

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Cambio de la malla de perforación para optimizar la
perforación y voladura en la Compañía Buenaventura – Unidad
Uchucchacua**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. José Luís USCUCHAGUA BORJA

Asesor:

Mg. Silvestre Fabián Benavides Chagua

Cerro de Pasco - Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**“Cambio de la Malla de Perforación para Optimizar la
Perforación y Voladura en la Compañía Buenaventura – Unidad
Uchucchacua”**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA

PRESIDENTE

Mg. Toribio GARCIA CONTRERAS

MIEMBRO

Mg. Raúl FERNANDEZ MALLQUI
MIEMBRO



INFORME DE ORIGINALIDAD N°138-JUIFIM-2023

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

Presentado por:

Bachiller:

USCUCHAGUA BORJA José Luis

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

CAMBIO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA OPTIMIZAR LA PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA COMPAÑÍA BUENAVENTURA – UNIDAD UCHUCCHACUA”

Asesor:

Mg. Silvestre Fabián Benavides Chagua

Índice de Similitud: 23%

Calificativo

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 22 de setiembre 2023


.....
Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

A mi Madre, por todo el amor y apoyo que me
dio.

AGRADECIMIENTO

A dios, por darme la vida y permitir en desarrollarme personal y profesionalmente.

A la Compañía MINERA BUENAVENTURA – UNIDAD UCHUCCHACUA, por la oportunidad de aprendizaje que me brindaron.

A los Profesionales de la Compañía MINERA BUENAVENTURA – UNIDAD UCHUCCHACUA, por todo el apoyo me brindaron para poder elaborar la Tesis.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que tiene como título: “CAMBIO DE LA MALLA DE PERFORACION PARA OPTIMIZAR LA PERFORACION Y VOLADURA EN LA COMPAÑÍA BUENAVENTURA – UNIDAD UCHUCCHACUA”

Tiene como objetivo principal. Determinar los cambios en las dimensiones de la malla de perforación, que nos permitan reducir los costos de la perforación y voladura, y tener condiciones de seguridad de los trabajadores, de las instalaciones y equipos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua

Como hipótesis principal plantea: Al realizar cambios en las dimensiones de la malla de perforación, se podrá reducir los costos de la perforación y voladura y tener condiciones de seguridad de los trabajadores, de las instalaciones y equipos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua

Respecto a la metodología, la investigación realizada es de tipo aplicada, con un nivel descriptivo, el diseño es no experimental y La muestra corresponde al tajeo 985, rampa 036, 025, acceso 046, cámara 070, 035, 050

Finalizando la investigación, con las conclusiones y recomendaciones respectivas destacando lo siguiente: El cambio de la malla de perforación para su estandarización en la mina Uchucchacua nos permitió el mejoramiento de la voladura en cuanto a eficiencia, a la malla de perforación, cantidad de explosivos, costos y mayor producción. Se logró reducir la sección en las labores de frentes como rampas, accesos de 4 m x 4 m a 3.5 m x 3.5 m y a 3.0 m x 3.0 m y en las labores de producción tipo Breasting se redujo de 4.0 m x 2.7 m a secciones de 3.0 m x 3.0 m.

Se logró alcanzar eficiencias de la voladura en labores como rampas, accesos, eficiencias de, para frentes de 3.5 m x 3.5 m eficiencias de 90.82 %, para frentes de 3.m x 3 m. 88.87 % y para labores de producción 88 %, bastante superiores a las eficiencias antes de la optimización.

Palabras claves: Malla de perforación, Voladura, Perforación, Optimización.

ABSTRACT

This research paper has the title: "CHANGE OF THE DRILLING MESH TO OPTIMIZE DRILLING AND BLASTING IN THE BUENAVENTURA COMPANY - UCHUCCHACUA UNIT"

Its main objective. Determine the changes in the dimensions of the drilling mesh, which allow us to reduce the costs of drilling and blasting, and have safety conditions for workers, facilities and equipment at the Buenaventura Company - Uchucchacua Unit

The main hypothesis is: By making changes in the dimensions of the perforation mesh, it will be possible to reduce the costs of drilling and blasting and have safety conditions for workers, facilities and equipment at the Buenaventura Company – Uchucchacua Unit.

Regarding the methodology, the research carried out is of an applied type, with a descriptive level, the design is non-experimental and the sample corresponds to stope 985, ramp 036, 025, access 046, chamber 070, 035, 050

Concluding the investigation, with the respective conclusions and recommendations, highlighting the following: The change of the drilling mesh for its standardization in the Uchucchacua mine allowed us to improve blasting in terms of efficiency, the drilling mesh, amount of explosives, costs and higher production. It was possible to reduce the section in front work such as ramps, accesses from 4 m x 4 m to 3.5 m x 3.5 m and to 3.0 m x 3.0 m and in Breasting type production work it was reduced from 4.0 m x 2.7 m to sections of 3.0 m x 3.0 m.

It was possible to achieve blasting efficiencies in tasks such as ramps, accesses, efficiencies of 90.82% for fronts of 3.5 m x 3.5 m, for fronts of 3.m x 3 m. 88.87% and for production tasks 88%, well above the efficiencies before optimization.

Keywords: Drilling mesh, Blasting, Drilling, Optimization.

INTRODUCCIÓN

La industria minera es una actividad que requiere gran inversión y a la vez es considerado de alto riesgo; vemos que al invertir en sus diferentes etapas y no tener buenos resultados, así por ejemplo en la etapa de exploración no encontrar buenas leyes del mineral o a medida que se va explotando las leyes pueden disminuir, los costos pueden variar. También se observa que las etapas de mayores costos son la perforación y voladura llegando casi al 30% del costo de producción, por lo que se debe planificar adecuadamente estas etapas

En la mina Uchucchacua planteamos la disminución del costo de perforación y voladura al establecer los estándares de perforación y voladura el cual contribuirá a la reducción de costos y hacer más rentable la operación, con las implicancias que representa esta reducción.

De la misma forma el establecimiento de estándares permitirá la reducción del sostenimiento por un mejor control de la periferia de las labores de explotación, evitando la sobre excavación que se produce, esto se produce por la sobre rotura en las excavaciones mineras, entonces con un mejor control de los resultados de la voladura se estará contribuyendo a la seguridad en las operaciones mineras, que también representa costos.

Para su presentación se decidió que este trabajo abarque cuatro secciones, cada una de ellas corresponde y desarrolla un capítulo específico que a continuación se resumen.

El planteamiento del problema de investigación central, así como sus alcances generales y específicos serán abordados en el primer capítulo 1. Así mismo, se complementará esta parte con la exposición de los objetivos, tanto específicos como generales, y con la intención de agotar todo el formato de una investigación académica se procederá a justificar la realización de este trabajo además de exponer las limitaciones de llevarlo a cabo.

Por su parte el segundo capítulo es el espacio escogido para exponer la teorización sobre la que se apoya esta investigación, con especial énfasis en los trabajos previos en el campo que nos concierne, se expondrán experiencias a nivel local como internacional. Además, se hará un repaso necesario de la terminología principal para abordar esta tesis.

Por otra parte, la técnica y método de investigación empleado serán expuesto en el tercer capítulo. En esta parte se desarrollarán los detalles referidos al diseño mismo de este trabajo como los niveles alcanzados, el tipo de investigación escogida y aspectos referidos a las muestras tomadas y las poblaciones estudiadas, el instrumental usado y la forma como se usaron los datos obtenidos.

En el Capítulo IV encontraremos los Resultados obtenidos sobre el estado actual de las operaciones, luego se trata de la optimización de la perforación y voladura en cuanto a costos, eficiencia, malla establecida, costos. Por último, se indican las conclusiones y recomendaciones. También se encontrarán las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

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	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación.	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio.....	5
2.1.1. Primer antecedente	5
2.1.2. Segundo antecedente.....	6
2.1.3. Tercer antecedente.....	6
2.1.4. Cuarto antecedente	7
2.1.5. Quinto antecedente	7
2.1.6. Sexto antecedente.....	8
2.2. Bases teóricas - científicas.	8
2.2.1. Perforación de rocas.....	8
2.2.2. Voladura de rocas.....	15
2.3. Definición de términos básicos	27
2.4. Formulación de la Hipótesis.....	30
2.4.1. Hipótesis General	30
2.4.2. Hipótesis específicas	31
2.5. Identificación de variables.....	31
2.5.1. Variables para la hipótesis general	31
2.5.2. Variables para la hipótesis específicas	31
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	32

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	33
----------------------------------	----

3.2. Nivel de Investigación.....	34
3.3. Métodos de investigación.....	34
3.4. Diseño de investigación	34
3.5. Población y muestra	34
3.5.1. Población.....	34
3.5.2. Muestra	34
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.6.1. Técnicas	34
3.6.2. Instrumentos.....	34
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	35
3.8. Tratamiento estadístico.....	35
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	35

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	36
4.1.1. Ubicación.....	36
4.1.2. Accesibilidad.....	36
4.1.3. Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2.....	37
4.1.4. Métodos de explotación empleados en la mina	39
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	42
4.2.1. Análisis de la malla de perforación antes de la optimización.....	43
4.2.2. Elementos fundamentales de la voladura de rocas.....	45
4.2.3. Condiciones del terreno después de la voladura.....	50

