivo de garantizar la viabilidad del diseño y seguridad.
2. Es recomendable caracterizar geomecánicamente las cajas del tajeo a fin de determinar el carguío de los taladros y controlar las cajas del tajeo para determinar la granulometría, es recomendable evaluarlo con la metodología del P80. En el análisis, para determinar la estabilidad, se recomienda analizar el factor de seguridad y determinar la deformación que experimenta el tajeo en toda su altura.
3. Se recomienda evaluar los parámetros de perforación y voladura a fin de optimizar los costos de perforación y voladura, evaluando tres factores principales que como son: perforación, voladura y extracción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ALARCON ZENTENO, Nicolas Dionicio.** *Optimización de costos mediante reducción del factor de carga en roca mala - RMR 30 - 40 - Unidad San Cristobal Compañía Minera Volcan.* Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019.
2. **BERROSPI EUSEBIO, Víctor Raúl.** *Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en la mina Andaychagua de la CÍA. minera Volcan S.A.A. Cerro de Pasco :* Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019.
3. **CURILLA RICSE, Yonattan Fredy y MUÑICO AGUIRRE , Jeanpool Cesar.** *Incremento de la Producción mediante la aplicación del método Bench & Fill en veta el Ángel del Tajo 227 NE de Compañía Minera Brexia Goldplata Perú S.A.C. Huancayo :* Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019.
4. **NASTARES HUAMAN, Rubén.** *Influencia del método de explotación con Taladros Largos - Bench & Fill en la optimización del proceso productivo de la Veta Gisela - Mina Animón – 2018.* Pasco : Universidad Alas Peruanas, 2019.
5. **LEON CHAVEZ, , Orlando Yober.** *Optimización de la malla de perforación y voladura para mejorar los indicadores de desempeño en Subniveles de la Concesión San Cristóbal Carahuacra de Volcan Compañía Minera S.A.A. - Glencore - 2022."*,. Huaraz : Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, 2022.
6. **Area de Geología de la Compañía Minera Volcan S.A.A. .** *Informe de estudio de las reservas y recursos minerales.* Yauli - Oroya : Unidad Minera San Cristobal, 2022.
7. **Area de Planeamiento de la Compañía Minera Volcan S.A.A.** *Informe de estudio de los metodos explotacion.* Yauli - Oroya : Unidad Minera San Cristobal, 2022.
8. **Area de planeamiento.** *Plan de minado anual 2022.* Lima : Unidad Minera Vicus S.A.C., 2021.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos, para mejorar la fragmentación, unidad minera San Cristobal

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cómo será la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos, para mejorar la fragmentación en la Unidad Minera San Cristóbal?	Aplicar el diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos, para mejorar la fragmentación en la Unidad Minera San Cristóbal	La aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos es factible y viable para mejorar la fragmentación en la Unidad Minera San Cristóbal

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿Cómo será la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos, para estabilidad de las excavaciones en la Unidad Minera San Cristóbal?	Aplicar el diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos, para estabilidad de las excavaciones en la Unidad Minera San Cristóbal.	La aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos es factible y viable, para estabilidad de las excavaciones en la Unidad Minera San Cristóbal

¿Cómo será la aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos, para reducir el costo operacional en toneladas en la Unidad Minera San Cristóbal?	Aplicar el diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos, para reducir el costo operacional en toneladas en la Unidad Minera San Cristóbal	La aplicación del diseño de malla de perforación y voladura en taladros largos es factible y viable, para reducir el costo operacional en toneladas en la Unidad Minera San Cristóbal
--	---	---

Anexo 2

Cálculo del burden y espaciamiento con el modelo matemático de Langefors

Tabla 7. *Parámetros de cálculo del burden y espaciamiento*

D	Diámetro del taladro (mm)	63
C	Constante de la roca	0.985
se toma lo siguiente:		
c=0.3 + 0.75 Rocas medias (1.05)		
c=0.4 + 0.75 Rocas duras (1.15)		
	RMR	35
	Descripción del RMR	MALA
f	Factor de fijación	1.3
	Taladros verticales f : 1.00	
	Taladros inclinados - 3:1 f : 0.90	
	Taladros inclinados - 2:1 f : 0.85	
E/B	Relación entre Espaciamiento y Burden	1
dc	Densidad de carga (g/cm ³)	0.82
PRP	Potencia relativa en peso del explosivo	1.10
L	Longitud de taladro (m.)	10

