

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Alternativa de mejora de la malla de perforación y voladura,
para reducir los costos de producción en La Empresa Minera
Volcán – Unidad San Cristóbal**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Louis Antonhy ZEVALLOS RODRIGUEZ

Asesor: Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Alternativa de mejora de la malla de perforación y voladura, para reducir los costos de producción en La Empresa Minera Volcán – Unidad San Cristóbal

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SÁNCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ
MIEMBRO

Mg. Raúl FERNÁNDEZ MALLQUI
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Gracias, padre y madre.

Louis.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero y eterno reconocimiento a mi Alma Mater Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión” y a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Minas de la Facultad de Ingeniería de Minas, por haber compartido sus sabios conocimientos y experiencias profesionales en bien de mi formación académica-profesional, en esta corta pero fructífera estadía en las aulas universitarias, al plasmar y consolidar la mística del profesional minero respetuoso de las normas y la ética profesional, así como la de alcanzar la competencia profesional para un servicio mejor.

De igual manera mi reconocimiento a mis colegas de la facultad, amigos y familiares que me animaron a culminar con éxito mis estudios.

Gracias.

Louis.

RESUMEN

Mi tesis “Alternativa de mejora de la Malla de Perforación y Voladura, para reducir los costos de producción en La Empresa Minera Volcán Unidad San Cristóbal” tiene como objetivo Plantear mejoras en la malla para perforaciones y voladuras con el objetivo de bajar los costos asociados a la producción de la menciona empresa. Dentro de la metodología usada el tipo de investigación es aplicada, usando el método científico, con un diseño cualitativo descriptivo, como muestra se tomó el nivel 400, rampas 050, 025, acceso 040, tajeos 020, 021, 022.

Como resultados tenemos:

El establecimiento estandarizado de mallas para las perforaciones y voladuras, en realidad permite el mejoramiento de la performance de la voladura con el consiguiente ahorro correspondiente.

En Rampas al Reducir la sección de 4 x 4 metros a 3.5 x 3.5 metros nos da un ahorro por metro de avance de 72.53 dólares, mientras que si se reduce a 3 x 3 metros nos produce un ahorro de 79.60 dólares por metro de avance. Además, nos brinda seguridad en las operaciones, así como reduce los gastos en sostenimiento.

En Breasting (producción de mineral) se consigue reducir los costos por tonelada de 12.17 \$ por tonelada que constituye un 23,16% de ahorro.

Ahorro total por año: 231, 769 \$/año.

Palabras Claves. Malla de perforación, performance de la voladura, costos

ABSTRACT

My thesis "Alternative to improve the Drilling and Blasting Mesh, to reduce production costs at La Empresa Minera Volcán Unidad San Cristóbal" aims to propose improvements in the mesh for drilling and blasting in order to lower the costs associated with the production of the mentioned company. Within the methodology used, the type of research is applied, using the scientific method, with a descriptive qualitative design, as a sample level 400 was taken, ramps 050, 025, access 040, tajeos 020, 021, 022.

As results we have:

The standardized establishment of meshes for drilling and blasting, actually allows the improvement of blasting performance with the consequent corresponding savings.

In Ramps, reducing the section from 4 x 4 meters to 3.5 x 3.5 meters gives us a saving per meter of advance of 72.53 dollars, while if it is reduced to 3 x 3 meters it produces a saving of 79.60 dollars per meter of advance. In addition, it provides us with security in operations, as well as reduces maintenance expenses.

In Breasting (mineral production) it is possible to reduce costs per ton of \$ 12.17 per ton, which constitutes a 23.16% saving.

Total savings per year: \$ 231,769 / year.

Keywords. Drill mesh, blast performance, costs

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores importantes en los procedimientos de perforaciones y voladuras en toda labor minera es el dimensionamiento de las mallas de perforación, la cual debe ser adecuadamente establecida, de acuerdo al tipo de terreno que se tiene, a fin de reducir costos de perforación, voladura y de sostenimiento, además de crear las condiciones que permitan realizar un trabajo exentos de riesgos a la integridad de los trabajadores y perjuicio a las instalaciones y el equipamiento.

El propósito de esta investigación es la determinación de tipos de malla para perforación que serán estandarizados para cada tipo de roca o mineral en la explotación.

Es importante porque al determinar las mallas de perforación, para cada tipo de material a perforar, se podrá realizar un mejor control del techo y paredes de las labores, reduciendo costos, dilución del mineral y las condiciones de inestabilidad de las cajas luego de la voladura, esto permitirá la optimización de la voladura en los frentes y tajeos. Y plantear soluciones al problema presentado, así mismo los resultados de la investigación podrán servir para poder realizar otras investigaciones.

La tesis se encuentra desarrollada en cuatro partes como detallo brevemente.

El Capitulo primero está dedicado a la problemática del problema sobre las mallas de perforación, donde se formula el problema, el objetivo, su justificación, la limitación que se ha podido encontrar.

El capítulo segundo aborda los detalles del marco teórico, donde vemos los trabajos que antecedieron sobre el tema, luego se repasan las teorías bases en la que se sustenta nuestra investigación, también se menciona la terminología que más se usa en la investigación, culminando con la formulación de la hipótesis.

El capítulo tercero se ocupa presentar el marco metodológico empleado, para ello se mencionará la tipología, la muestra los niveles, el diseñamiento, la población, las técnicas, instrumentos usados, así como el tratamiento de análisis que se les dio a los datos recabados.

El capítulo quinto presenta el resultado obtenido, para ello primero un diagnóstico de las operaciones en cuanto a los cambios que se realiza sobre la malla de perforación, los elementos de la voladura, los explosivos usados, la voladura realizada y los costos que significa, por otra parte, se ve las eficiencias alcanzadas en la voladura durante las pruebas realizadas y los costos alcanzados para poder terminar con las conclusiones y recomendaciones, bibliografía.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

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

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio.	4
2.2 Bases teóricas – científicas	6
2.3 Definición de términos básicos.	15
2.4 Formulación de la hipótesis	16
2.4.1 Hipótesis General.....	16
2.4.2 Hipótesis específicas.....	16
2.5 Identificación de variables.....	16
2.5.1 Variable Independiente	16
2.5.2 Variable Dependiente.....	16
2.6 Definición operacional de variables e indicadores.....	16

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación	18
3.2 Nivel de investigación	18
3.3 Métodos de investigación	18
3.4 Diseño de investigación.....	18
3.5 Población y muestra	19
3.5.1 Población	19
3.5.2 Muestra.....	19

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.6.1 Técnicas.....	19
3.6.2 Instrumentos	19
3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	19
3.8 Tratamiento estadístico.....	20
3.9 Orientación ética.....	20

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo.....	21
4.1.1 Diagnóstico de las operaciones.....	21
4.1.2 Mallas de perforación	22
4.1.3 Elementos fundamentales de la voladura de rocas	24
4.1.4 Explosivos usados	28
4.1.5 Condiciones del terreno después de la voladura	30
4.1.6 Sostenimiento	31
4.1.7 Voladura en Producción	31
4.1.8 Análisis de costos	31
4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	35
4.2.1 Malla de perforación planteada	35
4.2.2 Eficiencia de voladura en las pruebas realizadas	39
4.2.3 Resultados de la voladura	48
4.2.4 Fragmentación del material volado.....	48
4.2.5 Control de la periferia	49

4.2.6 Condiciones del Sostenimiento	49
4.2.7 Voladura proyectada en producción	49
4.2.8 Costos proyectados.....	49
4.3 Prueba de hipótesis	56
4.3.1 Eficiencias alcanzadas	56
4.3.2 Mallas establecidas, para las condiciones rocosas	56
4.3.3 Cantidad de explosivos.	57
4.4 Discusión de resultados.....	58

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 7 Parámetros Corte breasting en tajos 4 x 2.7 metros.....	32
Tabla 8 Costos en el corte breasting en tajos 4 X 2.7 metros	32
Tabla 9 Parámetros Corte en rampas de 4 x 4 metros	33
Tabla 10 Costos corte en rampas de 4 x 4 metros	34
Tabla 11 Resultados para frentes de sección 3 m x 3 m.....	39
Tabla 12 Resultados para frentes de sección 3 m x 3 m.....	40
Tabla 13 Resultados En Rampa para una sección de 3.5 x 3.5 m	42
Tabla 14 Resultados En la Cámara 070, para una sección de 3 x 3 m	44
Tabla 15 Resultados En la Cámara 035, para una sección de 3 x 3 m	45
Tabla 16 Resultados En la Cámara 050, para una sección de 3 x 3 m	47
Tabla 17 Parámetros para costos en corte breasting en tajos 3 x 3 metros	50
Tabla 18 Costos para el corte breasting en tajos 3 x 3 metros.....	51
Tabla 19 Parámetros corte en rampas de 3 x 3 metros.....	52
Tabla 20 Costo en corte en rampas de 3 x 3 metros.....	53
Tabla 21 Parámetros de corte en Rampas de 3.5 x 3.5 m	54
Tabla 22 Costos en corte Rampas 3.5 x 3.5 metros.....	55
Tabla 23 Eficiencia de voladura	56
Tabla 24 Malla de perforación.....	57
Tabla 25 Consumo de explosivos	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 7 Malla de perforación para perforación Convencional Rampa	23
Figura 8 Malla de perforación para perforación Convencional Breasting.....	23
Figura 9 Voladura con eficiencias dl 95 al 100 %.....	27
Figura 10 Taladros perforados en forma paralela.....	28
Figura 11 Estándar para malla de perforación en cámaras, sección 3 m x 3 m.....	29
Figura 12 Modalidad de carguío en cámaras, sección 3 m x 3 m.....	30
Figura 13 Estándares para malla de perforación de tejeos en Breasting, para terrenos muy fracturados	37
Figura 14 Carguío de taladros, para malla de perforación de tejeos en Breasting, para terrenos muy fracturados	37
Figura 15 Estándares para malla de perforación de tejeos en Breasting, para terrenos intensamente fracturados.....	38
Figura 16 Carguío de taladros para malla de perforación de tejeos en Breasting, para terrenos intensamente fracturados.....	38

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

En todas las labores de minería que impliquen volar y perforar una condición indispensable es un adecuado dimensionamiento de la malla de perforación. Esta de estar establecida, de acuerdo al tipo de terreno que se tiene, a fin de reducir costos de perforación, voladura y de sostenimiento, además de crear las condiciones que permitan realizar un trabajo sin riesgos para la seguridad laboral del personal o que ponga en riesgo el equipamiento y las instalaciones a usar.

Rediseñar esta malla podría ser una opción a los problemas de la voladura, eso significa reducción de costos de producción que es muy importante, debido a que en las operaciones una parte importante de los costos es el de perforación y voladura, por lo que para asegurar las condiciones de trabajo de la mina, se ha visto por conveniente la reducción de la sección tanto en las rampas y accesos a los tajeos de producción con el objetivo de alcanzar la Optimización de los procedimientos de voladura anteriormente aplicados en mina, para llegar a patrones de mayor eficiencia, los que se implementaran en todos los sectores de la unidad.

En el caso particular de Mina San Cristóbal, el trabajo para el diseño estándar de la malla de perforación y voladura se llevará con el fin establecer mejoras en estos parámetros, y poder aplicar en toda la labor de la mina y poder conseguir reducir los costos y aumentar la productividad.

1.2 Delimitación de la investigación

1.2.1 Delimitación espacial

El lugar que se eligió para investigar este trabajo es la Unidad San Cristóbal de la Minera volcán. Esta unidad se ubica en Junín, exactamente en el distrito de Yauli, en la provincia del mismo nombre.

1.2.2 Delimitación temporal

En la segunda mitad del año 2020 el tiempo que conllevara realizar el proyecto está estimado en 6 meses de julio a diciembre.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Qué alternativas de mejora podemos plantear en la malla de perforación y voladura para reducir los costos de producción en la Empresa Minera Volcan – Unidad san Cristóbal?

1.3.2 Problemas específicos

a. ¿Qué tipo de malla de perforación y voladura se podrá plantear en la ejecución de rampas para reducir los costos de producción, en la Empresa Minera Volcan – Unidad San Cristóbal?

b. ¿Qué tipo de malla de perforación y voladura se podrá plantear en los tajeos, para reducir los costos de producción, en la Empresa Minera Volcan – Unidad san Cristóbal?

1.4 Formulación de objetivos

1.4.1 Objetivo general

Plantear mejoras en la malla de perforación y voladura para reducir los costos de producción en la Empresa Minera Volcan – Unidad san Cristóbal

1.4.2 Objetivos específicos

a. Plantear un diseño nuevo de malla de perforación y voladura en la ejecución de rampas para reducir los costos de producción, en la Empresa Minera Volcan – Unidad San Cristóbal

b. Plantear un diseño de malla nuevo de perforación y voladura en los tajeos, para reducir los costos de producción, en la Empresa Minera Volcan – Unidad san Cristóbal

1.5 Justificación de la investigación

En la Unidad San Cristóbal las actividades unitarias de mayor relevancia son la perforación y la voladura. Por ese motivo deben ser sometidas a una evaluación continúa y constante en buscar de ajustes y mejoras. La propuesta de este estudio es buscar una alternativa de diseño de la malla de perforación que ayude a la reducción de costos operativos implicado es estas operaciones. De modo que al contar con un diseño de la malla adecuado la empresa podrá reducir sus costos beneficiándose económicamente.

Por otra parte, estos nuevos conocimientos que se logra obtener se podrán aplicar en otras minas en situaciones similares.