4.2.4. Análisis de costos	52
4.3. Prueba de Hipótesis.....	55
4.4. Discusión de resultados.....	65

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principios de perforación mecánica de la roca	9
Figura 2 Equipo de perforación manual	10
Figura 3 Equipos de perforación mecanizados	11
Figura 4 Equipos de perforación mecanizados rotatorias.....	12
Figura 5 Fallas de disparo por distinta causa	13
Figura 6 Denominación de los taladros	14
Figura 7 Formación de la cavidad de un frente	18
Figura 8 Ubicación del arranque	18
Figura 9 Corte en cuña y abanico	21
Figura 10 Corte quemado	22
Figura 11 Ejemplos de corte quemado.....	23
Figura 12 Vista de corte quemado	24
Figura 13 Distribución de taladros.....	25
Figura 14 Tipos de taladros usados en túneles.....	26
Figura 15 Ubicación de la mina.....	37
Figura 16 Sección longitudinal Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2.....	38
Figura 17 Vista en planta Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2.....	39
Figura18 Corte y relleno ascendente mecanizado en Breasting.....	40
Figura 19 Sublevel Stoping taladros largos	42
Figura 20 Malla de perforación para perforación Convencional Rampa	44
Figura 21 Malla de perforación para perforación Convencional Breasting.....	44
Figura 22 Malla de perforación en rampas	49

Figura 23 Modalidad de carguío para el diseño	49
Figura 24 Estándar para malla de perforación de tajeos en Breasting 0.60 m x 0.60 m	56
Figura 25 Modalidad de carguío para el diseño	57
Figura 26 Estándar para malla de perforación de tajeos en Breasting 0.60 m x 0.70 m	57
Figura 27 Carguío de taladros de corona y hastiales	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables e indicadores.....	32
Tabla 2 Parámetros principales.....	52
Tabla 3.....	52
Parámetros de rampas.....	52
Nota: Esta tabla muestra los parámetros principales en rampa.....	53
Tabla 4 Costo de corte Breasting en tajeos de 4 m. x 2.7 m.	53
Tabla 5 Costo para Rampas de 4 m. x 4 m.....	54
Tabla 6 Prueba uno: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Rampa 036.....	59
Tabla 7 Prueba dos: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Rampa 025	60
Tabla 8 Prueba tres: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Acceso 046.....	61
Tabla 9 Prueba cuatro: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Tajeo 070	62
Tabla 10 Prueba cinco: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Tajeo 035	63
Tabla 11 Prueba seis: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Tajeo 050	64
Tabla 12 Parámetros Costo de corte Breasting en tajeos de 3 m. x 3 m	66
Tabla 13 Costo de corte Breasting en tajeos de 3 m. x 3 m	67
Tabla 14 Parámetros Costo en Rampas de 3 x 3 m.....	68
Tabla 15 Costo en Rampas de 3.0 m. x 3.0 m.	68
Tabla 16 Parámetros Costo en rampas de 3,5 x 3,5 m	69
Tabla 17 Costo en Rampas de 3.5 m. x 3.5 m	69
Tabla 18 Parámetros de la malla de perforación antes de la optimización	70
Tabla 19 Malla de perforación antes de la optimización en Tajeos Breasting.....	71

Tabla 20 Parámetros de la malla de perforación después de la optimización en frentes	72
Tabla 21 Parámetros de la malla de perforación después de la optimización en Tajeos de producción	73
Tabla 22 Costos de la perforación y voladura antes de optimización	73
Tabla 23 Costos de la perforación y voladura después de optimización	73
Tabla 24 Eficiencia alcanzada.....	74
Tabla 25 Malla establecida	75
Tabla 26 Cantidad de explosivos	75
Tabla 27 Costos obtenidos	75

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema.

Uno de los puntos más importantes para obtener resultados positivos en la aplicación de cualquier método de explotación minera, es una buena performance en **perforación y voladura**, sin el cual no se puede extraer mineral, siendo esta operación unitaria la más importante de toda producción.

La industria minera es una actividad que requiere gran inversión y a la vez es considerado de alto riesgo; vemos que al invertir en sus diferentes etapas y no tener buenos resultados, así por ejemplo en la etapa de exploración no encontrar buenas leyes del mineral o a medida que se va explotando las leyes pueden disminuir, los costos pueden variar. También se observa que las etapas de mayores costos son la perforación y voladura llegando casi al 30% del costo de producción, por lo que se debe planificar adecuadamente estas etapas

En la mina Uchucchacua planteamos la disminución del costo de perforación y voladura al establecer los estándares de perforación y voladura el cual contribuirá a la reducción de costos y hacer más rentable la operación, con las implicancias que representa esta reducción.

De la misma forma el establecimiento de estándares permitirá la reducción del sostenimiento por un mejor control de la periferia de las labores

de explotación, evitando la sobre excavación que produce a su vez condiciones inseguras en las operaciones mineras; por ser la caída de rocas la primera causa de accidentes en nuestro país, y esto se produce por la sobre rotura en las excavaciones mineras, entonces con un mejor control de los resultados de la voladura se estará contribuyendo a la seguridad en las operaciones mineras, que también representa costos.

Para contribuir a la mejora de la perforación y voladura se desarrollará la presente investigación.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Las instalaciones de la mina Uchucchacua fueron la locación escogida para llevar a cabo esta investigación, unidad perteneciente a la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A, situado en el distrito de Oyón, provincia de Oyón, departamento de Lima.

1.2.2. delimitación temporal

El tiempo estimado para su desarrollo es de 6 meses, del mes de enero a julio del 2022.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Es posible realizar cambios en las dimensiones de la malla de perforación, que nos permitan reducir los costos de la perforación y voladura y tener condiciones de seguridad de los trabajadores, de las instalaciones y equipos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua?

1.3.2. Problemas Específicos

Problema específico a.

¿Cuál debe ser las dimensiones de la malla de perforación en las rampas y accesos que permitan optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor

eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua?

Problema específico b.

¿Cuál debe ser las dimensiones de la malla de perforación en los tajeos que permitan optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar los cambios en las dimensiones de la malla de perforación, que nos permitan reducir los costos de la perforación y voladura, y tener condiciones de seguridad de los trabajadores, de las instalaciones y equipos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua

1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo específico a.

Determinar las dimensiones de la malla de perforación en las rampas y accesos que permitan optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua

Objetivo específico b.

Determinar las dimensiones de la malla de perforación en los tajeos que permitan optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua

1.5. Justificación de la investigación.

La realización de la presente investigación justifica, porque nos permitirá determinar los tipos de malla de perforación tanto en rampas como en tajeos que serán estandarizados de acuerdo al tipo de roca o mineral que se va explotando.

La importancia de abordar esta problemática radica en que se considera como crucial disponer de una adecuada estrategia para enmallado, debido a que a partir de este aspecto se puede abordar distintos problemas en las labores de voladura como lo son el aseguramiento de las labores en los concerniente a la estabilidad de la paredes y el techo, consiguiendo de esta manera un mejor encajonado, además de un uso óptimo de los recursos que evite perder mineral por dilución, en términos generales se busca optimizar las labores de voladura mediante una correcta estrategia de enmallado.

Y académicamente, este trabajo resulta relevante debido a que es un aporte en la discusión acerca de la mejor manera de abordar y resolver problemas específicos de las labores de voladura, lo que servirá como antecedente para futuras investigaciones.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Las posibles limitaciones que se podrían tener en el transcurso de la investigación serán superadas con el apoyo del personal de la empresa ya que se cuenta con la autorización de la alta dirección y el respaldo respectivo del personal que labora en dicha unidad.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio.

Se consulto la siguiente bibliografía relacionado al tema:

2.1.1. Primer antecedente

La tesis “Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad en la mina Socorro – U.P. Uchucchacua de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A” presentado por (DEUDOR, 2019) de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de Cerro de Pasco, tiene como objetivo mejorar el método de explotación y obtener una mejor producción en la mina Uchucchacua. Como conclusiones se tiene.

- ✓ Se implemento el método de explotación por taladros largos, mejorando la producción en las mismas condiciones geológicas y geomecánicas en la mina Socorro.
- ✓ Los parámetros mejorados al aplicar el método por taladros largos fueron: toneladas por metro perforado 11.7 tn/mp., factor de potencia 0.24 kg/tn, capacidad de acarreo 83.4 tn/hr, dilución 30%, productividad 40 tn/hombre guardia, costo perforación voladura 0.97 \$/tn, costo de operación 21.72 \$/tn.
- ✓ Como conclusión final se ve que se logra optimizar la producción empleando taladros largos desplazando al método de corte y relleno.

2.1.2. Segundo antecedente

La tesis “Implementación del diseño de perforación y voladura para optimizar los parámetros de avance en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua – 2019” de (VEGA, 2021) sustentado en la “Universidad nacional Daniel Alcides Carrión de Cerro de Pasco”, tiene como objetivo mejorar los parámetros de la voladura y perforación de la galería nivel 3990.