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la unidad minera San Cristóbal (6)

a. Cálculo del burden máximo (B máx)

$$B_{max.} = \frac{D}{33} X \sqrt{\frac{dc \times PRP}{C \times f \times (E/B)}}$$

Reemplazando para el cálculo del burden máximo (B máx)

$$B_{max.} = \frac{D}{33} X \sqrt{\frac{0.82 \times 1.1}{0.985 \times 1 \times (1)}}$$

$$\mathbf{B_{max.} = 1.60 \text{ metros}}$$

b. Cálculo del burden práctico (BP 1)

$$BP1 = B_{max} - \frac{2 \times D}{1000} - 0.02 \times L$$

Reemplazando para el cálculo del burden máximo (B máx.)

$$BP1 = 1.60 - \frac{2 \times 63}{1000} - 0.02 \times 10$$

$$\mathbf{BP1 = 1.28 \text{ metros}}$$

c. Cálculo del espaciamento (E)

$$BP1 = \frac{BP1}{\frac{E}{B}}$$

Reemplazando para el cálculo del burden máximo (B máx.)

$$BP1 = \frac{1.28}{1}$$

$$\mathbf{BP1 = 1.28 metros}$$

Replanteo del burden y espaciamento en campo in situ se tiene los siguiente:

d. Cálculo del burden replanteado (Br)

$$Br = Bp - Bp \times 6\%$$

Donde

✓ Burden practico (BP)

✓ Burden replanteado (Br)

✓ 13 % reajuste en función a las longitudes de perforación (10, 12, 15 y 16 m)

Reemplazando

$$Br = 1.28 - 1.28 \times 6\%$$

$$\mathbf{Br = 1.20 metros}$$

e. Cálculo del espaciamiento replanteado (Er)

$$Er = E - E \times 6 \%$$

Donde

✓ Espaciamiento (E)

✓ Espaciamiento replanteado (Er)

✓ 13 % reajuste en función a las longitudes de perforación (10, 12, 15 y 16 m)

$$Er = 1.28 - 1.28 \times 6\%$$

$$**Er = 1.20 metros**$$

Anexo 3

Cálculo de la dilución del tajeo 66 del nivel 1370 de la veta K en la zona II

CALCULO DE VOLUMEN Y DILUCION EN TALADROS LARGOS

Zona	Nivel	Tajo	TM Med. Topo	TM Product.	TM Program.	Dif. Product. vs Topo.	Dil. x Rotura	Buz. Veta	Long. Prog.	Long. Med. Lev. Top.	Long. Ejec.	Long. NO Levantada	Alto Prog.	Ancho Prog.	Alto Ejec.	Ancho Ejec.	Pot. Veta	Dil. Plan.	S. Dil.	Veta
	1370	TJ_66	1,952	1,088	466	864	12%	75	10.00	28.70	28.70	0.00	10.00	1.2	10.00	1.30	1.00	11%	1%	Veta K
	1370	TJ_66	859	1,239	586	-381	12%	75	10.00	13.50	15.00	1.50	10.00	1.1	10.50	1.20	1.00	10%	2%	Veta K
III	1370	TJ_66	988	3,438	4,698	-2,450	11%	75	10.00	5.50	12.50	7.00	10.00	1.2	10.00	1.30	1.10	10%	1%	Veta K
	1370	TJ_66	2,806	3,958	2,928	-1,152	12%	75	10.00	14.10	14.50	0.40	10.00	1.1	10.00	1.20	1.00	10%	2%	Veta K
	1370	TJ_66	2,110	2,289	2,896	-179	11%	75	10.00	11.50	15.00	3.50	10.00	1.1	10.50	1.20	1.00	11%	0%	Veta K
Total MES			8,715	12,012	11,575	-3,297	12%	75	50.00	73.30	85.70	12.40	10.00	1.13	10.17	1.23	1.01	10%	1%	