Finalmente, una justificación personal me servirá para obtener el título profesional.

1.6 Limitación de la investigación

Sobre limitaciones a la hora de implementar este proyecto no se registró en su mayoría. Se debe decir que el presupuesto asignado es solventado por la empresa y si hay un gasto adicional este será cubierto en su totalidad, en cuanto a personal no si tiene inconveniente, el tiempo de la investigación se desarrollara con toda normalidad.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio.

Entre las propuestas, que antecedieron a la nuestra, referentes al proyecto nos referiremos a los siguientes trabajos realizados en diferentes minas:

Primer antecedente

En la investigación titulada: “Diseño de la malla de perforación y voladura para incrementar la productividad de tajeos en la Compañía Minera Great Panther Coricancha S.A.”(Chancasananpa, 2019).se propone tener una elaboración de una malla de perforación y voladura que ayude a tener una mejor producción en la mina, inconveniente debido a que no se está cumpliendo con la cuota de producción asignada, para realizar el trabajo se realizó un diagnóstico de la producción, este diagnóstico estuvo basado en relación a la caracterización de material rocoso, el tipo de explosivos que se usa y factores de la perforación.

Como conclusión se tuvo:

Una reducción del daño de las paredes en 0.030 m., la producción subió a 4.5 tn/Hg, se tuvo un tiempo de minado en el que cada corte demandó 11.2 días y en cuanto a la dilución esta presentó una disminución del 4.7%.

Segundo Antecedente

La tesis que lleva por título “Diseño de malla de perforación basado en la energía de mezclas explosivas, para optimizar costos de perforación y voladura en ARUNTANI SAC 2015” (Gomez, 2016), una tesis experimental y que tiene como conclusión lo siguiente:

Se trabajó modificando el burden y el espaciamiento de la voladura, empleándose en el experimento el anfo pesado 50/50 en vez de anfo normal, con la que se consiguió reducir los costos en 0.012 \$/tn y obtener una buena fragmentación.

Tercer Antecedente

Referente a la tesis “*Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco - Unidad Minera Pachancoto - Minas de Pachancoto S. A. 2019*” (Guillen, 2020) su objetivo principal fue la mejora de la malla de perforación para poder determinar un costo de producción adecuado.

Este trabajo optó por emplear el método científico, y alcanzó a describir el problema, correlacionándolo en cuanto a su propuesta y a otras, ante lo cual propuso un diseño experimental, como muestra se trabajó con el crucero XC 961 Nv 4950.

Como conclusión se tiene.

Se redujo el costo de avance del crucero 2.4 x 2.4 m de un costo de 280.72 \$/ml a 245.65 \$/ml. representando una reducción de un 12.49% menos.

Cuarto Antecedente

La tesis titulada “Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.” (Barrientos y Durand, 2020). que se propone implementar una malla de perforación que conlleva a tener una mejor fragmentación del tajeo 6662 Nv 3780. Debido a los problemas de la perforación y la voladura y una mala fragmentación se planteó este estudio planteándose una malla de perforación de 0.87 m d bourden y un espaciamento de 0.94m.

Como conclusión se tiene.

Se opero comuna carga de 1.56 kg/m por metro lineal. Cuyo factor de potencia se estableció en 0.50kg/tn. y en cuanto al P80 del material volado fue de 7.95 pulgadas.

Quinto Antecedente

Referente a la tesis *“REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS MEDIANTE LA ESTANDARIZACIÓN DE MALLA DE PERFORACIÓN - VOLADURA, PARA LABORES HORIZONTALES: SECCIÓN 4.0 m. x 4.0 m., MINA SOCORRO - UCHUCCHACUA.”* (Correa y Iparraguirre, 2016) presenta como meta planteada bajar los costos de producción mediante un rediseño de la malla de perforación para las labores horizontales en todo el ciclo de minado.

Como conclusión se tiene:

El costo de avance por metro con la mejora realizada significo 290,260.8 \$/año ahorrando 50,666\$/año, las dimensiones de la nueva malla de perforación fue de 3.34 m. con una eficiencia en relación a la malla anterior del 10%, el nuevo factor de carga fue: 37.04kg/m y se logró avanzar a 3.34m.

2.2 Bases teóricas – científicas

Dentro de los fundamentos teóricos que nos servirán de apoyo para la realización de la tesis tendremos presente aspectos como perforación, voladura, explosivos y costos.

Perforación

Se define como:

“el proceso mediante equipos manuales o mecanizados y últimamente equipos automatizados realizan cavidades llamados taladros donde se a colocar los explosivos para realizar la voladura que genera el desprendimiento de la roca.” (Instituto Geologico y Minero de España, 1987).

Técnicas de perforación

“Dentro de la perforación en minería hay una variedad de técnicas usadas en la minería: Mecánicos, Térmicos, Hidráulicos, Sónicos, Químicos, Eléctricos: Sísmicos, Nucleares” (Instituto Geologico y Minero de España, 1987).

Equipos de perforación

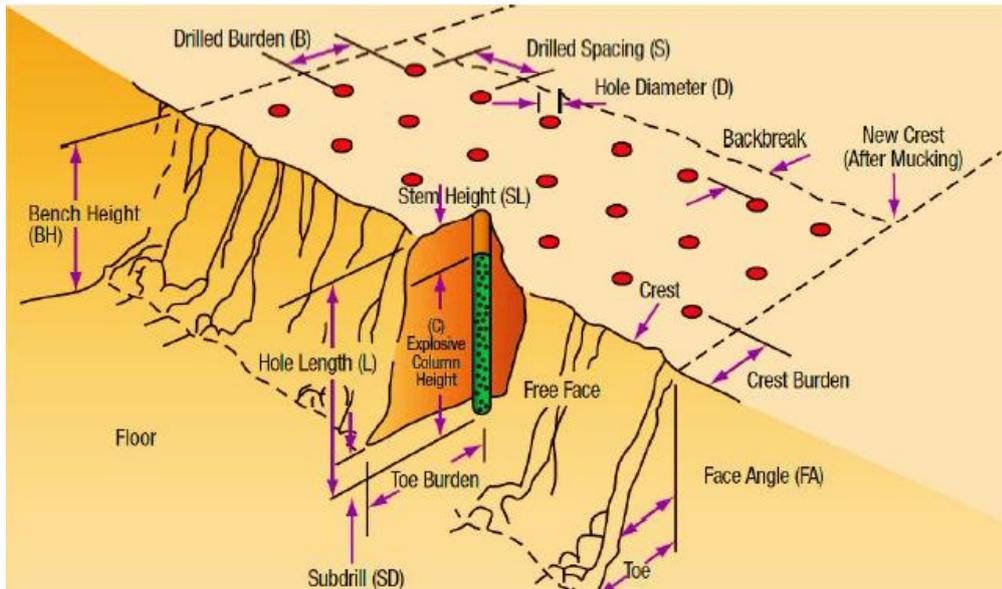
Existe una variedad en equipos para perforación para la realización de los trabajos mineros, así como fabricantes y modelos, entre estos tenemos las perforadoras manuales y las perforadoras mecanizadas que tienen un chasis de soporte

Variables controlables de perforación

Valores que se pueden modificar para obtener una voladura adecuada, dentro de esto tenemos: “Burden(B), Diámetro del taladro(Φ), Espaciamiento(S), Profundidad del taladro (BHD), Inclinación del taladro(θ), Sobreperforación(S/D), Altura de taco (ST), Altura de Banco (BH), Altura de carga (CHL), Otros” (Chancasanpa, 2019, pág. 12).

Figura 1

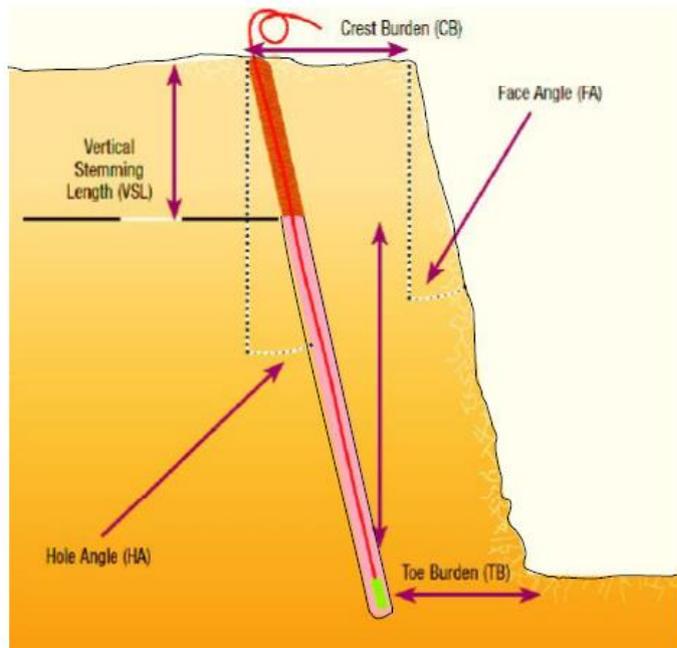
Variables geométricas



Nota. Fuente: "Explosives Engineer's Guide. Dyno Nobel. 2012"

Figura 2

Parámetros geométricos controlables



Nota. Fuente: "Explosives Engineer's Guide. Dyno Nobel. 2012"

Voladura de rocas

Entendiéndose como "proceso de rompimiento y desplazamiento de material, que ocurre durante y después de la detonación completa de una carga"

confinada, existen 4 etapas que se definen como: Detonación, Propagación de ondas, Expansión del gas, Movimiento del material” (ENAEX, s.f., pág. 12).

Variables controlables de voladura

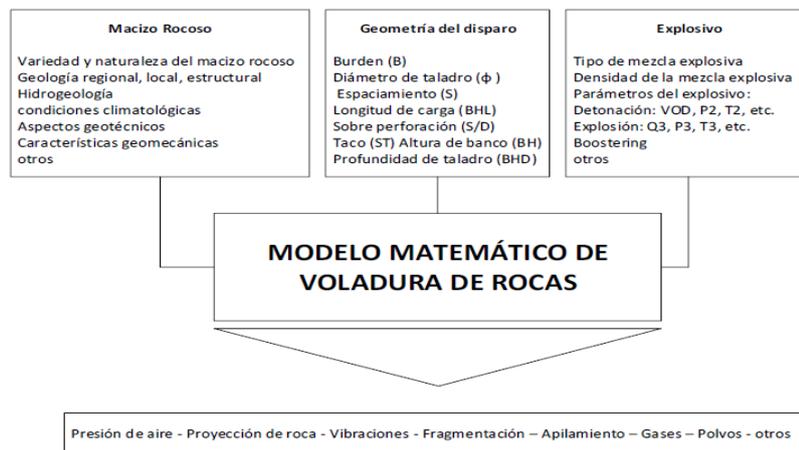
Cuando se realiza una voladura en minería tanto en mina subterránea o superficial tenemos que tener presente una variedad de variables que podemos controlarlos o modificarlo para obtener una voladura adecuada, podemos mencionar los siguientes: “Energía del explosivo, Parámetros de detonación, Parámetros de explosión, Dirección de la voladura, Sistema de iniciación, Secuencia de salida, Tipo y tiempo de retardo, Otros” (Chancasananpa, 2019, pág. 16).

Factores intervinientes en una voladura

Los factores presentes en una voladura son diversos a si tenemos

Figura 3

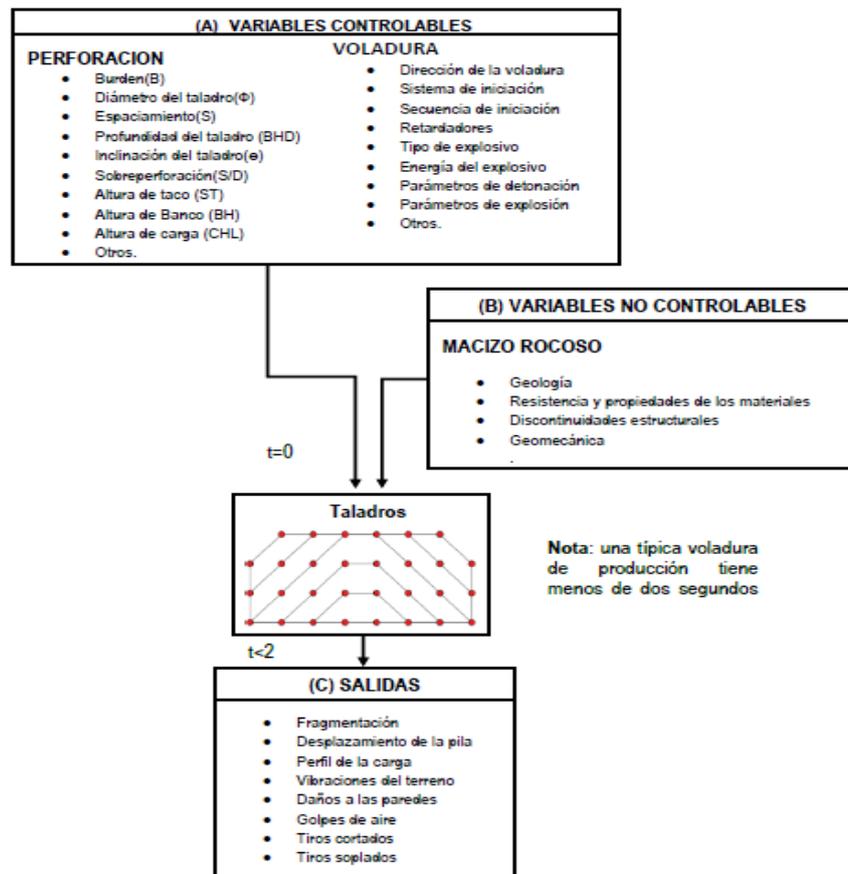
Factores intervinientes en la voladura



Nota. Diseño de disparos Primarios, Agreda Turriate.,2014

Figura 4

Variables Controlables y no Controlables de Entrada y Objetivos de salida



Nota. "Perforación y Voladura de Rocas I, Ames L.,2014"

Explosivos

Explosivos semexa 65%

Explosivo fabricado por Exsa cuyas características son:

Presenta un buen grado en cuanto a sus propiedades como agente empujador y rompedor, esto se debe a que al tratarse de un explosivo con un nivel medio de

carácter gelatinoso se comporta con mucha versatilidad, lo que permite cubrir ambos objetivos. Esta característica la hace ideal para su aplicación en superficies de nivel intermedio hasta superior en cuanto a dureza.