Como conclusiones se tiene:

- ✓ Se logro implementar nuevo diseño de perforación y voladura mejorando los parámetros como factor de avance, longitud de avance, eficiencia etc.
- ✓ Se obtuvo un menor factor de avance reflejándose en un menor consumo de explosivo llegando a 29.83 kg/m.
- ✓ En cuanto a la longitud de avance se incrementó, llegando a un avance promedio de 3.10 m/disparo.
- ✓ La eficiencia de la voladura se logró incrementar a un 4.82 % más que el anterior parámetro es decir se pasó de 89.33% a 94.15%

2.1.3. Tercer antecedente

En la tesis “Diseño de la malla de perforación y voladura para incrementar la productividad de tajeos en la Compañía Minera Great Panther Coricancha S.A.” sustentado por (CHANCASANAMPA, 2019) en la Universidad Nacional del Centro del Perú, su objetivo fue, ver el comportamiento de la productividad al implementar un nuevo diseño de la malla de perforación y voladura en la mina Coricancha.

Como conclusión se tuvo.

- ✓ Se tuvo un aumento de la producción del tajeo pasando de 3.3 tn/hombre guardia a 4.02 tn/hombre guardia, significando un 21% más.
- ✓ La producción mensual aumento de 400 tn/mes a 484.5 tn/mes, cumpliendo con la meta programada para el tajo 068.

- ✓ En cuanto al consumo de materiales también se nota una disminución en cuanto a los aceros de perforación, consumo de explosivos, tiempo de uso del winche tanto para limpieza como para relleno.
- ✓ El nuevo diseño de la malla de perforación tiene como parámetros, burden 0.68 m. espaciamiento 0.50 m. el cuál es el más adecuado en el diseño.

2.1.4. Cuarto antecedente

En la tesis “Planeamiento de perforación y voladura en minería subterránea y minimización de costos en disparos de mina Uchucchacua” Sustentado por (RAMOS, 2013) en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Como objetivo tuvo, emplear el equipo de perforación jumbo para aumentar la producción y bajar los costos mediante una buena planificación de la perforación y voladura.

Como conclusión se tiene:

- ✓ Con la planificación de la perforación y voladura se logro aumentar el número de disparos por mes llegando a 905 disparos/mes lo que es bastante significativo en comparación con las jornadas anteriores.
- ✓ Los costos disminuyeron de 1177 S/ metro a 998.97 S/ metro lineal, en cuanto a la producción aumento a 91,767 tn por mes, y se logró disminuir el número de jumbos trabajando solo con 5 jumbos.
- ✓ En conclusión, la producción aumento en 26 %, incrementando de 68,210 tn a 91,767 tn.

2.1.5. Quinto antecedente

La tesis “Optimización de costos unitarios de perforación y voladura en labores de preparación del NV 1715 en la Unidad Minera Chalhuané – 2021” preparado por (TUNQUIPA, DIAZ, 2021) sustentado en la Universidad Tecnológica del Perú, su objetivo fue, en las labores de preparación del nivel 1715 se debe mejorar los costos de perforación y voladura. Teniendo como conclusiones:

- ✓ Se logro reducir los costó de producción a 121.75 S/ , cuando se mejora el proceso de perforación y voladura.
- ✓ Se aumento la eficiencia de avance en 0.655 m. lineales lo que indica un 49 % de incremento, esto es cuando de emplea la nueva malla de perforación.

2.1.6. Sexto antecedente

La tesis titulada “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” Presentado por (CORREA, IPARRAGUIRRE, 2016) tiene como objetivo estandarizar la malla de perforación en secciones de 4.0 m x 4.0 m. para poder reducir costos operativos.

Como conclusiones se tiene:

- ✓ Se logro implementar una nueva malla de perforación y voladura para las secciones de 4.0m x 4.0 m, con longitudes de 14 pies
- ✓ El costo por metro de avance se redujo a 290,260.8 \$/año, ahorrando 50,666.4 \$/año.
- ✓ Aumento el avance lineal a 3.34 m. aumentando un 10% en comparación con el avance anterior que era de 2.92 m. se tuvo también un factor de carga de 37.04 kg/m.

2.2. Bases teóricas - científicas.

2.2.1. Perforación de rocas

Según Exsa en su catálogo de 2004 Este aspecto es uno de los principales entre toda la organización del conjunto de acciones que implica las labores de voladuras debido a que es el que se despliega en primer lugar.

Su operatividad consiste en horadar un orificio en la superficie de la pared rocosa. El orificio debe ser de contorno cilíndrico y con el tamaño adecuado que pueda albergar la carga explosiva calculada para cada labor, además del dispositivo iniciador.

El proceso de la perforación se realiza en las siguientes secuencias de acciones:

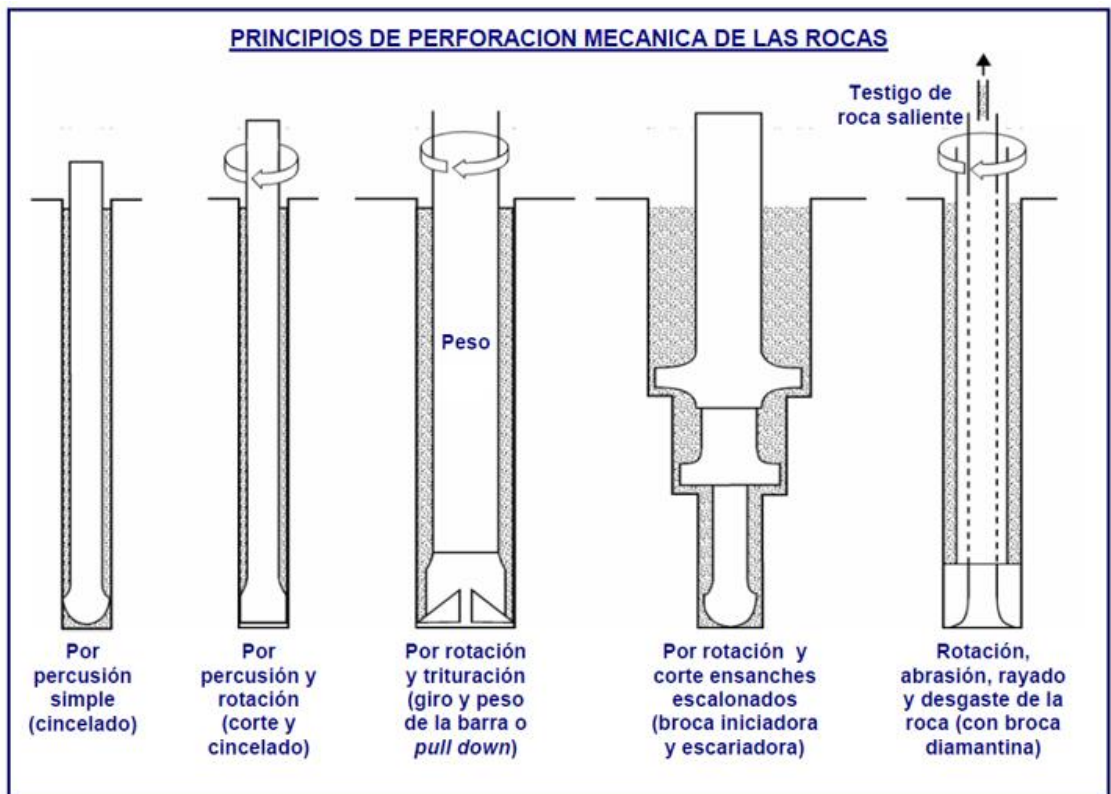
1	Percusión, con efecto de golpe y corte
2	Percusión/rotación, con efecto de golpe, corte y giro
3	Rotación con efecto de corte por fricción y rayado con material muy duro
4	Fusión (jet piercing) mediante un dardo de llama que funde roca y mineral extremadamente duro

A continuación, se puede observar una ilustración gráfica de todo el proceso.

Figura

1

Principios de perforación mecánica de la roca



Nota: Principios de perforación mecánica, Manual práctico de voladura, EXSA

Equipos de perforación

Actualmente se emplean tres tipos de máquinas perforadoras:

1. Manuales

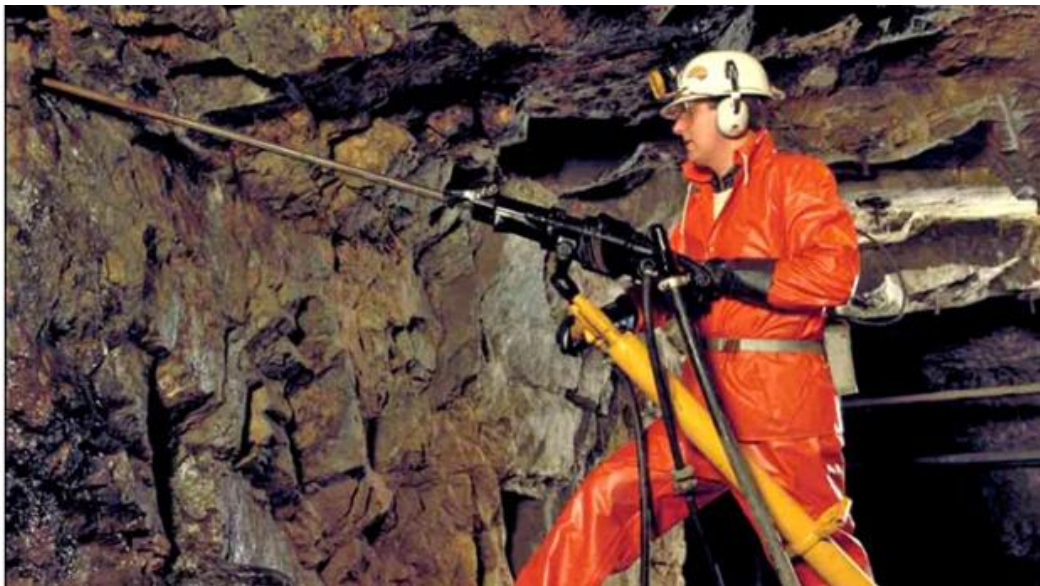
Cuyas principales características mencionamos.