Anexo 4

Evaluación de costos tajeo 66 del nivel 1370, veta K - zona II

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS							
TAJEOS SIN PRE CORTE - U.M San Cristobal (Inclinación > 68°)							
Perforacion de Produccion		58	taladros/tajeo	Cargui de taladros			
Taladros perforados - Precorte	0	tal/tajeo		Longitud	1 m		
Taladros perforados - Produccion	58	tal/tajeo		Densidad	0.82 Gr/cm3		
m por taladro	10	m/tal		Diametro	64 mm		
Taladros Alivio	0	tal/gdia					
Volumen de Produccion	1,176.00	ton		Kg. anfo / m	2.64		
Longitud	35.00	m					
Ancho	1.20	m		Burden	1.20		
Alto	10.00	m		Espaciamiento	1.20		
Longitud Taladro	10.00	m					
Densidad	2.80	ton/m3					
Factor de carga	2.00	kg/m					
	1.00	Ton/m					
Equipos de Perforacion				Equipos de Limpieza			
Rendimiento de Simba	5.70	tal/gdia		Rendimiento Scooptram 6 Yd3	56	ton/hr	
Horas Trabajadas SIMBA	4.2	hr/gdia		Horas Trabajadas SCOOP	7	hr/gdia	
Consumo de Petroleo	1.50	Gal/hr		Consumo de Petroleo	6.5	Gal/hr	
Dias trabajados	30	dias		Horas por dia	12	Horas	

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Cantidad	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad		US\$/gdia	US\$/ton
1.00 PERFORACION							16,708.24	13.93
1.01	Mano de Obra						1,551.72	
	Operador de Simba	Gdia	1.30	10.17	73.34		969.83	
	Ayudante Operador de Simba	Gdia	1.30	10.17	44.00		581.90	
1.02	Aceros de Perforacion						5,812.12	
	Barra SP T38-RD38-T38 x 4"	p.p		1,902.40	0.85		1,617.36	
	Broca Retractil FP T38 x 64MM	p.p		1,902.40	0.36		691.78	
	Shank COP 1838/1638 T38 x 435	p.p		1,902.40	0.04		73.33	
	Copas de Afilado	Jgo.		1,902.40	0.21		393.80	
	Aguzadora de copas	Pza		1,902.40	0.02		31.71	
	Tubo de PVC	m.		223.00	4.11		916.53	
	Bolsa de Polipropileno	Kg.		14.50	0.90		13.02	
	Cancamos de anclaje	Pza		15.00	7.94		119.14	
	Reflectores de 500 watt	Pza		4.00	178.57		714.29	
	Cable eléctrico	m		52.50	1.47		77.18	
	Tripode	Pza		1.00	100.00		100.00	
	Conos de plastico naranja para SLS	Pza		4.00	19.18		76.71	
	Manguera de 1" (70 m)	m.		70.00	3.53		247.10	
	Manguera de 1/2" (70 m)	m.		70.00	1.60		112.00	
	Cable de acero	m		14.40	3.08		44.33	
	Grampas crosby	Pza		24.00	5.68		136.29	
	Tuvo de PVC 3/4	Pza		90.00	4.11		369.90	
	Alambre de 8	m		87.00	0.89		77.68	
1.03	Equipos						9,079.12	
	Simba	hr.		42.38	206.56		8,754.88	
	Combustible	Gal		63.58	5.10		324.24	
1.04	Herramientas y EPP						265.27	
	Implementos de seguridad	Gdia	2.60	10.17	6.14		162.51	
	Herramientas	Gdia	1.00	10.17	7.10		72.21	
	Lamparas Mineras	Gdia	2.60	10.17	1.16		30.56	
2.00 VOLADURA							3,963.34	1.79
2.01	Mano de Obra						1,600.21	
	Maestro cargador de explosivos	Gdia	1.30	10.17	47.67		630.39	
	Ayudante cargador de explosivos	Gdia	2.60	10.17	36.67		969.83	
2.02	Explosivos y accesorios de voladura						1,863.78	
	Emulnor 5000	Pza.		232.00	0.56		130.38	
	Superflan Dos	Kg.		928.00	0.92		853.76	
	Guias Ensambladas Carmex de 7"	Pza.		14.00	1.57		22.04	
	Fanel	Pza.		232.00	3.70		857.60	
2.03	Equipos						65.33	
	Cargador de Anfo	Ton		1,176.00	0.06		65.33	
2.04	Herramientas y EPP						434.02	
	Implementos de seguridad	Gdia	3.90	10.17	6.14		243.77	
	Herramientas	Gdia	2.00	10.17	7.10		144.42	
	Lamparas Mineras	Gdia	3.90	10.17	1.16		45.83	
3.00 EXTRACCION							4,101.39	2.90
3.01	Mano de Obra						242.55	
	Operador de Scooptram	Gdia	1.30	2.99	62.34		242.55	
3.02	Insumos						309.16	
	Mangas de ventilación 30"	m.		70.00	4.42		309.16	
3.03	Equipos						3,500.04	
	Scooptram 6yd	hr.		20.95	96.88		2,029.69	
	Combustible	Gal		136.18	5.10		694.52	
	Ventilador de 32,000 CFM	hr.		157.98	4.91		775.83	
3.04	Herramientas y EPP						49.65	
	Implementos de seguridad	Gdia	1.30	2.99	6.14		23.91	
	Herramientas	Gdia	1.00	2.99	7.10		21.25	
	Lamparas Mineras	Gdia	1.30	2.99	1.16		4.50	
TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/tn)							24,772.98	18.61
Utilidad Costo Directo						10%		1.86
COSTO TOTAL (US\$/tn)							22.93	