Por otro lado, debido a que presenta diferentes niveles de energía es posible romper la fuerza estructural y masa de los distintos macizos rocosos.

En cuanto a su rendimiento, este le permite adaptarse con seguridad a distintas labores, ya sean en trabajos mineros o civiles. Además, presenta un

rendimiento especial en la ejecución de piques, chimeneas y rampas además de otros trabajos del mismo orden, Finalmente, posee una capacidad para transferir adecuadamente la energía que se libera a la roca, lo que reduce los posibles daños en los taladros.

Propiedades / Beneficios

“Alta a mediana velocidad de detonación, Mediana impedancia, Sensible al detonador No. 8 y al cordón de bajo gramaje, Larga vida útil” (EXSA, 2017).

Características técnicas

La fábrica Exsa nos proporciona las siguientes características

Tabla 1

Características técnicas

Especificaciones técnicas	Unidades	Semexsa 45	Semexsa 65	Semexsa 80
Densidad	g/cm ³	1.08 ± 3%	1.12 ± 3%	1.18 ± 3%
Velocidad de detonación*	m/s	3,800 ± 200	4,200 ± 200	4,500 ± 200
Presión de detonación	kbar	87	94	125
Energía**	KJ/kg	3,338	3,433	3,747
RWS**	%	89	92	99
RBS**	%	120	127	147
Volumen de gases	l/kg	1,016.	1,015	989
Resistencia al agua	Horas	Buena	Muy buena	Excelente
Categoría de humos	Categoría	1 era.	1 era.	1 era.

* Sin confinar en tubo de hojalata de 30 mm de diámetro.

** Calculadas con programa de simulación TERMODET a condiciones ideales de 1 atm.

Presentación y embalaje

Estos explosivos se presentan en kg. y vienen dispuestos en cajas como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 2

Presentaciones y embalaje

Peso Neto	25 kg			
Peso Bruto	26.3 kg			
Dimensiones de caja	Ext. 35 x 45 x 28 cm			
Material	Caja de cartón corrugado			
Producto	Pulg.		UN/Caja	Masa g/UN
SEMEXSA 45	1 1/8	12	122	205
SEMEXSA 65	1 1/2	12	68	368
SEMEXSA 65	7/8	7	308	81
SEMEXSA 80	1 1/8	8	164	152

Para otros formatos de cartuchos preguntar a un especialista EXSA.

Nota. (EXSA, 2017).

Accesorios de la voladura

Dentro de los accesorios para la voladura tenemos:

Carmex ®

Accesorio de voladura que están compuestos de un fulminante, una mecha de seguridad y un conector.

Figura 5

Accesorio Carmex



Características técnicas de la mecha de seguridad

Tabla 3

Características de la Mecha de seguridad

Son las siguientes (FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., 2018)

COLOR DE RECUBRIMIENTO PLÁSTICO	Verde
NÚCLEO DE PÓLVORA (g/m)	6
TIEMPO DE COMBUSTIÓN a.n.m. (s/m)	150 a 165
LONGITUD DE LA CHISPA a.n.m. (mm)	50
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	5,2
RESISTENCIA A LA TENSIÓN DURANTE 3 MINUTOS (kg)	30

Características técnicas del block de sujeción

Tabla 4

Características del block de sujeción

Se Tiene (FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., 2018)

DIÁMETRO DEL BLOCK DE SUJECCIÓN (mm)	10
LONGITUD TOTAL (mm)	14
COLOR DEL BLOCK DE SUJECCIÓN	Anaranjado
MATERIAL	Plástico

Características técnicas del conector

Tabla 5

Características del conector

Son (FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., 2018)

DIÁMETRO DEL CONECTOR (mm)	6,3
LONGITUD DEL CONECTOR (mm)	45
ANCHO DE LA RANURA (mm)	2,4
CARGA DE MATERIAL PIROTÉCNICO (g)	0,5
ALTURA DE CARGA (mm)	12

Características técnicas del fulminante común

Tabla 6

Características del fulminante común

Tenemos (FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., 2018)

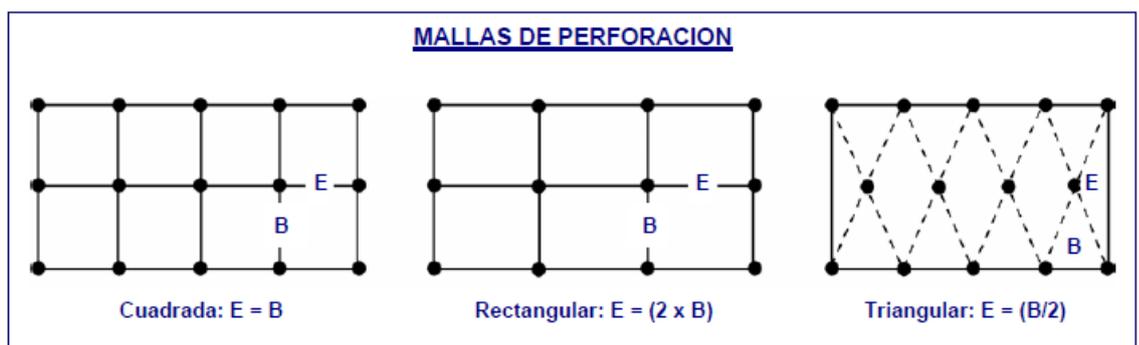
DIÁMETRO DEL FULMINANTE (mm)	6,3
LONGITUD DEL FULMINANTE (mm)	45
PRUEBA DE <u>ESOPO DIÁMETRO</u> DE PERFORACIÓN (mm)	10,
VOLUMEN <u>TRAUZL</u> (cm.)	23
RESISTENCIA A LA HUMEDAD RELATIVA DEL 100 % POR 24 HORAS	Detona
RESISTENCIA AL IMPACTO 2 kg/1m	No Detona
SENSIBILIDAD A LA CHISPA DE LA MECHA DE SEGURIDAD	Buena

Malla de perforación

Entendemos como “la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de burden y espaciamiento y su directa vinculación con la profundidad de taladros” (EXSA, s.f., pág. 163).

Figura 6

Mallas de perforación



Costos

Para el desarrollo de la tesis tendremos en cuenta los siguientes conceptos:

“Costo. - Es el gasto económico generado por la producción de algún bien, o la oferta de algún servicio, el cual supone una ganancia.

Tipo de Costos. - Los costos se dividen en Costos Fijos y Costos Variables.

Costos Fijos. - Son aquellos costos que se debe afrontar independientemente de la cantidad de obra que esté efectuando. Básicamente son: Costo de Administración, Costo Financiero, Amortizaciones y Depreciaciones, impuestos, Mano de Obra Indirecta.

Costos Variables. - Son los costos que varían de acuerdo con la cantidad de obra generada, Los principales conceptos son: Mano de Obra Directa, Materiales e Insumos, Transporte” (Correa y Iparraguirre, 2016, págs. 31,32)

2.3 Definición de términos básicos.

Burden

“Es uno de los parámetros más críticos en el diseño de voladura. El burden está definido como la mínima distancia del eje del taladro a la cara libre más cercana también definido como la distancia entre filas individuales de taladros” (Chancasanpa, 2019).

Espaciamiento

“Se define como la distancia entre taladros de una misma fila. Medida perpendicularmente hacia el burden y paralelo a la cara libre del movimiento esperado de la roca” (Chancasanpa, 2019).

Inclinación del taladro

“Se define básicamente como el ángulo, normalmente medido a la vertical, en el que se perfora un taladro y no debe ir más allá de 30 grados” (Chancasanpa, 2019).

Diámetro de taladro

“El diámetro de perforación ideal para una operación dada depende de los siguientes factores: Propiedades de la masa rocosa a explotar, Grado de

fragmentación requerido, Altura de banco y configuración de cargas” (Chancasananpa, 2019).

Altura del banco

“Se define como la distancia vertical entre cada nivel horizontal de corte. A menos que las condiciones geológicas indiquen lo contrario” (Chancasananpa, 2019).

“Taco Material inerte para confinar los gases explosivos lo que ayuda a permitir el máximo confinamiento de los gases explosivos y una alta eficiencia de explosión.” (Chancasananpa, 2019)

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Al plantear mejoras en la malla de perforación y voladura podemos reducir los costos de producción en la Empresa Minera Volcán – Unidad san Cristóbal

2.4.2 Hipótesis específicas

Al plantear mejoras en la malla de perforación y voladuras podemos bajar los costos de producción en Empresa Minera Volcán – Unidad san Cristóbal.

2.5 Identificación de variables

Variables para la hipótesis general

2.5.1 Variable Independiente

Malla de perforación y voladura

2.5.2 Variable Dependiente

Costos de producción

2.6 Definición operacional de variables e indicadores

Hipótesis específica a.

Variable Independiente

Malla de perforación y voladura en rampas

Indicadores

Analiza nuevo diseño de malla

Revisa la ejecución de perforación y voladura

Evalúa los resultados

Variable Dependiente

Costos de producción

Indicadores

Analiza los costos de la nueva malla

Revisa la ejecución de perforación y voladura

Evalúa los resultados

Hipótesis específica b.

Variable Independiente

Malla de perforación y voladura en tajeos

Indicadores

Analiza nuevo diseño de malla

Revisa la ejecución de perforación y voladura

Evalúa los resultados

Variable Dependiente

Costos de producción

Indicadores

Analiza los costos de la nueva malla

Revisa la ejecución de perforación y voladura

Evalúa los resultados

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

En esta ocasión desarrollaremos un trabajo investigativo de tipo aplicado, donde la observación y la interrogación serán nuestros instrumentos más importantes.

3.2 Nivel de investigación

En la presente investigación se utilizó el método exploratorio y aplicativo.

3.3 Métodos de investigación

Metodológicamente optaremos por emplear un esquema científico que será complementado con los procedimientos inductivos- deductivos, análisis- síntesis.

3.4 Diseño de investigación

Como forma para diseñar de investigación usaremos el diseño cualitativo descriptivo y de relación porque en función de los datos que obtendremos o recogemos podremos plantear una nueva malla de perforación

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

Hemo decidido que lo más adecuado a esta tesis es delimitar la muestra poblacional a todas las labores en el interior de la mina las labores horizontales y los tajeos.

3.5.2 Muestra

La muestra se eligió a las labores en operación, Nivel 400, rampa 050, 025, acceso 040, tajeo 020, 021, 022

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recoger la información más adecuada y valiosa para este trabajo se dispuso distintos métodos, entre ellos los siguiente:

3.6.1 Técnicas

Teniendo en cuenta que la técnica es usada para recabar relevantes a nuestra investigación, usaremos un análisis documental, demás analizaremos los contenidos y la observación para poder obtener la información.

3.6.2 Instrumentos

En cuanto al instrumental que usaremos para ayudarnos a conseguir la información, usaremos: las fichas, computadoras, libreta de campo, cámara fotográfica

3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Teniendo en cuenta nuestra muestra procederemos a analizar los datos que obtuvimos en el campo para lo cual realizaremos las siguientes acciones,

- Recojo de datos de la primera muestra,
- Tabulación de datos
- Evaluación de los datos
- Elaboración de resultados
- Conclusión respecto a la primera muestra.
- Repetición del proceso para las otras muestras

3.8 Tratamiento estadístico

Por las características de la hipótesis general se aplicará técnicas de estadística descriptiva, la elaboración de tablas.

3.9 Orientación ética filosófica y epistémica

En el desarrollo de la tesis hemos actuado respetando los principios éticos de la profesión, considerando el principio de la justicia, dignidad humana, derecho al principio de confidencialidad, y a la verdad en todo momento

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo

4.1.1 *Diagnóstico de las operaciones*

El manto mineralizado que es objeto de estudio de la presente tesis estructuralmente se encuentra ubicado en el sector oriental del denominado domo de Yauli. Este domo presenta una mineralización principalmente formada por Zinc y Plata y Plomo. Ante este escenario se planeó diseñar cámaras con dimensiones de cuatro metros de longitud en sus extremos, esto como medida inicial hasta poder alcanzar la recuperación de los pilares en retirada. Para ello se optó por utilizar dos tipos de material de relleno, detrítico e hidráulico.

Con el incremento de las actividades mineras en el yacimiento y como consecuencia se tuvo que expandir la mina lo que tuvo un impacto en los niveles de producción. El anterior sistema utilizando un método semimecanizado alcanzaba las 11000 tn métricas, este nivel tuvo que ser ampliado para cubrir una producción de 18000 tn métricas. Entre las modificaciones necesarias para alcanzar este objetivo se encuentran ajustes y rediseños tanto en el método de perforaciones como en el sistema para la voladura. Cumplir la nueva planificada supuso un incremento de la producción y de las operaciones en un 61 por ciento.