Según Exa en su catálogo de 2004. Este tipo de equipamiento funciona por medio de una compresora de aire, y su trabajo se limita a orificios menores, cuyo diámetro alcanza de los 25 a los 59 milímetros.

Además, estas máquinas de percusión están diseñadas para resolver los denominados pick hammer o labores horizontales que se desarrollan a nivel de piso. Por otro lado, también se pueden usar para abrir stopers, los orificios en vertical que van en el techo. Su mecanismo de perforación puede emplear dos tipos de puntas: una broca bisel fija adherida a una barrena de acero integral o una broca copiada a un barreno estándar.

Figura 2

Equipo de perforación manual



Nota: El gráfico representa la perforación manual. Revista ISEM 19 octubre, 2017.

2. Mecanizadas

Sus características son.

Según Exa en su catálogo de 2004. En este caso se trata de un mecanismo dual que puede funcionar por medio de rotopercusión o simplemente con percusión. Estas perforadoras están adaptadas para ser desplazadas por chasis movilizado por orugas o ruedas convencionales.

Los orificios que permite trabajar alcanzan los 150 milímetros y con una profundidad de 20 metros. Entre los vehículos que generalmente desempeñan estas funciones encontramos a los kimonos neumáticos, el track drill y el wagondrill, es estos casos estas unidades incorporan barrenos con acoples de brocas que se pueden cambiar con facilidad.

Figura 3

Equipos de perforación mecanizados



Nota: El grafico representa la perforación mecanizada. Fuente unidad Uchucchacua

3. Mecanizadas rotatorias

Caracterizado por.

Este equipamiento está pensado para labores de gran tamaño que por sus dimensiones son específicas de minería a tajo abierto.

Por sus dimensiones tienen que ser dispuestas sobre una plataforma que la soporte como puede ser la carga de un camión con la capacidad de tonelaje adecuado o más adecuadamente sobre una oruga con autonomía de movilización.

El mecanismo de esta perforadora funciona por una motorización rotatoria propia e independiente y activa el sistema de perforación que puede ser de presión de barra o Pull Down.

Las Brocas adecuadas para este equipo son las Three cónicas para rotación cuyos diámetros van de las seis a las 15 pulgadas.

Figura 4

Equipos de perforación mecanizados rotatorias



Nota: El grafico muestra la perforación rotatoria. Revista tecnología minera 2023

Condiciones de perforación

Estas condiciones que debemos tener presente al realizar la perforación de los taladros son: diámetro, longitud, rectitud y estabilidad

Fallas de perforación en taladros de pequeño diámetro en subsuelo

En las labores de perforación pueden ocurrir diversas fallas o errores por acción humana o por limitación de la maquinaria.

Según Exa en su catálogo de 2004 Estos errores pueden ser de menor importancia o llegar a ser significativos. Lo serán si su presencia compromete el mecanismo para arrancar el disparo.

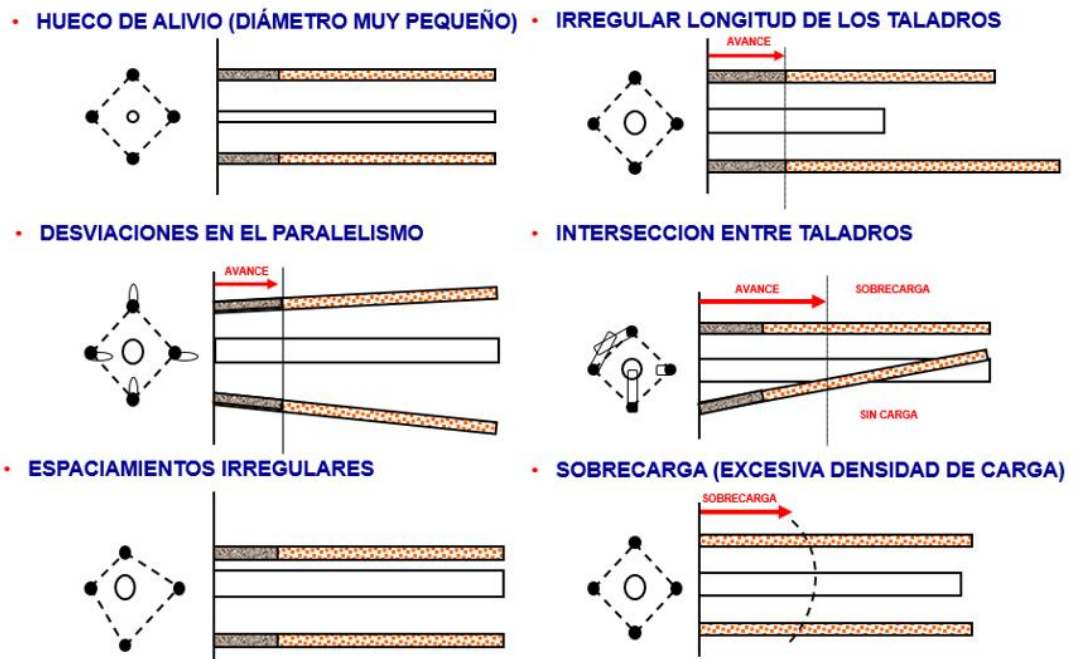
A continuación, se muestran una tabla con las situaciones en los que puede aparecer una falla significativa:

Fallas en taladros de pequeño diámetro	
En arranques	Insuficiente diámetro o número de taladros de Alivio.
Desviaciones en el paralelismo	En este caso el burden no se mantiene uniforme, resulta mayor al tondo lo que afecta al fracturamiento y al avance. Este problema es determinante en los arranques y en la periferia (techos) de túneles y galerías.
Espaciamientos irregulares entre taladros	Propician fragmentación gruesa o soplo del explosivo.
La irregular longitud de taladros	Influye en el avance (especialmente si el de alivio es muy corto) y también determina una nueva cara muy irregular.
Intercepción de taladros	Afecta a la distribución de la carga explosiva en el cuerpo de la roca a romper.

Figura 5

Fallas de disparo por distinta causa

ERRORES EN PERFORACIÓN



Nota: Tomado de (Revista Impulso minero, 19 junio 2022)

Perforación convencional

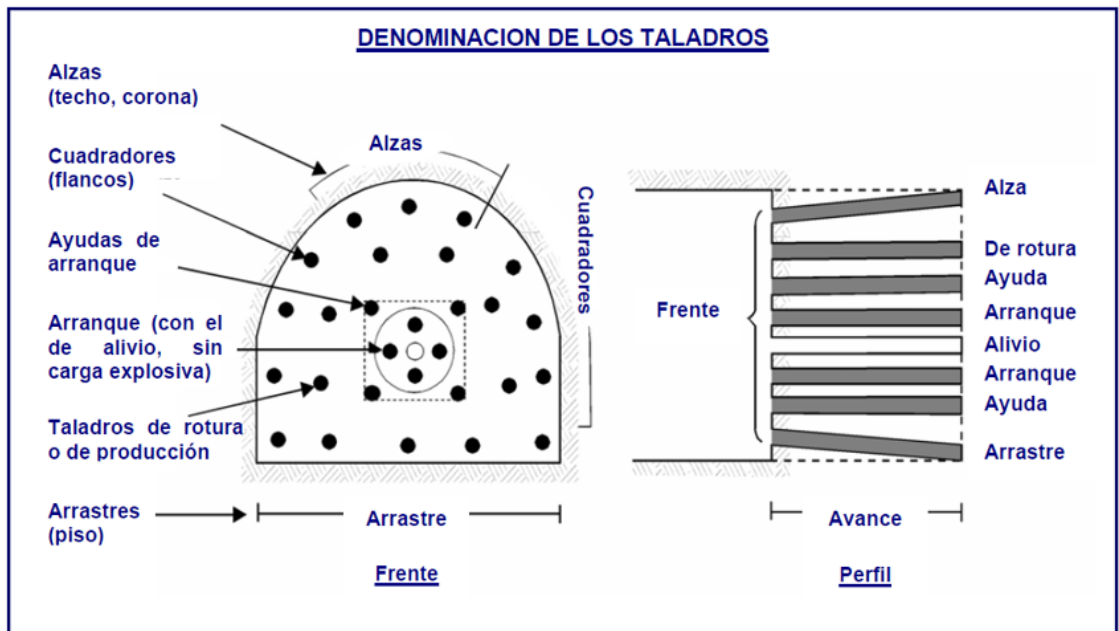
Este método de labor se caracteriza por la disposición de los taladros. Para ejecutarla se los debe disponer en forma paralela o angular con la pared directamente en frente para ser atacada. De esta manera el inicio de la boca del túnel queda configurada como un banco en círculo alrededor del cual los taladros comenzarán a horadar la galería. Para que seguidamente el resto de la configuración de taladros inicien la fractura.