SUPERFAM® DOS AE

ANFO

Descripción y composición

EL SUPERFAM® DOS AE fabricado por FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C es un agente explosivo granular compuesto de Nitrato de Amonio prills grado ANFO, un combustible líquido y colorante. La mezcla se realiza en equipos modernos de alta precisión que sumados a la alta calidad de los componentes, nos permite producir un agente de voladura de óptima calidad.

El SUPERFAM® DOS AE se caracteriza porque contiene un aditivo antiestático que permite el carguio neumático eliminando las cargas estáticas generadas durante la operación.

El Nitrato de Amonio prills con el cual se fabrica el SUPERFAM® DOS AE presenta una buena capacidad de retención de petróleo, con lo cual, obtenemos un producto más estable, de manera que no migre el combustible después de un prolongado tiempo de fabricación.

Usos

El SUPERFAM® DOS AE se utiliza principalmente en minería superficial como también en minería subterránea, obras civiles y trabajos de tunelería donde no haya presencia de agua y el tipo de roca sea blanda o semidura.

El SUPERFAM® DOS AE es recomendable usarlo en labores donde exista una buena ventilación y ausencia de afloramiento de agua.

Transporte

Clase: 1
División: 1.5D
N° ONU: 0331



Características técnicas

SUPERFAM® DOS AE	
Densidad aparente (g/cm ³)	0,82
Velocidad de detonación (m/s) *	3 200
Presión de detonación (kbar)	54
Energía (kcal/kg)	1 049
Potencia relativa en peso (RWS) **	110
Potencia relativa en volumen (RBS) **	113
Resistencia al agua	Nula

* Confinado en un tubo de fierro de 1 1/2" de diámetro x 50 cm de longitud.
** Potencia relativa referidas al ANFO con potencia convencional de 100.

Presentación

Se presenta envasado en doble bolsa: la bolsa interior es de polietileno con características impermeables, mientras que la bolsa exterior es de polipropileno, material resistente al manipuleo y almacenamiento en la cual se exhibe la identificación del producto.

Material	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
SUPERFAM® DOS AE	Plástico	25,0	25,3 83,8 x 50,8



MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

Los explosivos y accesorios de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos seguros para su manipuleo y almacenamiento en condiciones adecuadas. El almacenaje o uso debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenaje y uso, así como ordenar adecuadamente a todo el personal encargado de su manipuleo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenaje y uso no autorizado que pudiera ocurrir a sus productos. El transporte, almacenamiento, manipuleo y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y aprobaciones por la autoridad competente. Debe ser almacenado en polvorines autorizados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor, y en concordancia con la lista de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

ATENCIÓN

La información y recomendación aquí presentada no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto en las distintas condiciones bajo las cuales éste sea utilizado. Estas se basan en la experiencia, investigación y pruebas realizadas por Famesa Explosivos S.A.C., quien no garantiza resultados similares y asume responsabilidad al seguir a expensas y riesgos en cualquier caso el uso de estas sugerencias. Este producto puede ser modificado sin previo aviso.



Tomada de Famesa Explosivos (8)

Anexo 6

Estándar de la galería principal para el transporte de mineral



Tomada del Área de Planeamiento unidad minera San Cristóbal, 2022 (8)