Además, este crecimiento se hace conveniente si va a la par con el crecimiento de los equipos, por esta razón se plantea la adquisición de un Jumbo Boomer 281 de un solo brazo, equipado con una perforadora Hidráulica LOPR 38, en labores que utilicen taladros en rampas o en tajeos.

Con el fin de complementar el objetivo de expansión es necesario un diseño estándar de malla para la perforación debido a que la perforación presenta una variación, además de cumplir en estándar propuesto para todo método de explotación.

4.1.2 Mallas de perforación

En el anterior sistema parcialmente mecanizado requerían de una batería de 51 puntas de taladro de 8 pulgadas de longitud al disparar, que ofrecían en el caso de las rampas un corte quemado al salir. La eficiencia de este sistema alcanzaba un 85 por ciento si se usaban taladros con 32 milímetros de diámetro. En comparación, en la actualidad las labores de minería mediante el método breasting disponen de una malla con dimensiones rectangulares que alcanza a cubrir 44 taladros, cada uno con una longitud de ocho pies en un solo disparo, cuyos cortes alcanzan las dimensiones de 4 metros por 2.7 metros. De esta manera se obtiene una eficiencia de 88 por ciento.

Todo lo anterior se puede apreciar en la figura siguiente:

Figura 7

Malla de perforación para perforación Convencional Rampa

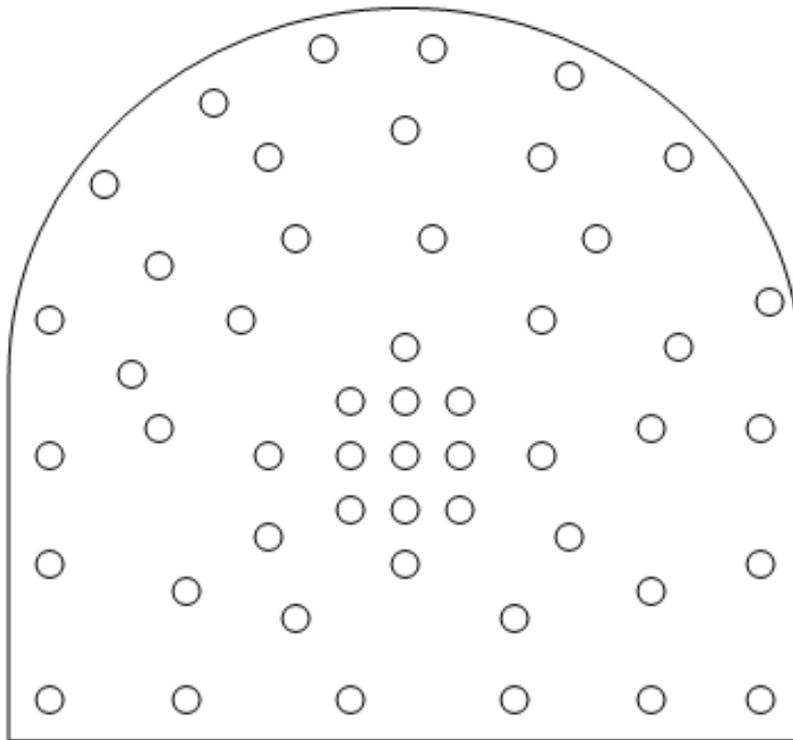
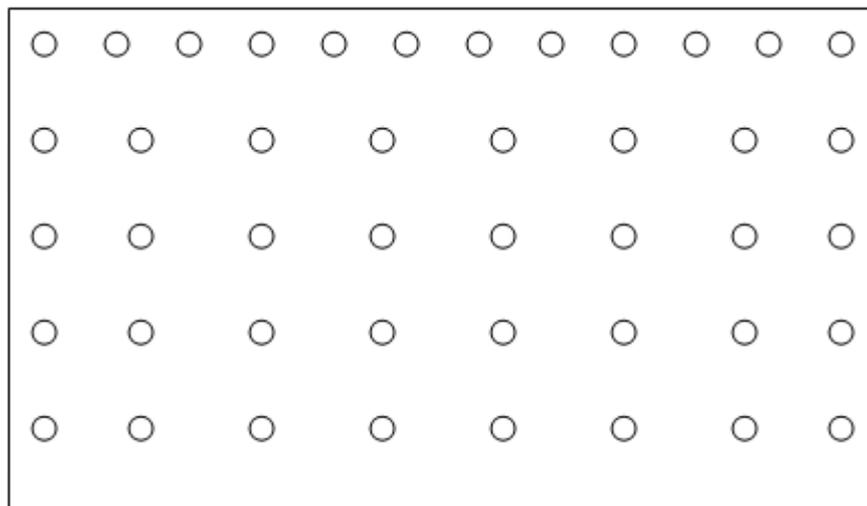


Figura 8

Malla de perforación para perforación Convencional Breasting



4.1.3 Elementos fundamentales de la voladura de rocas

Alcanzar un desempeño con alta eficiencia para las voladuras es consecuencia fundamentalmente de la aplicación de los siguiente parámetros y ordenamientos básicos:

Condición y estructura de la roca

Fundamentalmente haber analizado estructuralmente y a profundidad el material rocoso permite una correcta elección y aplicación del método o los mecanismos necesarios para evitar posibles desprendimientos de material o aun, pero derrumbes de los techos que representen eventos que puedan interrumpir el calendario de actividades de la mina, o causar serios accidentes al personal o al equipamiento o instalaciones de la mina. Ante estas circunstancias se hace necesario recurrir a los parámetros GSI, a partir de los cuales se debe diagnosticar la condición actual en la que se encuentra el techo o la pared de la galería en los lugares que están planificados para volar o perforar el material. De esta manera se previene y se trata de eliminar los riesgos potenciales.

Perforación

Es la operación que antecede y prepara la labor de voladura. Tiene como fin horadar el material rocoso de la pared o el techo de la galería en forma de cilindros, donde después se colocará los explosivos y demás elementos para la detonación como: “iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o *blast holes*”

Las actividades de perforación dependen específicamente de las siguientes dos condiciones básicas:

Diseño de malla y arranque

Se trata de la disposición total de los taladros en número y en posición. Esta disposición condicionara la posterior perforación. A demás el diseño se encuentra condicionado a las condiciones que presente del macizo rocoso

como el nivel al que se fracturara o su nivel de dureza, ambos factores que se evidenciarán después de la voladura. Asegurar un diseño adecuado, que cuente con un arranque con adecuación a la tipología del material, y perforaciones anteriormente realizadas dentro de los parámetros estimados a la labor planeada, además de un carguío bien ejecutado tendrán como consecuencia un alto nivel de eficiencia en la totalidad de la labor.

Habilidad del perforista

Entre las capacidades que se escapan a la estandarización se puede ubicar la destreza que cada operario alcanza en sus años de experiencia en las distintas labores. Una de ellas es la habilidad del perforista, de ella dependerán en gran medida el resultado alcanzado debido a que si su labor presenta desviaciones no previstas esto le restará eficiencia al planeamiento en su totalidad. Entonces depende de que el perforista pueda asegurar la orientación más correcta posible en relación a lo planificado. De ser así se garantizará un factor crucial para poder alcanzar los resultados esperados.

Selección del explosivo adecuado

Como se supondrá uno de los elementos cruciales del que depende toda esta labor son los materiales explosivos seleccionados para usar.

Como se supondrá uno de los elementos cruciales del que depende toda esta labor son los materiales explosivos, estos deberán ser exhaustivamente seleccionados para ser usados en dichas labores. Si los estándares y criterios usados son los adecuados el resultado deberá ser óptimo. De no ser así se tendrá como resultado una cantidad de material innecesario y que supondrá un mayor uso innecesario de recursos para su disposición si no se llega a calibrar los tiros requeridos. Lo que supondrá un resultado notablemente deficiente y el consecuente incremento de los costos operativos.

Secuencia de salidas

Diseñar adecuadamente la secuenciación en la que tendrá que salir los taladros posteriores facilita que las aberturas practicadas faciliten dichas salidas. De esta manera se obtendrán voladuras con resultados óptimos.

Condiciones fundamentales en perforación

Después de las precisiones acerca de la etapa anterior es determinante mencionar otro factor adicional pero no menos importante que es el nivel de calidad de las puntas de taladro. Esta calidad se encuentra necesariamente condicionada mediante cuantos factores como lo son: si la perforación presenta características estables, rectas, sus diámetros son adecuados y si sus longitudes las normales.

Diámetro

Este factor está condicionado directamente a la especificidad de la tarea que se realizará. De lo cual se desprende una norma de común aplicación que indica lo siguiente: que cuando un diámetro es menor, el costo de realizarlo también será menor y por el desempeño en la labor será la más adecuada.

Longitud

Este factor tiene una relevancia determinante a la hora de seleccionar el equipamiento para la perforación, lo que a su vez incide en el nivel de avance de la labor del disparo, lo que viene a ser la profundidad que pueden alcanzar los taladros.

Rectitud

Este factor presenta una típica variación que depende de la tipología del material rocoso, además de la forma de perforación elegida, así como de equipamiento que se usará en dicha labor. La necesidad de asegurar mayores niveles de rectitud, así como alineaciones lo más precisas posibles tiene como objetivo ante todo una distribución adecuada del material explosivo.

Por este motivo, cuando se evalúan en las perforaciones en los distintos trazos el nivel de paralelismos entre los orificios hechos por los taladros se muestra crucial para la correlación y el alcance del material explosivo y su respectiva carga dentro de la labores de voladuras.

Estabilidad

Es una condición indispensable que los taladros se mantengan en posición de abertura esperando que sean usados. Además, depende de la disposición del terreno sus características de compactación para optar por recubrirlos con tubos especialmente adaptados que puedan garantizar una carga adecuada.

A continuación, se muestra un esquema que considera los parámetros adecuados para obtener voladuras con niveles de eficiencia de un 95 a un 100 por ciento.

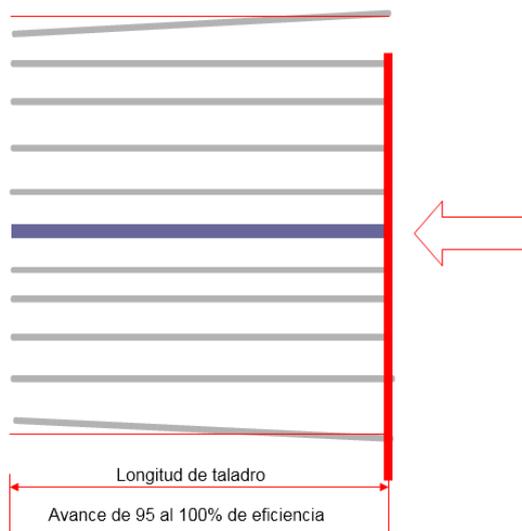
Figura 9

Voladura con eficiencias de 95 al 100 %



Figura 10

Taladros perforados en forma paralela



4.1.4 Explosivos usados

Los explosivos usados en Frentes de 4 x 4 m,	
Dinamita:	Semexsa de <u>65% 7/8" x 7"</u> , 53.76 Kg
Accesorios de voladura	Carmex: 46 unidades de 2.44 mts. de longitud
	Mecha rápida: 40 mts
La voladura posee una eficiencia que varía de 81 a 89%, siendo el promedio de 85% en frentes	
Estándar para malla de perforación en cámaras Sección: 3.0 m x 3.0 m	