Los taladros de periferia se usan para delimitar el espacio del frontón. Así mismo, la distancia de avance siempre estará limitada por la anchura que abarque la sección misma.

A continuación, se ilustra la disposición y la configuración de los taladros así como de la sección en el arranque del ataque al frontón.

Figura 6

Denominación de los taladros



Nota: Denominación de los taladros, Manual práctico de voladura, EXSA

2.2.2. Voladura de rocas

Las labores de voladuras son procedimientos destinados básicamente a fracturar un material que puede ser el macizo rocoso exponiéndolo a una carga explosiva de alta potencia.

Técnicamente, este proceso consiste en confinar la carga explosiva dentro de los orificios dejados en las rocas por acción de los taladros. Lo que produce esta cavidad en el material rocoso es que se logre una comprensión de la energía liberada por el material explosivo, cuya dinámica de fuga produzca un desplazamiento de la pared y por consiguiente la fragmentación de material.

Parámetros de la roca

Estos parámetros tienen gran influencia en la voladura, debiendo los otros elementos como los explosivos y su forma de aplicación adecuarse a la roca.

A Continuación, se presentan los detalles de estos parámetros.

Parámetros no controlables para voladuras de roca		
Propiedades físicas	Propiedades elásticas o de resistencia dinámica	Condiciones geológicas
a. Dureza b. Tenacidad c. Densidad d. Textura e. Porosidad f. Variabilidad g. Grado de alteración e. Radio de Poisson f. Impedancia	a. Frecuencia sísmica o velocidad de propagación de las ondas sísmicas y de sonido b. Resistencia mecánica c. Fricción interne d. Módulo de Young	a Estructura b. Grado de fisuramiento c. Presencia de agua

Parámetros controlables para voladuras de roca	
Propiedades físico-químicas a. Densidad b. Velocidad de detonación (VOD) c. Transmisión o simpatía d. Resistencia al agua e. Energía del explosivo f. Sensibilidad a la iniciación g- Volumen normal de gases h. Presión de taladro i. Categoría de humos	Condiciones de la carga a. Diámetro de la carga (diámetro del taladro) b. Geometría de la carga c. Grado de acoplamiento d. Grado de confinamiento e. Densidad de carguío (Dc) d. Distribución de carga en el taladro Tipo y ubicación del cebo f. Distribución de energía, en cal/t de roca Intervalos de iniciación de las cargas (Timing) j. Variables de perforación

Condiciones generales para el trabajo eficiente de los explosivos

Tenemos los siguientes factores condicionantes:

Primero: Es imprescindible dejar el espacio de fuga libre que facilite la liberación de los fragmentos expulsados tras la detonación.

Segundo: Confinamiento de cargas, es imprescindible garantizar una densidad suficiente para cuando se active la carga y logre una concentración de energía lo suficientemente grande que pueda producir una fractura del material. Para ello se deberá compactar de tres maneras dependiendo de las condiciones que presente la labor. A nivel de subsuelo se deberá utilizar el compactador manual de manera. A nivel subterráneo se utilizará la compresora de aire y a nivel superficial se compactará mediante gravedad. Finalmente, para terminar de asegurar el confinamiento se debe sellar el orificio mediante un taco de material inerte.

Tercero: Cebamiento: El proceso de cebamiento de la carga se debe realizar con diligencia y cuidado de tal manera que se alcance una correcta disposición de carga lo que supondrá una correcta detonación,

Cuarto: Detonación secuencial: Se debe seguir rigurosamente la organización planificada de la secuencia de las detonaciones garantizando se cumpla los tiempos fijados para cada carga.

Quinto: Espaciamiento de perforaciones: Los taladros debe ser dispuesto calculado que el radio de las detonaciones provoque grietas que se entrecruzan, lo cual generará un nivel de fragmentación requerido.

Voladura de túneles y galerías

Generalidades

En forma genérica las labores de excavación siempre han respondido a dos fines de aprovechamiento específicos: Por un lado, se busca aprovechar el espacio que la excavación provocará y podrán ser destinados básicamente a infraestructura con destino civil o militar. Por otro lado, se busca aprovechar las materias primas a las que la excavación puede facilitar el acceso, y estas representan enteramente las actividades mineras.

El proceso de la perforación y voladura de un frente conlleva a las siguientes etapas

Etapas del proceso de la perforación y voladura
El taladro horada la pared
Se dispone el material detonante en el orificio
Se extiende la red de inicio de la detonación
Se detona la carga
Se ventila la labor y espera que se liberen los humos
Verificación del material que haya quedado suspendido para desprenderlo con la precaución debida
Eliminación de tacos y detonaciones no producidas
Carguío y acarreo del material desprendido
Eventual disparo adicional para fragmentar material sobredimensionado
Medición del avance logrado
Control de alineamiento y nivelación
Reconfiguración de los taladros para el siguiente disparo

Cortes o arranques

Definido como:

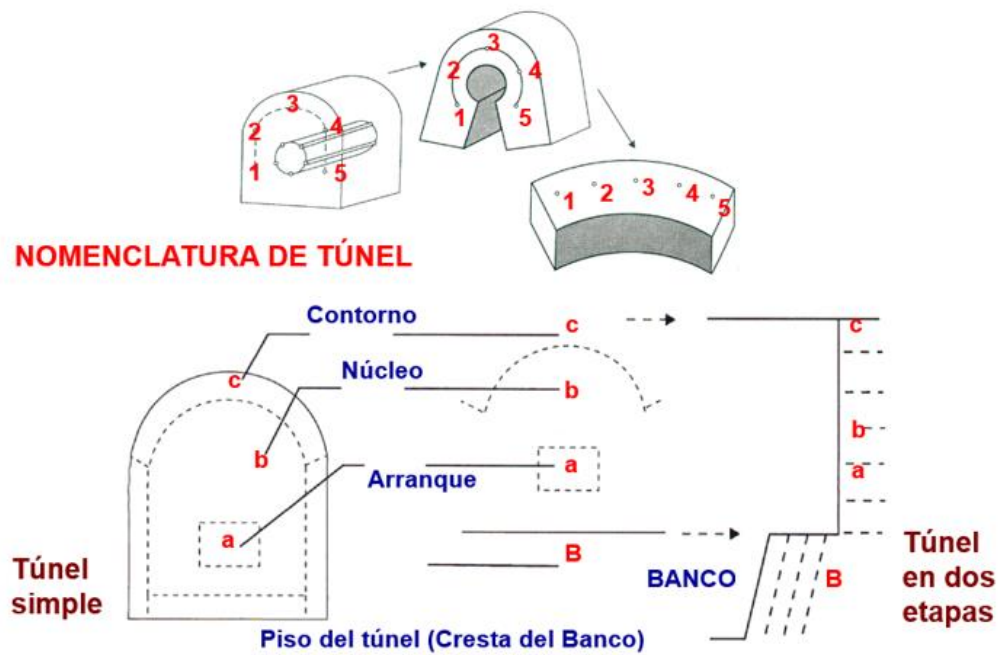
Un corte de arranque en las labores de voladura minera puede ser definido como el desplazamiento inicial de una sección de la pared con la

finalidad de dejar expuesto orificio que permitirá la orientación para dejar expuesta la siguiente cara. Para ello, los taladros dispuestos en núcleo de la labor y en la periferia deben orientarse en dirección del primer corte de tal manera que abarquen la mayor parte de la amplitud de la sección.

Figura 7

Formación de la cavidad de un frente

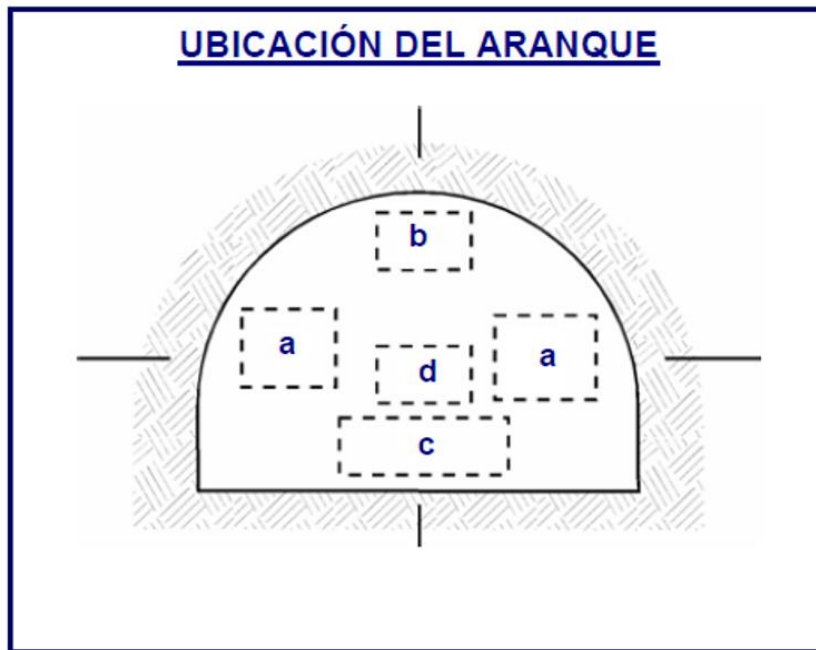
DESARROLLO DEL BANCO ANULAR



Nota: Cavidad de un frente, Manual práctico de voladura, EXSA.

Figura 8

Ubicación del arranque



Nota: Ubicación del arranque, Manual práctico de voladura, EXSA.

Tipos de cortes

Tenemos dos tipos de cortes que se realizan en la perforación que constituyen la cara libre. Por un lado, podemos encontrar cortes diagonales o con orientación angular, y por otro lado encontramos cortes con taladros paralelos.

1. Cortes en diagonal

Este tipo de ataque a la pared de roca consiste en disponer los taladros con un ángulo de inclinación respecto del eje horizontal de la sección a trabajar. Al disponer los taladros en una configuración escalonada sucesiva se logra que la pared rocosa se fracture en forma de pliegues separados.

La profundidad del avance dependerá del número de taladros dispuestos diagonalmente y lo angosto que sea la galería.

Existen cinco configuraciones básicas para realizar un corte angular, a continuación, se detallan:

a. Corte en pirámide o diamante (Center cut)

Este tipo de corte recibe su nombre de la forma que la orientación de los taladros define sobre la sección de roca a trabajar. Se trata de una pirámide cuyo eje se encuentra alineado con el eje de avance de la sección. Es decir, cada uno de los cuatro taladros deben estar orientados hacia un punto convergente, este punto es el punto o eje central de la sección o avance. Cuando se produzca la detonación el orificio resultante mostrará la forma de una pirámide orientada hacia el eje horizontal del avance.

b. Corte en cuña o en “v” (Wedge cut)

El segundo tipo de corte consiste en una configuración donde los taladros opera por pares. Es decir, cada uno de ellos se orienta de forma convergente hacia un solo eje en común.

Para realizar este corte se necesitan por lo menos cuatro taladros. Entonces, cuando cada par haya seccionado la pared en diferentes planos el orificio resultante mostrará una forma de v o en cuña.

Por sus características se trata del corte que ofrece un avance más limitado. Sobre todo en galerías angostas que no permiten la disposición de varios taladros en esta configuración.

c. Corte en cuña de arrastre (Drag o Draw cut)

Se trata de un tipo específico de corte en v, pero su especificidad radica en que se opera a nivel del suelo de la sección. Es básicamente un método de seccionamiento por gravedad, debido a que después de operar el corte en v la sección que resulta se desploma por su propio peso.

Por las características del material rocoso este método está destinado más a labores de minería de carbón o que roca de baja resistencia. Es

infrecuente encontrar este tipo de operaciones en labores de galerías o túneles.

d. Corte en abanico (Fan cut)

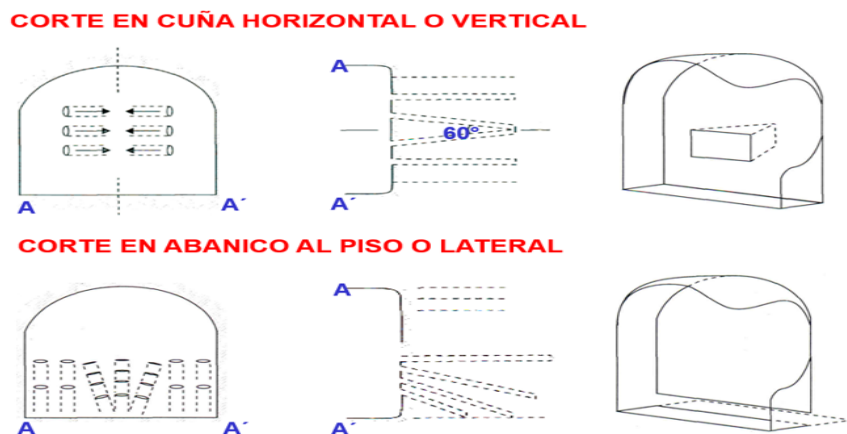
En este caso se trata de un tipo específico de corte de arrastre con el detalle que se opera en la sección lateral de la galería. De manera que los taladros a tanque el fondo de la sección desde puntos divergentes, de aquí su nombre de abanico.

El otro nombre con él se conoce este corte es el de destroce debido a que busca fracturar toda la parte frontal expuesta de la galería.

e. Corte combinado de cuña y abanico

Se trata de una configuración específica para materiales o cuerpos de roca muy duras, que presentan una resistencia por encima de lo habitual o una elasticidad poco común. En términos de rendimiento es un corte muy eficiente, sin embargo, presenta un granado de dificultad en sus labores de perforación, lo cual lo hace ser reservado solo para secciones específicamente duras de operar.

Figura 9



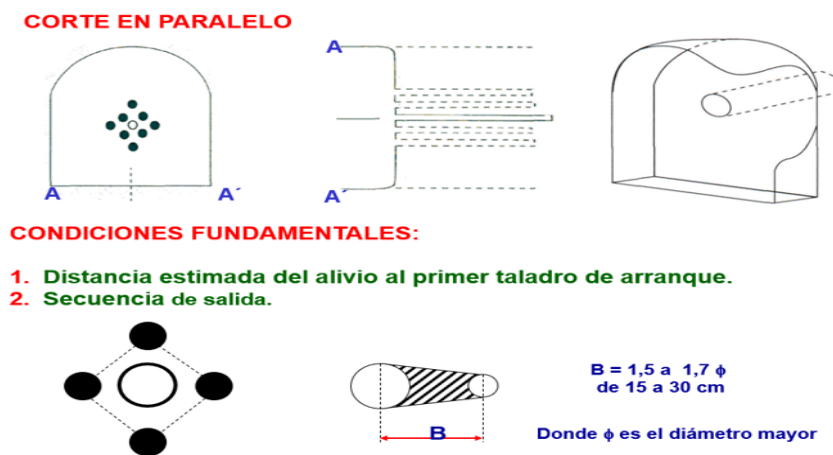
Nota: Tipos de corte (Arcos D., 2007, Perforación en minería Subterránea)

2. Cortes en diagonal

Para este tipo de cortes se requiere del alineamiento preciso de dos líneas de ataque, para ello la configuración que deben seguir los taladros es en disposición paralela uno con respecto del otro. Por sus requerimientos técnicos este tipo de corte ofrece mayor aplicabilidad por medio de maquinaria especializada como lo son los taladros Jumbo con que mediante su articulación extensiva puede garantizar las condiciones requeridas para la tarea.

Figura 10

Corte quemado



Nota: Cortes en paralelo (Arcos D., 2007, *Perforación en minería Subterránea*)

Tipos de cortes paralelos

En términos generales se puede distinguir tres métodos específicos para este tipo de cortes a continuación se los detalla.

- ✓ Corte quemado.
- ✓ Corte cilíndrico con taladros de alivio.
- ✓ Corte escalonado por tajadas horizontales.

Cada uno de estos métodos de corte paralelo presentan especificidades que responden al tipo de roca sobre el que deben ser empleados.

a. Corte quemado

En primer lugar, nos encontramos con el corte paralelo denominado quemado. Esencialmente este corte se distingue por el diseño que debe tomar distribución de los taladros, todos ellos de igual diámetro. Además, otro aspecto centra en este corte reside en que no todos los orificios de perforación llevan carga detonante, los orificios vacíos actúan de otra manera dentro de la mecánica de esfuerzos que con lleva la detonación. Este otro rol que cumple en los espacios vacíos está relacionado con la atenuación de las fuerzas simpáticas entre taladros con carga detonante.

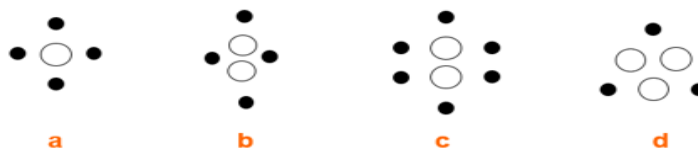
Figura 11

Ejemplos de corte quemado

EJEMPLOS DE CORTE QUEMADO



EJEMPLOS PARA LIMITAR EL EFECTO DE SIMPATIA ENTRE LOS TALADROS



Nota: Corte quemado (Arcos D., 2007, *Perforación en minería Subterránea*)

Figura 12

Vista de corte quemado



Nota: Tomado de (Unidad Uchucchacua, Fuente propia, 2022)

b. Corte cilíndrico

Por otro lado, nos encontramos con el corte en forma de cilindro. Este caso se trata de un desarrollo formal del corte quemado. Este desarrollo consiste en agrupar los orificios vacíos en la parte central de la configuración y además dotarlos de mayor diámetro que el resto. Esta configuración específica tiene como consecuencia Facilitar un orificio cilíndrico en el centro de la sección. Esta configuración permite que el espacio detonado alcance mayor profundidad a diferencia de si sólo se utilizaría una configuración de corte quemado habitual.