Figura 11

Estándar para malla de perforación en cámaras, sección 3 m x 3 m

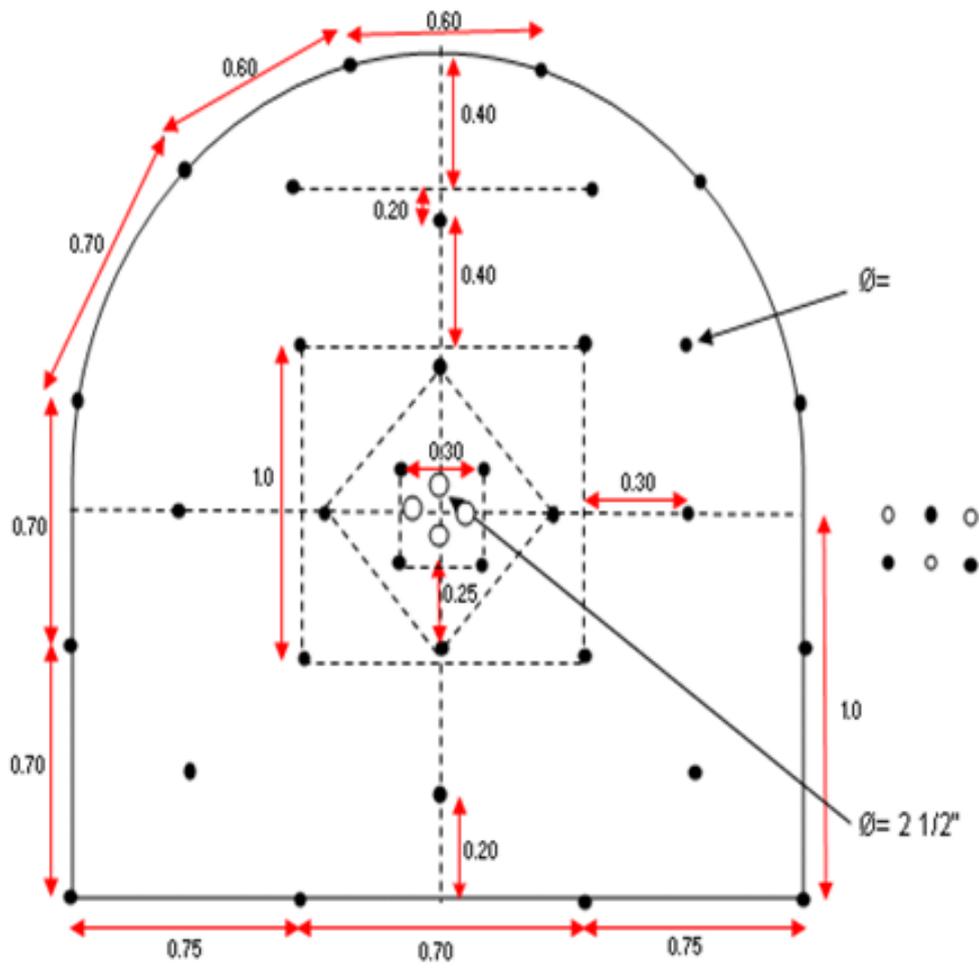
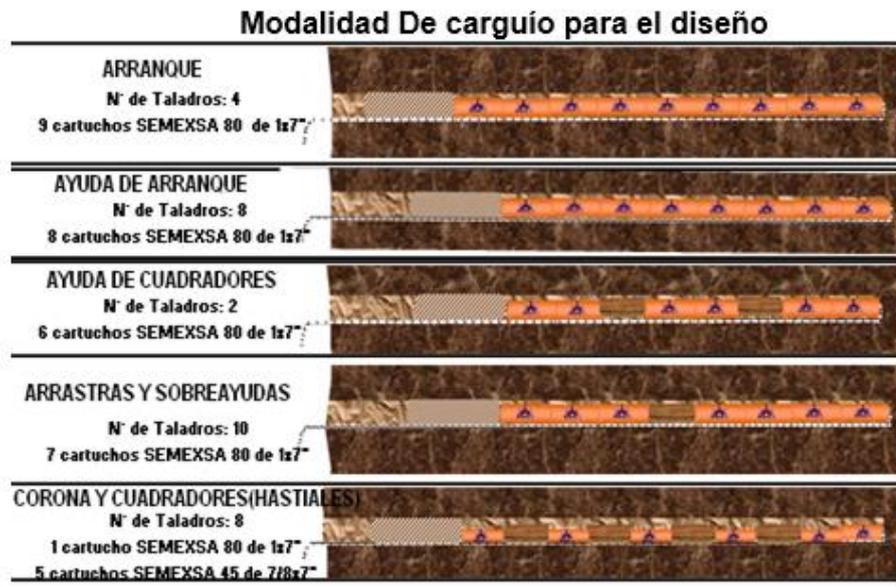


Figura 12

Modalidad de carguío en cámaras, sección 3 m x 3 m



Los explosivos usados en breasting	
Dinamita:	Semexsa de 65% 7/8" x 7", 34.72 Kg
Accesorios de voladura	Carmex: 30 unidades de 2.7 mts. de longitud
	Mecha rápida: 36 mts
La voladura posee una eficiencia que varía de 84% a 92%, siendo el promedio de eficiencia de disparo de 88%.	

4.1.5 Condiciones del terreno después de la voladura

A continuación de la labor de voladura en algunas secciones el emplazamiento queda con los restos de la detonación. Esto sucede aun cuando se sujetó el techo, sin embargo, sus dimensiones laterales propician puntos inestables. Es por esta causa que a esas causas que se generan condiciones de inseguridad que se ven considerar y en las secciones de cámaras. Para solucionar esta condición se disponen de aseguramientos provisionales, en los

que se utilizan pernos solitos set, y en la sección de rampas se disponen de mallas o pernos de anclaje. Con estas medidas ya se puede proceder a las labores de limpieza y relleno. Los emplazamientos de rampas y algunas secciones

4.1.6 Sostenimiento

También se dispone de un aseguramiento provisional en la sección destinada a producción. Para esta tarea son usados los pernos Split set, en las rampas se disponen de mallas o pernos de anclaje. Para asegurar su agarre se debe revestirlos con concreto Shot Créete.

4.1.7 Voladura en Producción

Para la producción se destinan emplazamientos denominados “cámaras” que tienen una dimensión de cuatro metros por lado, las que son aseguradas por una malla Breasting utilizada para secciones de 2,7 metros de altura, con un taladro de 8 metros de profundidad.

Por otra parte, en cuanto a la disposición del material resultante este se traslada al ore pas por medio del scooptram con capacidad de dos yardas cúbicas, después es por medio de un locomotor es reubicado en el pique central. Esta locomotora es de modelo Clayton a Trolley con una fuerza para acarrear dos toneladas y media por sección, y cuenta con un total de ocho secciones. Una vez en el pique central se utilizan camiones de veinte toneladas para el transporte de todo el material resultante.

4.1.8 Análisis de costos

Los costos de producción son para el Breasting en una cámara de 4 x 4 metros para un corte de una altura de 2.7, de 52.53 \$/tonelada, como se puede apreciar en el cuadro siguiente:

CORTE BREASTING EN TAJOS 4 X 2.7 metros

Tabla 7*Parámetros Corte breasting en tajos 4 x 2.7 metros*

PARÁMETROS CORTE BREASTING EN TAJOS 4 X 2.7 metros		
PARÁMETROS	VALOR	VALOR
Tipo de roca	Media	
Ancho de la labor	4.0 m	
Altura de la labor	2.7 m	
Equipo de limpieza	No	
N° de taladros	30 tal	
Taladros de alivio	0	
N° de cartuchos/ disparo 65% x 7/8" x 7"	306 cart	10.2 cart/tal
Longitud efectiva de perforación (8 pies)	7.33 pies	2.24 m
Rendimiento por disparo (95%) 95%	6.97 pies	2.12 m
Volumen movido m3	22.3 m3	
Factor de potencia	1.11 kg/m3	

Tabla 8*Costos en el corte breasting en tajos 4 X 2.7 metros*

COSTOS EN EL CORTE BREASTING EN TAJOS 4 X 2.7 metros				
PARÁMETRO	Unidad	Costo	Cantidad	Sub total
a. Mano obra				
Maestro de perforación	H/hr	8.94	8.0	71.52
Ayudante de perforación	H/hr	8.36	8.0	66.88
Sub total Mano de Obra				138.4
b. Implementos				
Implementos perforista	H/hr	0.44	16.00	7.04

Implementos otros	H/hr	0.40	0.00	0.00
Sub total Implementos				7.04
c. Materiales y herramientas				
Costo de perforadora	pp	0.35	220	77.00
Costo de aceros e insumos	pp	3.68	220	809.60
Herramientas	Guardia	0.37	1	0.37
Sub total Materiales y herramientas				886.97
d. Explosivos				
Dinamita	Kg	5.67	24.84	140.84
Carmex	pieza	3.68	30.00	110.40
Carmex	pieza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	6.00	2.2
Sub total explosivos				256.22 \$
TOTAL, COSTOS DIRECTO				1288.63 \$
TOTAL, COSTO INDIRECTO				390.49 \$
COSTO POR METRO CUBICO				17.51 \$
COSTO POR TONELADA				52.53 \$

El costo para Rampas de 4 x 4mts para sección plena será 218.37 dólares y se presenta en el cuadro siguiente:

Corte en rampas de 4 x 4 metros

Tabla 9

Parámetros Corte en rampas de 4 x 4 metros

PARÁMETROS CORTE EN RAMPAS DE 4 X 4 metros		
PARÁMETROS	VALOR	VALOR
Tipo de roca	Media	
Ancho de las labores	4.0 mts	

Altura de las labores	4.0 mts	
Equipo para limpieza	No	
N° de taladros	46 tal	
Taladros de alivio	3	
N° de cartuchos/ disparo 65% x 7/8" x 7"	487 cart	10.59 cart/tal
Longitud efectiva de perforación (8 pies)	7.33 pies	2.24 m
Rendimiento por disparo (95%) 89%	6.52 pies	1.99 m
Volumen movido m3	31.84 m3	
Factor de potencia	1.24 kg/m3	

Tabla 10

Costos corte en rampas de 4 x 4 metros

COSTOS EN EL CORTE EN RAMPAS DE 4 X 4 metros				
PARÁMETRO	Unidad	Costo	Cantidad	Sub total
a. Mano obra				
Maestro perforación	H/hr	8.94	8.0	71.52
Ayudante de perforación	H/hr	8.36	8.0	66.88
Sub total Mano de Obra				138.4
b. Implementos				
Implementos perforista	H/hr	0.44	16.00	7.04
Implementos otros	H/hr	0.40	0.00	0.00
Sub total Implementos				7.04
e. Materiales y herramientas				
Costo de perforadora	pp	0.35	235	82.25
Costo de aceros e insumos	pp	3.68	230	846.40
Herramientas	Guardia	0.37	1	0.37
Sub total Materiales y herramientas				929.02

f. Explosivos				
Dinamita	Kg	5.67	38.21	216.65
Carmex	pieza	3.68	46.00	169.28
Carmex	pieza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	35.00	12.95
Sub total explosivos				401.64 \$
TOTAL, COSTOS DIRECTO				1434.05 \$
TOTAL, COSTO INDIRECTO				434.56 \$
COSTO POR METRO AVANCE				218.37 \$

4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1 Malla de perforación planteada

Una de las condiciones fundamentales para la perforación y voladura en toda labor minera es el dimensionamiento de las mallas de perforación, la cual debe ser adecuadamente establecida, de acuerdo al tipo de terreno que se tiene, a fin de reducir costos de perforación, voladura y de sostenimiento, además de crear las condiciones que permitan realizar un trabajo sin riesgos a la integridad de los trabajadores y perjuicios a las instalaciones y el equipamiento.

Una malla para perforación con un corte diferente podría superar la eficiencia de la voladura, eso significa reducción de costos de producción importante, debido a que en las operaciones una parte importante de los costos es el de perforación y voladura, por lo que para mejorar la seguridad y sus condiciones en la mina, se ha visto por conveniente la reducción de la sección tanto en las rampas y accesos como en las cámaras de producción con el objetivo de alcanzar optimización de los procedimientos de voladura anteriormente aplicados en mina, para llegar a patrones de mayor eficiencia, los que se implementaran en todos los sectores de la unidad.

Siendo la Nueva sección para las Rampas de 3.5 x 3.5 metros cuadrados, así como 3 x 3 metros cuadrados, además se establece como nueva sección de 3 x 3 metros, para las labores de voladura en las cámaras, como también se reduce la sección de los pilares a 3 x 3 metros, el cual brinda mejores condiciones de estabilidad del techo de la labor (seguridad para las instalaciones, equipos y personal), por el espaciamiento entre ellos, así como una mejor performance en la voladura.

Reducción de costos integrales de la operación que comprende: voladura, sostenimiento, paleo y acarreo, en base a un mejor seleccionamiento y aplicabilidad del material explosivo en relación a la calificación de la tipología rocosa. Apoyada por la eficiencia en los procedimientos de diseño, perforación, carguío, taqueo y amarre del sistema de iniciación, dependientes fundamentalmente de la habilidad y responsabilidad del personal involucrado en todas las fases de trabajo.

En el caso particular de Mina Morococha, el trabajo de estandarización efectuado por cerca de un año por personal de Mina y de EXSA, consistió en series de pruebas con disparos asistidos, variando parámetros de perforación y carga hasta llegar a los valores recomendados para cada frente, los que se incluyen en un reporte conjunto, del cual presentaremos algunos aspectos.

Al principio se hicieron pruebas con asesoramiento de EXSA empleando 8 pies de longitud de taladro principalmente en material muy fracturado que era el mayor problema, pero de algunas correcciones se pudo establecer la cantidad de taladros en breasting

Estándares para malla de perforación de tejeos en Breasting, sección de acuerdo a la potencia del manto de mineral

MF/R: Muy Fracturado

RMR: 50 A 60

B x E 0.60 x 0.60 m.