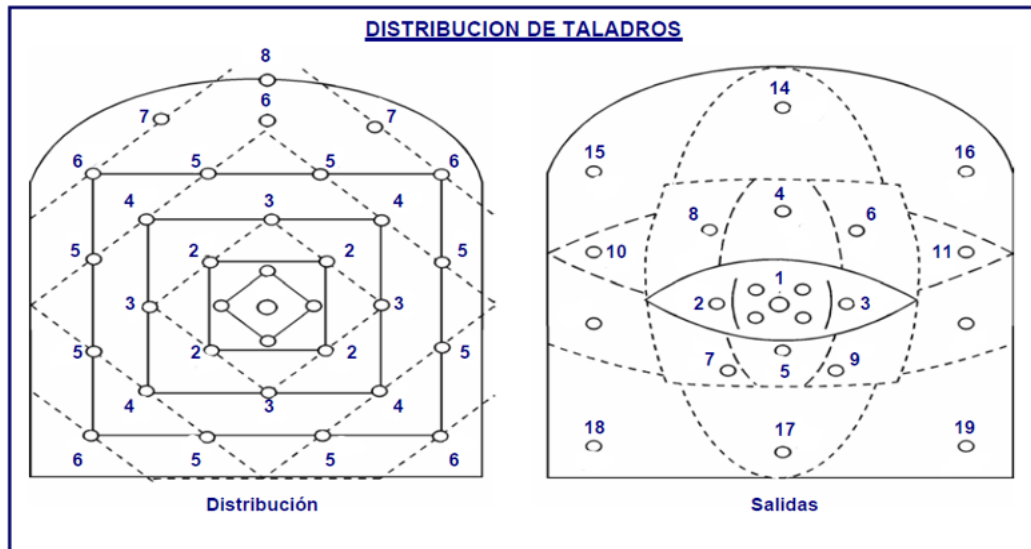
Diseño básico para voladura subterránea en túnel

Un aspecto que puede llegar a ser verdaderamente complejo es el de la configuración o diseño en el que deben de ir distribuidos los taladros y su salida secuencial. Las soluciones que se presentan para la diagramación de estos trazos responden a distintos fines sin embargo hay dos factores que necesariamente se deben tener en cuenta, el equipo de perforación y la naturaleza o calidad del material rocoso a trabajar.

A continuación, optamos por señalar dos configuraciones básicas como son el método de distribución cuadrangular y el método de distribución por inscripción de rombos.

Figura 13

Distribución de taladros



Nota: Ubicación del arranque, Manual práctico de voladura, EXSA.

Distribución y denominación de taladros

La distribución de los taladros comienza siguiendo un orden concéntrico. Y es en la sección central donde se concentran los taladros para corte o arranque para favorecer una voladura adecuada.

a. Arranque o cueles

Se trata los primeros taladros en ser operados, de ellos depende lograr un buen orificio inicial. Para poder romper la pared por primera vez necesitan generalmente llevar entre el 30 y el 50 por ciento más de carga que los taladros habituales.

b. Ayudas

Es la segunda disposición en la distribución de taladros que bordea la primera configuración de arranque que lleva este nombre.

De las ayudas depende formar la salida del orificio inicial. El número de ayudas necesarias dependerá del tamaño de la sección que será atacada. Además, la cantidad a distribuir depende de qué configuración se usará y si se necesitara un mayor número de contra cueles, de destrozo o franqueo. Su salida se produce después de lo primeros.

c. Cuadradores

Estos son los taladros que se ubican en la parte lateral de la configuración. Su posición delimitará el flanco de la sección o de la galería.

d. Alzas o techos

Se trata de los taladros cuya función será formar la sección bóveda de la galería. Son los conocidos como “coronas”.

Se debe aclarar que en el Smooth Blasting o labores de recorte tanto taldeos de cuadradores como alzas son disparados simultáneamente y su turno es ante del final de la distribución general, por tratarse de orificios periféricos.

e. Arrastre o pisos

Estos son los últimos taladros en ser instalados y el espacio que cubren corresponde al suelo de la sección.

Figura 14

Tipos de taladros usados en túneles



Nota: Taladros en túneles (Arcos D., 2007, Perforación en minería Subterránea)

2.3. Definición de términos básicos

Corte o arranque

Un corte o arranque en las labores de voladura minera puede ser definido como el desplazamiento inicial de una sección de la pared con la finalidad de dejar expuesto un orificio que permitirá la orientación para dejar expuesta la siguiente cara. Para ello, los taladros dispuestos en núcleo de la labor y en la periferia deben orientarse en dirección del primer corte de tal manera que abarquen la mayor parte de la amplitud de la sección.

Costo

Se trata del valor en términos económicos que representa las acciones que tienen por finalidad producir un bien o servicio.

Costos fijos

Se pueden establecer como aquellos costos que no dependen de las variaciones que presenten las operaciones. Es decir, cada uno de estos costos resulta independiente de la ejecución de un determinado número o cantidad de producción. En operaciones mineras específicas encontramos los siguientes:

Costos Operativos Fijos
Costo de Administración
Costo Financiero
Amortizaciones y Depreciaciones
Impuestos
Mano de Obra Indirecta

Costos variables

Se pueden establecer como costos operativos variables aquellos que dependen de las cantidades que se requerirá, es decir el costo de un bien variará proporcionalmente al número o cantidad de ese bien que se necesite para operar.

En operaciones mineras específicas encontramos los siguientes:

Costos Operativos Variables
Mano de Obra Directa
Materiales e Insumos
Transporte

Detonación

Se trata de la acción química en la que diversos subproductos que crean una inestabilidad energética que en forma de gases buscan expandirse a altas temperaturas y a una velocidad proporcionalmente alta. En términos físicos una detonación es la acción física en forma de presión que impacta sobre el contorno que la circunda.

Explosivos

Se trata del material detonante que tiene la finalidad de reaccionar por acción química y provocar condiciones energéticamente inestables que provoque una explosión de material sólido o gas a una temperatura elevada debido a la presión que es sometida la carga. Esta reacción explosiva producirá ondas de choque que impactarán el material que se encuentra en el contorno de la detonación y en el caso de la roca podría llegar a fracturarla.

Comúnmente este material está compuesto a base de alguna presentación de nitrato su uso es habitual en labores mineras y seguro si se cumplen los protocolos y las condiciones de manipulación.

Fracturamiento

Esta es la consecuencia directa de la exposición directa de un cuerpo rocoso a la detonación de una carga explosiva. En ese sentido la fractura del macizo rocoso que rodea a la carga responderá a la interacción de factores específicos como producto del impacto de las fuerzas comprendidas tras la detonación. Entre ellas se encuentra el nivel termodinámico que alcanza la

energía por causa de la explosión y el confinamiento, el tiempo que tarda el impacto. el comportamiento del cuerpo rocoso en términos mecánicos y la distribución y alcance de la presión resultante en forma de ondas que atraviesan el cuerpo de la roca.

Malla de perforación

Se trata de la configuración que se ejecuta para ubicar los puntos de ataque que tomarán los taladros. El criterio de base que se usa para esta distribución es el factor burden, que viene a ser el promedio de la longitud en orientación perpendicular que hay entre la parte central del taladro y la parte expuesta de la sección. Dicho cálculo determinará la distancia entre taladros que deberá componer el diseño de la malla de perforación.

Perforación

Según Exsa en su catálogo de 2004 se trata de los principales aspectos entre toda la organización del conjunto de acciones que implica las labores de voladuras debido a que es el que se despliega en primer lugar.

Su operatividad consiste en horadar un orificio en la superficie de la pared rocosa. El orificio debe ser de contorno cilíndrico y con el tamaño adecuado que pueda albergar la carga explosiva calculada para cada labor, además del dispositivo iniciador.

Técnicamente esta labor se caracteriza por la disposición de los taladros. Para ejecutarla se los debe disponer en forma paralela o angular con la pared directamente en frente para ser atacada. De esta manera el inicio de la boca del túnel queda configurada como un banco en círculo alrededor del cual los taladros comenzarán a horadar la galería. Para que seguidamente el resto de la configuración de taladros inicien la fractura.

Así mismo, la finalidad técnica de este procedimiento consiste en preparar orificios en la roca dejados en las rocas por acción de los taladros para

que la carga explosiva se confinada dentro y puedan asegurar una correcta detonación.

Tajeo

Es la sección seleccionada por su composición en mineralización. Para ello se lo debe delimitar de manera que facilite su mejor extracción. Sobre la sección de tajeo de operan las labores de perforado o voladita destinadas a la explotación del contenido mineral del tajeo. Además, comprende las labores posteriores a la detonación y que faciliten su extracción en condiciones adecuadas.

Voladura

Las labores de voladuras son procedimientos destinados básicamente a fracturar un material que puede ser el macizo rocoso exponiéndolo a una carga explosiva de alta potencia.

Técnicamente, este proceso consiste en confinar la carga explosiva dentro de los orificios dejados en las rocas por acción de los taladros. Lo que produce esta cavidad en el material rocoso es que se logre una comprensión de la energía liberada por el material explosivo, cuya dinámica de fuga produzca un desplazamiento de la pared y por consiguiente la fragmentación de material.

2.4. Formulación de la Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Al realizar cambios en las dimensiones de la malla de perforación, se podrá reducir los costos de la perforación y voladura y tener condiciones de seguridad de los trabajadores, de las instalaciones y equipos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica a.