Figura 13

Estándares para malla de perforación de tejos en Breasting, para terrenos muy fracturados

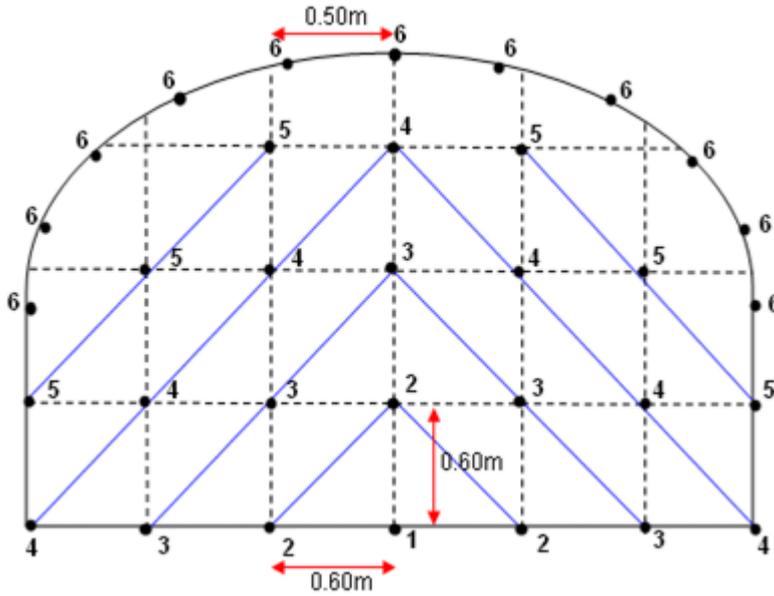


Figura 14

Carguío de taladros, para malla de perforación de tejos en Breasting, para terrenos muy fracturados



Estándares para malla de perforación de tejos en Breasting, sección de acuerdo a la potencia del manto de mineral

IF/R: Intensamente Fracturado

RMR: 40 A 50

B x E 0.60 x 0.70 m

Figura 15

Estándares para malla de perforación de tejos en Breasting, para terrenos intensamente fracturados

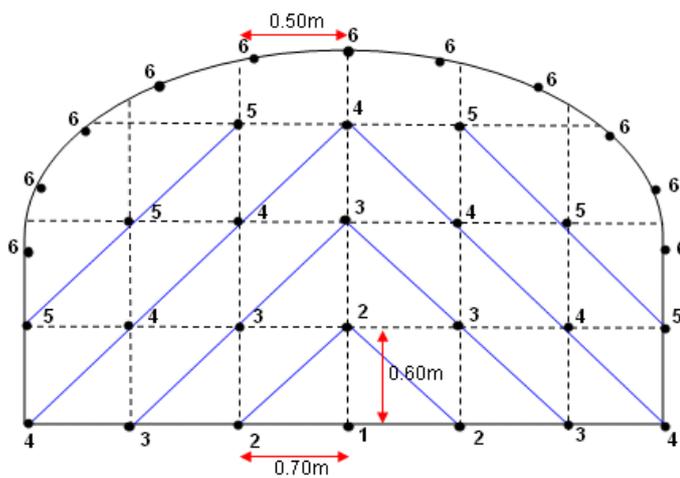


Figura 16

Carguío de taladros para malla de perforación de tejos en Breasting, para terrenos intensamente fracturados



4.2.2 Eficiencia de voladura en las pruebas realizadas

Los explosivos usados son: Semexsa de 65% 1 ½" x 12"

Accesorios de voladura: Fanel, Pentacord, Mecha rápida, Carmex, Fulminante.

Eficiencia de voladura en la Rampa 036 de 3.5 m x 3.5 m de sección

Al plantear la malla de perforación, se logró en la voladura una eficiencia de 83.3% y al realizar reajustes se logró un máximo de 93.3%, siendo el promedio de 88.3% en frentes de una sección de 3.5 x 3.5 m, para una gradiente descendente de 15%.

Tabla 11

Resultados para frentes de sección 3 m x 3 m

RESULTADOS PARA FRENTES DE SECCIÓN 3.5 m x 3.5 m			
PARÁMETRO	LABOR	LABOR	LABOR
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	Tajo 985	Tajo 985	Tajo 985
Tipo de labor	Rp 036	Rp 036	Rp 036
Gradiente	15 % (+)	15 % (+)	15 % (+)
Sección	3.5 x 3.5	3.5 x 3.5	3.5 x 3.5
P. E. Mineral	3	3	3
P.E. Desmonte	2.6	2.6	2.6
Perf. Brest/Frente	Frente	Frente	Frente
Tipo de material	Desmonte	Desmonte	Desmonte
Tipo de malla de Perf.	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado
Tipo de Arranque	Cacho Toro	Cacho Toro	Cacho Toro
Perforación			
N° Tal. Producción	34	33	34
N° Tal Alivio	3	3	3
Diámetro Tal. de Producción (mm)	51	51	51
Diámetro Tal. de Alivio (mm)	100	100	100
Long. Perf. (pies)	10	10	10
Long. Perf. (m)	3	3	3

Avance (m)	2.8	2.65	2.5
Eficiencia/disparo	93.3	88.3	83.3
Tiempo Perf. (hr)	1.45	1.34	2.00
Tiempo Perf. (tal)	3'50"	3'35"	4'05"
Tonelaje			
m3/disparo	34.3	32.5	30.6
Ton/disparo	89.2	84.4	79.6
N° cart./tal	8.0	8.0	8.0
Voladura			
Tipo de Explosivo	Semexa 65	Semexa 65	Semexa 65
% de Explosivo	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
Cartuchos/taladro	8	8	8
Accesorios de Voladura			
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	10	10	10
Mecha Rapida (m)	0.3	0.3	0.3
Camex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Eficiencia de voladura en la Rampa 025 de 3.0 m x 3.0 m de sección

En Rampa para una sección de 3.0 x 3.0 m, con una perforación de 37 taladros, en desmonte, en un inicio se logró una eficiencia de 90.0 y luego de ciertos reajustes se llega a 93.3%, siendo el promedio de 91.6%.

Tabla 12

Resultados para frentes de sección 3 m x 3 m

RESULTADOS PARA FRENTES DE SECCIÓN 3 m x 3 m			
PARÁMETRO	LABOR	LABOR	LABOR
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	Tajo 985	Tajo 985	Tajo 985
Tipo de labor	Rp 025	Rp 025	Rp 025

Gradiente	16 % (+)	16 % (+)	16 % (+)
Sección	3.0 x 3.0	3.0 x 3.0	3.0 x 3.0
P. E. Mineral	3	3	3
P.E. Desmonte	2.7	2.7	2.7
Perf. Brest/Frente	Frente	Frente	Frente
Tipo de material	Desmonte	Desmonte	Desmonte
Tipo de malla de Perf.	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado
Tipo de Arranque	Cacho Toro	Cacho Toro	Cacho Toro
Perforación			
N° Tal. Producción	32	34	32
N° Tal Alivio	3	3	3
Diámetro Tal. de Producción (mm)	51	51	51
Diámetro Tal. de Alivio (mm)	100	100	100
Long. Perf. (pies)	10	10	10
Long. Perf. (m)	3	3	3
Avance (m)	2.8	2.5	2.7
Eficiencia/disparo	93.3	91.6	90.0
Tiempo Perf. (hr)	1.55	2.00	1.50
Tiempo Perf. (tal)	3'55"	4'10"	3'48"
Tonelaje			
m3/disparo	25.2	22.5	24.3
Ton/disparo	68.0	60.8	65.6
Voladura			
Tipo de Explosivo	Semexa 65	Semexa 65	Semexa 65
% de Explosivo	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
Cartuchos/taladro	8	8	8
Accesorios de Voladura			
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	10	10	10
Mecha Rapida (m)	0.3	0.3	0.3
Camex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Eficiencia de voladura en la Rampa 046 de 3.5 m x 3.5 m de sección

Posteriormente en rampas de 3.5 x 3.5 se logró el incremento de la performance de la voladura alcanzando una eficiencia que se inició en 90.0% llegándose hasta un máximo de 96.7%, siendo el promedio de 93.4%, mejorando sustancialmente la voladura.

Tabla 13

Resultados En Rampa para una sección de 3.5 x 3.5 m

RESULTADOS PARA FRENTES DE SECCIÓN 3 m x 3 m			
PARÁMETRO	LABOR	LABOR	LABOR
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	Tajo 985	Tajo 985	Tajo 985
Tipo de labor	Acc. 046	Acc. 046	Acc. 046
Gradiente	15 % (+)	15 % (+)	15 % (+)
Sección	3.5 x 3.5	3.5 x 3.5	3.5 x 3.5
P. E. Mineral	3	3	3
P.E. Desmonte	2.6	2.6	2.6
Perf. Brest/Frente	Frente	Frente	Frente
Tipo de material	Desmonte	Desmonte	Desmonte
Tipo de malla de Perf.	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado
Tipo de Arranque	Cacho Toro	Cacho Toro	Cacho Toro
Perforación			
N° Tal. Producción	33	33	32
N° Tal Alivio	3	3	3
Diámetro Tal. de Producción (mm)	51	51	51
Diámetro Tal. de Alivio (mm)	100	100	100
Long. Perf. (pies)	10	10	10
Long. Perf. (m)	3	3	3

Avance (m)	2.9	2.7	2.8
Eficiencia/disparo	96.7	90.0	93.3
Tiempo Perf. (hr)	2.00	2.40	2.50
Tiempo Perf. (tal)	4'05"	3'55"	4'00"
Tonelaje			
m3/disparo	35.5	33.1	34.3
Ton/disparo	92.4	86.0	89.2
N° cart./tal	8.0	8.0	8.0
Voladura			
Tipo de Explosivo	Semexa 65	Semexa 65	Semexa 65
% de Explosivo	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
Cartuchos/taladro	8	8	8
Accesorios de Voladura			
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	10	10	10
Mecha Rapida (m)	0.3	0.3	0.3
Camex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Eficiencia de voladura en Cámaras 070, de 3. m x 3. m de sección

En Cámaras al inicio de las pruebas se logró una performance muy baja que luego ha ido subiendo a medida que se reajustaba la malla para perforaciones; la labor en brestring: se inició con eficiencia de 75.0% y llegó a 86.7%, alcanzando una eficiencia promediada por disparo de 80.9%.

Tabla 14*Resultados En la Cámara 070, para una sección de 3 x 3 m*

RESULTADOS PARA FRENTE DE SECCIÓN 3 m x 3 m			
PARÁMETRO	LABOR	LABOR	LABOR
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	Tajo 985	Tajo 985	Tajo 985
Tipo de labor	Cámara 070	Cámara 070	Cámara 070
Seccion	3.0 x 3.0	3.0 x 3.0	3.0 x 3.0
P. E. Mineral	3	3	3
P.E. Desmonte	2.6	2.6	2.6
Perf. Brest/Frente	Breasting	Breasting	Breasting
Tipo de material	Mineral	Mineral	Mineral
Tipo de malla de Perf.	Rectangular	Rectangular	Rectangular
Tipo de Arranque			
Perforación			
N° Tal. Produccion	39	38	39
N° Tal Alivio	0	0	0
Diámetro Tal. de Producción (mm)	51	51	51
Diámetro Tal. de Alivio (mm)	0	0	0
Long. Perf. (pies)	12	12	12
Long. Perf. (m)	3.6	3.6	3.6
Avance (m)	3.12	3	2.7
Eficiencia/disparo	86.7	83.3	75.0
Tiempo Perf. (hr)	2.50	3.00	3.10
Tiempo Perf. (tal)	3'50"	4'00"	3'55"
Tonelaje			
m3/disparo	28.1	27.0	24.3
Ton/disparo	84.2	81.0	72.9
N° cart./tal	8.0	8.0	8.0
Voladura			
Tipo de Explosivo	Semexa 65	Semexa 65	Semexa 65

% de Explosivo	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
Cartuchos/taladro	8	8	8
Accesorios de Voladura			
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	25	25	25
Mecha Rapida (m)	0.3	0.3	0.3
Camex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Eficiencia de voladura en Cámaras 035, de 3. m x 3. m de sección

Posteriormente se logró una mejora en breasting empezándose con una eficiencia de 86.1% lográndose un máximo de eficiencia de 94.4, alcanzando una eficiencia promediada por disparo de 90.3%.

Tabla 15

Resultados En la Cámara 035, para una sección de 3 x 3 m

RESULTADOS PARA FRENTE DE SECCIÓN 3 m x 3 m			
PARAMETRO	LABOR	LABOR	LABOR
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	Tajo 985	Tajo 985	Tajo 985
Tipo de labor	cámara 035	cámara 035	cámara 035
Seccion	3.0 x 3.0	3.0 x 3.0	3.0 x 3.0
P. E. Mineral	3	3	3
P.E. Desmonte	2.6	2.6	2.6
Perf. Brest/Frente	Breasting	Breasting	Breasting
Tipo de material	Mineral	Mineral	Mineral
Tipo de malla de Perf.	Rectángulo	Rectángulo	Rectángulo
Tipo de Arranque			
Perforación			
N° Tal. Produccion	44	44	39
N° Tal Alivio	0	0	0

Diámetro Tal. de Producción (mm)	51	51	51
Diámetro Tal. de Alivio (mm)	0	0	0
Long. Perf. (pies)	12	12	12
Long. Perf. (m)	3.6	3.6	3.6
Avance (m)	3.3	3.4	3.1
Eficiencia/disparo	91.7	94.4	86.1
Tiempo Perf. (hr)	2.30	3.20	3.35
Tiempo Perf. (tal)	4'15"	3'30"	3'55"
Tonelaje			
m3/disparo	29.7	30.6	27.9
Ton/disparo	89.1	91.8	83.7
N° cart./tal	8.0	8.0	8.0
Voladura			
Tipo de Explosivo	Semexa 65	Semexa 65	Semexa 65
% de Explosivo	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
Cartuchos/taladro	8	8	8
Accesorios de Voladura			
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	25	25	25
Mecha Rapida (m)	0.3	0.3	0.3
Camex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Eficiencia de voladura en la Cámaras 050, de 3. m x 3. m de sección

Finalmente, para concluir las pruebas se iniciaron con una eficiencia de 83.3% hasta llegar al 100%, alcanzando una eficiencia promediada por disparo de 91.2%. Habiéndose logrado mejorar el estándar.

Tabla 16*Resultados En la Cámara 050, para una sección de 3 x 3 m*

RESULTADOS PARA FRENTE DE SECCIÓN 3 m x 3 m			
PARÁMETRO	LABOR	LABOR	LABOR
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	Tajo 985	Tajo 985	Tajo 985
Tipo de labor	cámara 50	cámara 50	cámara 50
Seccion	3 x 3	3.0 x 3.0	3.0 x 3.0
P. E. Mineral	3	3	3
P.E. Desmonte	2.6	2.6	2.6
Perf. Brest/Frente	Breasting	Breasting	Breasting
Tipo de material	Mineral	Mineral	Mineral
Tipo de malla de Perf.	Rectángulo	Rectángulo	Rectángulo
Tipo de Arranque			
Perforación			
N° Tal. Produccion	38	40	39
N° Tal Alivio	0	0	0
Diámetro Tal. de Producción (mm)	51	51	51
Diámetro Tal. de Alivio (mm)	0	0	0
Long. Perf. (pies)	10	10	10
Long. Perf. (m)	3	3	3
Avance (m)	3	2.8	2.5
Eficiencia/disparo	100.0	93.3	83.3
Tiempo Perf. (hr)	3.05	2.42	3.07
Tiempo Perf. (tal)	4'10"	3'55"	4'05"
Tonelaje			
m3/disparo	27.0	25.2	22.5
Ton/disparo	81.0	75.6	67.5
N° cart./tal	8.0	8.0	8.0
Voladura			
Tipo de Explosivo	Semexa 65	Semexa 65	Semexa 65
% de Explosivo	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"

Cartuchos/taladro	8	8	8
Accesorios de Voladura			
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	20	20	25
Mecha Rapida (m)	0.3	0.3	0.3
Camex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

4.2.3 Resultados de la voladura

Con la variación de la malla de perforación se pudo reducir los daños a la periferia del túnel lo cual significa una reducción de los costos de sostenimiento, así mismo se estandarizó la malla de perforación tanto en Rampas, iniciándose en una sección de de 3 x 3, para el cual se debe perforar 35 taladros, 32 de ellos de producción y con un diámetro de 51 mm, mientras que los de alivio son de 100 mm, y para rampas de 3.5 x 3.5 metros de sección se debe perforar 36 taladros, de los cuales 33 son taladros de producción y con un diámetro de 51 mm, mientras que los de alivio son 3 taladros de 100 mm. En Breasting se debe perforar 40 taladros de 51 mm, para una malla rectangular.

4.2.4 Fragmentación del material volado

Con la nueva malla de perforación se pudo mejorar las condiciones de estabilidad de las rampas, con considerables ahorros de material de sostenimiento, la granulometría del material estéril resulto ser el adecuado, mientras en las voladuras en las cámaras, en el que el material es mineral, se pudo controlar mejor los hastiales y techo de las labores, además se obtuvo una fragmentación uniforme, eliminándose la producción de pedrones, por lo cual la manipulación del mineral se redujo, adquiriéndose una mayor velocidad de carga y acarreo de mineral en el tajo lo cual aumenta la velocidad de acarreo, fuera de la labor de explotación

4.2.5 Control de la periferia

El control de periferia mediante el carguío con el empleo de cañas para el espaciamiento del explosivo logrando realizar voladura controlada en el techo y paredes a la vez que redujo los daños, redujo los costos de sostenimiento, aumentando ostensiblemente la seguridad de las operaciones, de esta manera hemos podido ahorrar los gastos en sostenimiento, siendo ahora el imprescindible.

4.2.6 Condiciones del Sostenimiento

El sostenimiento se reduce debido principalmente al espacio libre que deja la voladura, al haberse reducido de 4 m de ancho a 3 mts, se logró un mejor autoaporte del techo, de la misma forma por haber reducido la sección de 4 x 4 m usado anteriormente, a 3.5 x 3.5 m, la estabilidad del terreno permite ahora un mejor autoaporte de la labor, reduciendo así las mallas de sostenimiento mediante pernos split set que se espacian mucho mas y de acuerdo a los requerimientos de las pruebas geomecánicas que en general son positivas en la reducción de puntos de sostenimiento.

4.2.7 Voladura proyectada en producción

La voladura proyectada para mejorar la producción y la performance de la voladura, se sustenta en el cambio de la malla de perforación que permite modificar el diseño actual por otro que permita mayor seguridad en las operaciones, reduciendo las condiciones inseguras que proporciona la caída de rocas, además permitiendo lograr una granulometría que reduzca el trabajo de banqueo, por pedrones.

4.2.8 Costos proyectados

Los costos de perforación y voladura para las mallas planteadas proporcionan los siguientes resultados

CORTE BREASTING EN TAJOS 3 X 3

Tabla 17*Parámetros para costos en corte breasting en tajos 3 x 3 metros*

PARÁMETROS CORTE BREASTING EN TAJOS 3 X 3 metros		
PARÁMETROS	VALOR	VALOR
Tipo de roca	Media	
Ancho de las labores	3.0 mts	
Altura de las labores	3.0 mts	
Equipo de limpieza	No	
N° de taladros	39 taladros	
Taladros de alivio	0	
N° de cartuchos/ disparo 65% x 7/8" x 7"	428 cart	11 cart/tal
Longitud efectiva de perforación (12 pies)	12 pies	3.66 m
Rendimiento por disparo (95%) 95%	11.40 pies	3.47 m
Volumen movido m3	31.23 m3	
Factor de potencia	1.11 kg/m3	

Tabla 18

Costos para el corte breasting en tajos 3 x 3 metros

COSTOS EN EL CORTE BREASTING EN TAJOS 3 X 3 metros				
PARÁMETRO	Unidad	Costo	Cantidad	Sub total
a. Mano obra				
Maestro de perforación	H/hr	8.94	8.0	71.52
Ayudante de perforacion	H/hr	8.36	8.0	66.88
Sub total Mano de Obra				138.4
b. Implementos				
Implementos perforista	H/hr	0.44	16.00	7.04
Implementos otros	H/hr	0.40	0.00	0.00
Sub total Implementos				7.04
g. Materiales y herramientas				
Costo de perforadora	pp	0.35	220	77.00
Costo de aceros e insumos	pp	3.68	220	809.60
Herramientas	Guardia	0.37	1	0.37
Sub total Materiales y herramientas				886.97
h. Explosivos				
Dinamita	Kg	5.67	34.67	196.58
Carmex	pieza	3.68	39.00	143.52
Carmex	pieza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	30.00	11.10
Sub total explosivos				353.96 \$
TOTAL, COSTOS DIRECTO				1386.37 \$
TOTAL, COSTO INDIRECTO				420.11 \$
COSTO POR METRO CUBICO				13.45 \$
COSTO POR TONELADA				40.36 \$

En producción se logra un costo en perforación y voladura de:

Costo por m³ se tiene 13,45 \$

Costo por Tonelada se tiene 40,36 \$

CORTE EN RAMPAS DE 3 X 3 m

Tabla 19

Parámetros corte en rampas de 3 x 3 metros

PARÁMETROS CORTE EN RAMPAS DE 3 x 3 metros		
PARÁMETROS	VALOR	VALOR
Tipo de roca	Media	
Ancho de las labores	3.0 mts	
Altura de las labores	3.0 mts	
Equipo de limpieza	No	
N° de taladros	32 taladros	
Taladros de alivio	3	
N° de cartuchos/ disparo 65% x 7/8" x 7"	357 cart	11.16 cart/tal
Longitud efectiva de perforación (10 pies)	10. pies	3.04 m
Rendimiento por disparo (95%) 95%	9.50 pies	2.9 m
Volumen movido m3	26.06 m3	
Factor de potencia	1.11 kg/m3	

Tabla 20

Costo en corte en rampas de 3 x 3 metros

COSTOS EN CORTE RAMPAS 3 X 3 metros				
PARÁMETRO	Unidad	Costo	Cantidad	Sub total
Mano obra				
Maestro de perforaciones	H/hr	8.94	8.0	71.52
Ayudante de perforaciones	H/hr	8.36	8.0	66.88
Sub total Mano de Obra				138.4
Implementos				
Implementos perforista	H/hr	0.44	16.00	7.04
Implementos otros	H/hr	0.40	0.00	0.00
Sub total Implementos				7.04
Materiales y herramientas				
Costo de perforadora	pp	0.35	220	77.00
Costo de aceros e insumos	pp	3.68	220	809.60
Herramientas	Guardia	0.37	1	0.37
Sub total Materiales y herramientas				886.97
Explosivos				
Dinamita	Kg	5.67	28.92	163.98
Carmex	pieza	3.68	32.00	117.76
Carmex	pieza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	30.00	11.10
Sub total explosivos				295.60 \$
TOTAL, COSTOS DIRECTO				1328.01 \$
TOTAL, COSTO INDIRECTO				402.43 \$
COSTO POR METRO CUBICO				138.77 \$

CORTE EN RAMPAS DE 3.5 x 3.5 metros

Tabla 21

Parámetros de corte en Rampas de 3.5 x 3.5 m

PARÁMETROS CORTE EN RAMPAS DE 3.5 x 3.5 metros		
PARÁMETROS	VALOR	VALOR
Tipo de roca	Media	
Ancho de la labor	3.5 m	
Altura de la labor	3.5 m	
Equipo de limpieza	No	
N° de taladros	34 taladros	
Taladros de alivio	3	
N° de cartuchos/ disparo 65% x 7/8" x 7"	429 cartuchos	11 cart/tal
Longitud efectiva de perforación (10 pies)	10. pies	3.04 m
Rendimiento por disparo (95%) 95%	9.50 pies	2.9 m
Volumen movido m3	35.52 m3	
Factor de potencia	1.11 kg/m3	

Tabla 22

Costos en corte Rampas 3.5 x 3.5 metros

COSTOS EN EL CORTE BREASTING EN TAJOS 3 X 3 metros				
PARÁMETRO	Unidad	Costo	Cantidad	Sub total
a. Mano obra				
Maestro de perforaciones	H/hr	8.94	8.0	71.52
Ayudante de perforaciones	H/hr	8.36	8.0	66.88
Sub total Mano de Obra				138.4
b. Implementos				
Implementos perforista	H/hr	0.44	16.00	7.04
Implementos otros	H/hr	0.40	0.00	0.00
Sub total Implementos				7.04
i. Materiales y herramientas				
Costo de perforadora	pp	0.35	220	77.00
Costo de aceros e insumos	pp	3.68	220	809.60
Herramientas	Guardia	0.37	1	0.37
Sub total Materiales y herramientas				886.97
j. Explosivos				
Dinamita	Kg	5.67	39.43	223.57
Carmex	pieza	3.68	34.00	125.12
Carmex	pieza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	32.00	11.84
Sub total explosivos				363.29 \$
TOTAL, COSTOS DIRECTO				1395.70 \$
TOTAL, COSTO INDIRECTO				422.94\$
COSTO POR METRO CUBICO				13.45 \$
COSTO POR TONELADA				145.84 \$

En los cuadros anteriores se muestra que para la construcción de Rampas se puede apreciar dos tipos de secciones donde se logra el costo de:

Costo por metro de avance para Rampa de 3 x 3 metros de sección se tiene:
138.77 \$.

Costo por metro de avance para Rampa de 3.5 x 3.5 metros de sección se tiene: 145.84 \$.

4.3 Prueba de hipótesis

4.3.1 Eficiencias alcanzadas

Las eficiencias alcanzadas durante la aplicación de las mallas de perforación son las siguientes, en los cuadros que se presentan se puede apreciar esta mejora de las eficiencias las que se presentan luego de algunos cuadros de perforación y voladura donde se recogen los resultados obtenidos

Tabla 23

Eficiencia de voladura

EFICIENCIA		
LABOR	SECCIÓN (m2)	EFICIENCIA (%)
RAMPA	3.5 x 3.5	96.7
RAMPA	3 x 3	93.4
BREASTING	3 x 3	96.7

4.3.2 Mallas establecidas, para las condiciones rocosas

Se ha logrado establecer hasta 4 tipos de mallas de perforación con diferentes cantidades de taladros; en Rampas se estableció 32 taladros de producción para 3 taladros de alivio cuando la sección es de 3 x 3 m; mientras que para la sección de 3.5 x 3.5 m se ha establecido 34 taladros de producción

de 51 mm con 3 taladros de alivio de 100 mm. En breasting, se ha determinado 39 taladros de producción, para material de mediana dureza y para material duro se ha determinado 44 taladros. Siendo para ambos casos la sección de 3 x 3 m.

Tabla 24

Malla de perforación

MALLA DE PERFORACIÓN		
LABOR	SECCIÓN (m2)	N° de TALADROS
RAMPA	3.5 x 3.5	34 + 3
RAMPA	3 x 3	32 + 3
BREASTING	3 x 3	39
BREASTING	3 x 3	44

4.3.3 Cantidad de explosivos.

El consumo de explosivos es el siguiente: En rampa de 3 x 3 se consume 28,92 Kg, para un factor de potencia de 1.11 Kg/m³, mientras que en rampa de 3.5 x 3.5 se consume 39,43 Kg, para un factor de potencia de 1.11 Kg/m³. En Breasting para una sección de 3 x 3 se consume 28,92 Kgr, para un factor de potencia de 1.11 Kg/m³, mientras que para mineral de mayor dureza se consume 34,67 Kg de explosivo, para un factor de potencia de 1.11 Kg/m³.

Tabla 25*Consumo de explosivos*

CONSUMO DE EXPLOSIVOS			
TIPO DE LABOR	SECCIÓN	CANTIDAD DE	FACTOR DE
	(m2)	CARGA (kgs)	POTENCIA (kg/m3)
RAMPA	3 x 3	28.92	1.11
RAMPA	3.5 x 3.5	39.43	1.11
BREASTING	3 x 3	34.67	1.11
RAMPA	4 x 4	38.21	1.20

4.4 Discusión de resultados

Los costos actuales y anteriores se presentan en los siguientes cuadros, donde se realizan el cálculo de los costos que representa la voladura tanto en Rampas de diferentes secciones, donde la sección anterior era de 4 x 4 metros el cual ha sido reducido a 3.5 x 3.5 y a 3 x 3 metros de sección respectivamente, por lo cual se reduce los costos considerablemente principalmente por el volumen de material a mover, así como posibilita mejoras sustanciales en la seguridad de las labores eliminando en gran parte los riesgos para el personal que labora y transita por ellos.

En el Caso de las labores de Producción, se aprecia que el costo para perforaciones y voladuras en Breasting, también para dos secciones 4 x 2.7 metros que corresponde a las cámaras 4 x 4 y para las cámaras modificadas a 3 x 3 metros de sección, el cual también produce una considerable mejora del sistema de seguridad en las labores, por posibilitar un mejor autosostenimiento, debido a la reducción de abertura, ya que anteriormente era de 4 metros y con las mejoras propuestas la sección posee un ancho de 3 metros.

Tanto en el capítulo tercero como en el capítulo quinto, se calculan los costos para las perforaciones y voladuras concernientes a la presente investigación trabajo, a fin de realizar la comparación de los mismos y así determinar las diferencias existentes por lo cual; Como se observa en los cuadros anteriores para la construcción de Rampas se puede apreciar lo siguiente:

Costo por metro de Avance en Rampas:

De 4 x 4 metros de sección es el siguiente: 218.37 \$.

De 3.5 x 3.5 metros de sección se tiene: 145.84 \$.

De 3 x 3 metros de sección se tiene: 138.77 \$.

Entonces el ahorro en cambiar la rampa de 4 x 4 m a 3.5 x 3.5 m, será de: 72.53 \$ por metro de construcción.

El ahorro en cambiar la Rampa de 4 x 4 m, a 3 x 3 m, será de: 79.60 \$ por metro de construcción.

Para un metraje de 160 se tiene: $160 \times 79.60 = 12\,736$ dólares

Siendo los montos muy considerables no solo en materia de perforación y voladura sino en sostenimiento ya que al reducir la abertura se brinda menos posibilidades a la caída de rocas.

Para la producción en tajeos también se plantea la reducción de la sección de 4 x 4 metros a 3 x 3 metros que posibilita un trabajo más seguro y sin riesgos para el personal y los equipos y si comparamos costos directos en perforación y voladura del cual nos estamos ocupando se tiene que para el Breasting (producción en tajos) se logra un ahorro en perforación y voladura de:

Costo Anterior:

Costo por m³ se tiene 17.51 \$

Costo por Tonelada se tiene 52,53 \$

Costo Planteado:

Costo por m³ se tiene 13,45 \$

Costo por Tonelada se tiene 40,36 \$

Reducción de costos de perforación y Voladura: 12.17 \$/Tn

Producción Mensual del manto = 18000 Tn

Ahorro total mensual: $18000 \times 12.17 = 219,060$ \$/mes

Ahorro Anual: $219,060 \times 12 = 2\`628,420$

Ahorro Anual total: $2\`628,420 + 152832 = 2\`781,252$ \$/año.

CONCLUSIONES

1. Establecer un estándar para mallas de perforaciones para labores de voladuras en el Manto Italia, en realidad permite el mejoramiento de la performance de la voladura con el consiguiente ahorro correspondiente.
2. En Rampas al Reducir la sección de 4 x 4 metros a 3.5 x 3.5 metros nos da un ahorro por metro de avance de 72.53 dólares, mientras que si se reduce a 3 x 3 metros nos produce un ahorro de 79.60 dólares por metro de avance. Además, nos brinda seguridad en las operaciones, así como reduce los gastos en sostenimiento.
3. En Breasting (producción de mineral) se consigue reducir los costos por tonelada de 12.17 \$ por tonelada que constituye un 23,16% de ahorro.
4. Ahorro total por año: 231, 769 \$/año.

RECOMENDACIONES

1. En toda operación minera debemos buscar optimizarla para mejorar la productividad.
2. Siempre que las operaciones lo permitan se debe mejorar las condiciones de seguridad unida a la reducción de costos de producción.
3. Los ahorros generados pueden servir para tecnificar las operaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCALDE, J. (2019). *Emulsión gasificada en reemplazo de heavy anfo para reducir el P80 en la fragmentación e incrementar la productividad en carguío, acarreo y chancado en mina Shougang Hierro Perú*. [tesis de licenciamiento, U.N. de Trujillo] repositorio institucional U.N. de Trujillo.
- Barrientos y Durand, R. (2020). *Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.* [tesis de licenciamiento, U. Continental] repositorio de la U. Continental.
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforacion y voladura de rocas en minería*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Poitecnica de Madrid.
- CALUA, F. (2019). *PROPUESTA DE MINIMIZACIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS PARA UNA MAYOR PRODUCCIÓN EN CARGUÍO Y ACARREO EN CIA. MINERA COIMOLACHE S.A.* [tesis de licenciamiento, U.N. de Cajamarca]repositirio institucional U.N.Cajamarca.
- CASIANO, P. (2018). *REEMPLAZO DE LA EMULSIÓN MATRIZ MEX 60/40 POR LA EMULSION FORTIS ADVANTAGE GASIFICADA 65/35, PARA MITIGAR LA EMISION DE GASES NITROSOS EN LA UNIDAD DE PRODUCCION LAGUNAS NORTE*. [tesis de licenciamiento, U.N. de Trujillo]repositorio institucional U.N. d Trujillo.
- CHAMBI, E. (2018). *EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA Y ECOLÓGICA DE LA APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICABLE EN LUGAR DE HEAVY ANFO TRADICIONAL EN MINA APUMAYO*. [tesis de licenciamiento, U.N. San Agustín de Arequipa] repositorio institucional U.N. San Agustín de Arequipa.
- Chancasananpa, W. (2019). *Diseño de la malla de perforación y voladura para incrementar la productividad de tajeos en la Compañía Minera Great Panther*

- Coricancha S.A.* [tesis de licenciamiento, U.N. del Centro del Peru] repositorio institucional U.N. del Centro del Peru.
- Correa y Iparraguirre, L. (2016). *“REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS MEDIANTE LA ESTANDARIZACIÓN DE MALLA DE PERFORACIÓN - VOLADURA, PARA LABORES HORIZONTALES: SECCIÓN 4.0 m. x 4.0 m., MINA SOCORRO - UCHUCCHACUA.”*. [tesis de licenciamiento U.N de Trujillo] repositorio institucional U.N. de Trujillo.
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia tecnica.
- ESCRIBA, E. (2018). [tesis de licenciatura, U. N. San Agustín de Arequipa]repositorio institucional U.N.San Agustín de Arequipa.
- EXSA. (2017). Explosivos Exadit.
- EXSA. (s.f.). *Manual practico de voladura, 4ta edicion.* exsa.
- FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. (2018). Emulsiones/Hidrigel a granel no sensibilizado SAN-G APU.
- Gomez, W. (2016). *“DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN BASADO EN LA ENERGÍA DE MEZCLAS EXPLOSIVAS, PARA OPTIMIZAR COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN ARUNTANI SAC 2015”*. [tesis de licenciamiento, U.N. de Moquegua]repositorio institucional U.N. de Moquegua.
- GUERRA, R. (2013). *USO DE EMULSIÓN GASIFICABLE PARA REDUCIR COSTOS DE PERFORACIÓN-VOLADURA EN MINERÍA SUPERFICIAL Y SÚBTERRANEA.* [tesis de licenciatura, U.N. de Ingenieria]repositorio institucional U.N. de Ingenieria.
- Guillen, W. (2020). *Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco - Unidad Minera Pachancoto - Minas de Pachancoto S. A. 2019.* [tesis de licenciamiento, U. Continental] repositorio institucional U. Continental.
- Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforacion y voladura de rocas.* Instituto Geologico y Minero de España.

MAMANI, E. (2018). *APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICADA (SAN-G) Y SU FACTIBILIDAD EN EL RENDIMIENTO DE COLUMNA EXPLOSIVA DE LA COMPAÑÍA MINERA "LA ZANJA" CAJAMARCA 2014*. [tesis de licenciamiento, U.N. Jorge Basadre Grohmann - Tacna] repositorio institucional.

Anexo A

Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>Alternativa de mejora de la Malla de Perforación y Voladura, para reducir los costos de producción en La Empresa Minera Volcán – Unidad San Cristóbal</p>	<p>Problema general ¿Qué alternativas de mejora podemos plantear en la malla de perforación y voladura para reducir los costos de producción en la Empresa Minera Volcán – Unidad san Cristóbal?</p> <p>Problemas específicos a. ¿Qué tipo de malla de perforación y voladura se podrá plantear en la ejecución de rampas para reducir los costos de producción, en la Empresa Minera Volcán – Unidad San Cristóbal? b. ¿Qué tipo de malla de perforación y voladura se podrá plantear en los tajeos, para reducir los costos de producción, en la Empresa Minera Volcán – Unidad san Cristóbal?</p>	<p>Objetivo general Plantear mejoras en la malla de perforación y voladura para reducir los costos de producción en la Empresa Minera Volcán – Unidad san Cristóbal</p> <p>Objetivos específicos a. Plantear un diseño de malla de perforación y voladura en la ejecución de rampas para reducir los costos de producción, en la Empresa Minera Volcán – Unidad San Cristóbal b. Plantear un diseño de malla de perforación y voladura en los tajeos, para reducir los costos de producción, en la Empresa Minera Volcán – Unidad san Cristóbal</p>	<p>Hipótesis General Al plantear mejoras en la malla de perforación y voladura podemos reducir los costos de producción en la Empresa Minera Volcán – Unidad san Cristóbal</p> <p>Hipótesis específicas a. Al diseñar la malla de perforación y voladura para la ejecución de rampas podemos reducir los costos de producción, en la Empresa Minera Volcán – Unidad San Cristóbal b. Al diseñar la malla de perforación y voladura en los tajeos, podemos reducir los costos de producción, en la Empresa Minera volcán – Unidad san Cristóbal</p>	<p>Variables para la hipótesis general Variable Independiente Malla de perforación y voladura Variable dependiente Costos de producción</p> <p>Variables para la hipótesis específicas Para la hipótesis específica a. Variable Independiente Malla de perforación y voladura en rampas Variable dependiente Costos de producción</p> <p>Para la hipótesis específica b. Variable Independiente Malla de perforación y voladura en tajeos Variable dependiente Costos de producción</p>

Anexo B

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

RESULTADOS DE LA VOLADURA PARAMETROS			
PARAMETRO	LABOR	LABOR	LABOR
Nivel			
Lugar de perforación			
Tipo de labor			
Seccion			
P. E. Mineral			
P.E. Desmonte			
Perf. Brest/Frente			
Tipo de material			
Tipo de malla de Perf.			
Tipo de Arranque			
Perforación			
N° Tal. Produccion			
N° Tal Alivio			
Diámetro Tal. de Producción (mm)			
Diámetro Tal. de Alivio (mm)			
Long. Perf. (pies)			
Long. Perf. (m)			
Avance (m)			
Eficiencia/disparo			
Tiempo Perf. (hr)			
Tiempo Perf. (tal)			
Tonelaje			
m3/disparo			
Ton/disparo			
N° cart./tal			
Voladura			
Tipo de Explosivo			
% de Explosivo			
Cartuchos/taladro			
Accesorios de Voladura			
Fanel (pies)			
Pentacor (m)			
Mecha Rapida (m)			
Camex (m)			
Fulminante (unidad)			

Parámetros de perforación

PARÁMETROS DE PERFORACION		
PARÁMETROS	VALOR	VALOR
Tipo de roca		
Ancho de la labor		
Altura de la labor		
Equipo de limpieza		
N° de taladros		
Taladros de alivio		
N° de cartuchos/ disparo 65% x 7/8" x 7"		
Longitud efectiva de perforación (10 pies)		
Rendimiento por disparo (95%) 95%		
Volumen movido m3		
Factor de potencia		

Costos de voladura

COSTOS DE LA VOLADURA				
PARÁMETRO	Unidad	Costo	Cantidad	Sub total
a. Mano de obra				
Maestro perforista	H/hr			
Ayudante perforista	H/hr			
Sub total Mano de Obra				
b. Implementos				
Implementos perforista	H/hr			
Implementos otros	H/hr			
Sub total Implementos				
k. Materiales y herramientas				
Costo de perforadora	pp			
Costo de aceros e insumos	pp			
Herramientas	Guardia			
Sub total Materiales y herramientas				
l. Explosivos				
Dinamita	Kg			
Carmex	pieza			
Carmex	pieza			
Mecha rápida	m			
Sub total explosivos				
TOTAL, COSTOS DIRECTO				
TOTAL, COSTO INDIRECTO				
COSTO POR METRO CUBICO				
COSTO POR TONELADA				

Eficiencia

EFICIENCIA		
LABOR	SECCIÓN (m2)	EFICIENCIA (%)
RAMPA		
RAMPA		
BREASTING		

Consumo de explosivos

CONSUMO DE EXPLOSIVOS			
TIPO DE LABOR	SECCIÓN (m2)	CANTIDAD DE CARGA (kgs)	FACTOR DE POTENCIA (kg/m3)
RAMPA			
RAMPA			
BREASTING			
RAMPA			

Malla de perforación

MALLA DE PERFORACIÓN		
LABOR	SECCIÓN (m2)	N° de TALADROS
RAMPA		
RAMPA		
BREASTING		
BREASTING		