Al determinar las dimensiones de la malla de perforación en las rampas y accesos es posible optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua.

Hipótesis específica b.

Al determinar las dimensiones de la malla de perforación en los tajeos es posible optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

Variable independiente

Malla de perforación

Variable dependiente

Costos de perforación y voladura

2.5.2. Variables para la hipótesis específicas

Variable para la hipótesis a

Variable independiente

Malla de perforación en rampas

Variable dependiente

Costos de perforación y voladura

Variable para la hipótesis b

Variable independiente

Malla de perforación en tajeos

Variable dependiente

Costos de perforación y voladura

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

Tabla 1

Operacionalización de variables e indicadores

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES
VARIABLES PARA LA HIPÓTESIS GENERAL Variable independiente Malla de perforación Variable dependiente Costos de perforación y voladura VARIABLES PARA LA HIPÓTESIS ESPECÍFICAS Variable para la hipótesis a Variable independiente Malla de perforación en rampas Variable dependiente Costos de perforación y voladura Variable para la hipótesis b Variable independiente Malla de perforación en tajeos Variable dependiente Costos de perforación y voladura	Malla de perforación Es 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, 2004)	En la investigación realizaremos modificaciones de la malla de perforación en rampas y tajeos para reducir costos en la perforación y voladura.	<ul style="list-style-type: none"> - Malla de perforación - Rampas - Tajeos - Costos en perforación y voladura 	<ul style="list-style-type: none"> - Estándar de malla de perforación en rampas. - Estándar de malla de perforación en tajeos. - Costos en tajeos - Costos en rampas

Nota: Esta tabla muestra las variables e indicadores.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Realizaremos un método aplicativo para este trabajo, debido a que usaremos teorías, conceptos sobre perforación, voladura con el fin de adecuar y modificar la malla de perforación para hacerla más eficiente.

Elegimos este método para investigar la eficiencia de las mallas de perforación por qué se trata del método más adecuado pues buscar aplicar lo revisado en distintas hipótesis y teorías a una situación concreta, y este es exactamente el caso que nos ocupa en esta oportunidad.

Por otro lado, en nivel en el que ejecutaremos este trabajo es el de la descripción. Debido a que tenemos que dar una explicación o descripción exhaustiva de la situación de caso que no encontramos y en la que deberemos probar nuestra hipótesis más no deberemos fundamentar las razones que llevan a que la situación presente las características que nosotros abordaremos. Nuestra investigación busca modificar una situación específicamente la eficiencia de la malla de perforación Mediante la aplicación de un método que deberemos describir ampliamente sin embargo no es nuestra posición la de fundamentar el estado de la cuestión y tampoco el método que modificar dicho estado.

3.2. Nivel de Investigación.

El presente trabajo de acuerdo a la naturaleza de la investigación, reúne por su nivel las características de un trabajo de investigación comprende al nivel descriptivo, explicativo y correlacional.

3.3. Métodos de investigación.

El método a emplear es el científico en base a los métodos inductivo – deductivo por los cuales buscaremos alcanzar los objetivos fijados. Que viene a ser la constatación de que una nueva configuración de la malla de perforación aumenta la eficiencia y rendimiento de las labores.

3.4. Diseño de investigación

El diseño a emplear será el diseño no experimental porque no vamos a manipular las variables de estudio, sino recogeremos información y observaremos el proceso de la voladura que se realiza en las rampas y tajeos.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Nuestra población está conformada por todas las rampas y tajeos que se encuentran en operaciones en la mina Uchucchacua.

3.5.2. Muestra

La muestra se escogió en forma directa es la veta Gina Socorro tajo 6675, rampa 036, 025, acceso 046, cámara 070, 035, 050.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Para poder obtener los datos tendremos como técnicas la observación, la recopilación documental.

3.6.2. Instrumentos

De acuerdo a las técnicas que vamos a emplear, nuestros instrumentos a usar serán las guías de observación, las fichas de registro, donde se tendrá datos como los KPIS mensual, consumo de explosivos, tiempo de perforación, diseño

de la malla de perforación, reporte de eficiencias tanto de perforación como de voladura, costo de perforación, voladura.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Habiendo reunido toda la información de campo, así como de los archivos, comenzaremos a procesar los datos obtenidos de las muestras escogidas para poder generar resultados y sacar las conclusiones.

3.8. Tratamiento estadístico.

Se someterá a un tratamiento en el software Excel, media análisis de datos.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.

Desde el punto de vista ético la investigación se llevará a cabo con toda la veracidad que corresponde y el nivel que exige estos tipos de investigación, siempre teniendo presente la veracidad, honestidad, responsabilidad, respeto por los demás, la propiedad ajena.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.

4.1.1. Ubicación

Estas operaciones se encuentran emplazadas en la región de los Andes Occidentales, específicamente pertenece a la jurisdicción Provincial de Oyón, en el departamento de Lima. Como elemento de referencia y orientación geográfica de las operaciones se puede tomar las operaciones de la UNIDAD UCHUCCHACUA. que se encuentra entre las coordenadas geográficas 10° 37' 2" Sur y 6° 41' 6" Oeste.

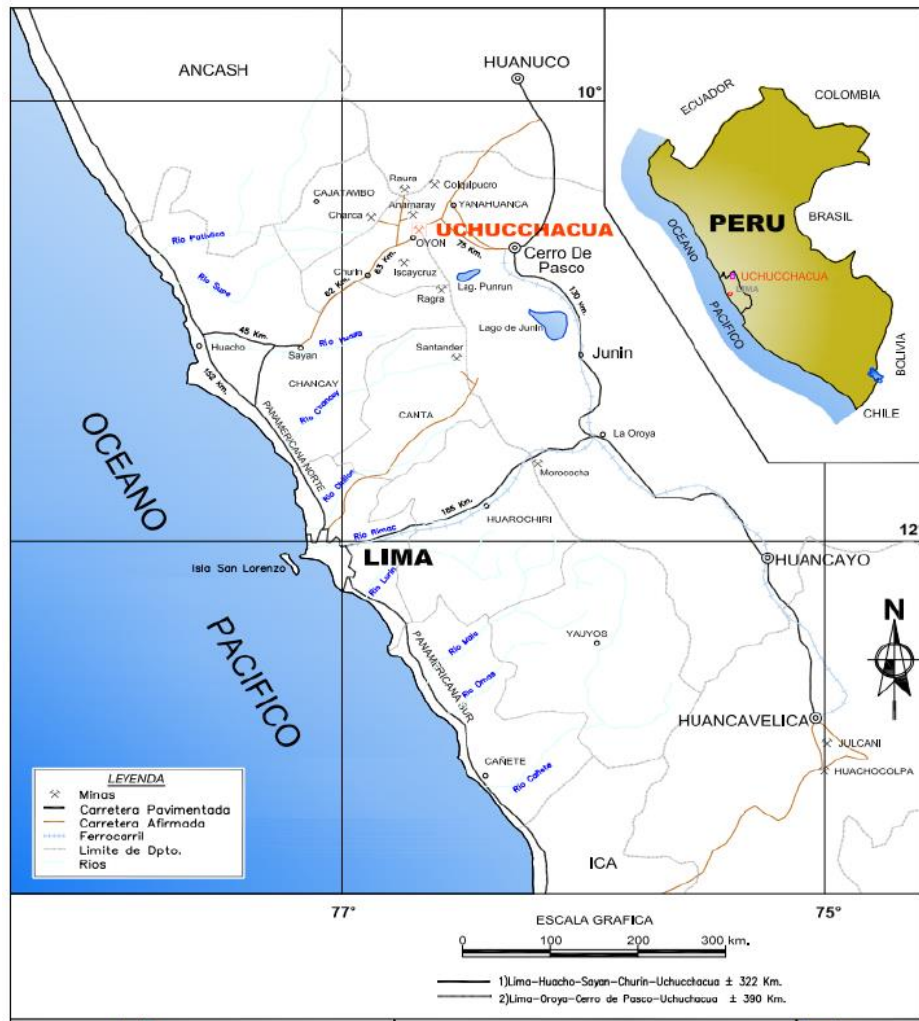
4.1.2. Accesibilidad

Para acceder a las operaciones de la Unidad UCHUCCHACUA, como ya lo dijimos antes, el punto de referencia es la localidad de Oyón. En ese sentido si nos orientamos desde la capital del Perú, la ciudad de Lima, tendríamos dos opciones para llegar hasta este emplazamiento Minero. Por un lado, nos encontramos con 322 kilómetros de carretera que atraviesa el centro del Perú en dirección a Churin. Además, podemos aprovechar la carretera en dirección a Cerro De Pasco con 390 kilómetros en su mayoría asfaltados, pero a diferencia de la primera alternativa está se encuentra orientada hacia la ciudad de Pasco. Sin embargo, a unos 70 km de esta ciudad se encuentra la unidad Uchucchacua.

Por otra parte, como parte de las condiciones climáticas se debe señalar que el emplazamiento de operaciones Uchucchacua presenta altitudes desde los 4300 metros y alcanzan los 5000 en su punto más alto.

Figura 15

Ubicación de la mina



Nota. Tomado de (Portal de la Infraestructura de datos espaciales del Perú IDEP)

4.1.3. Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2

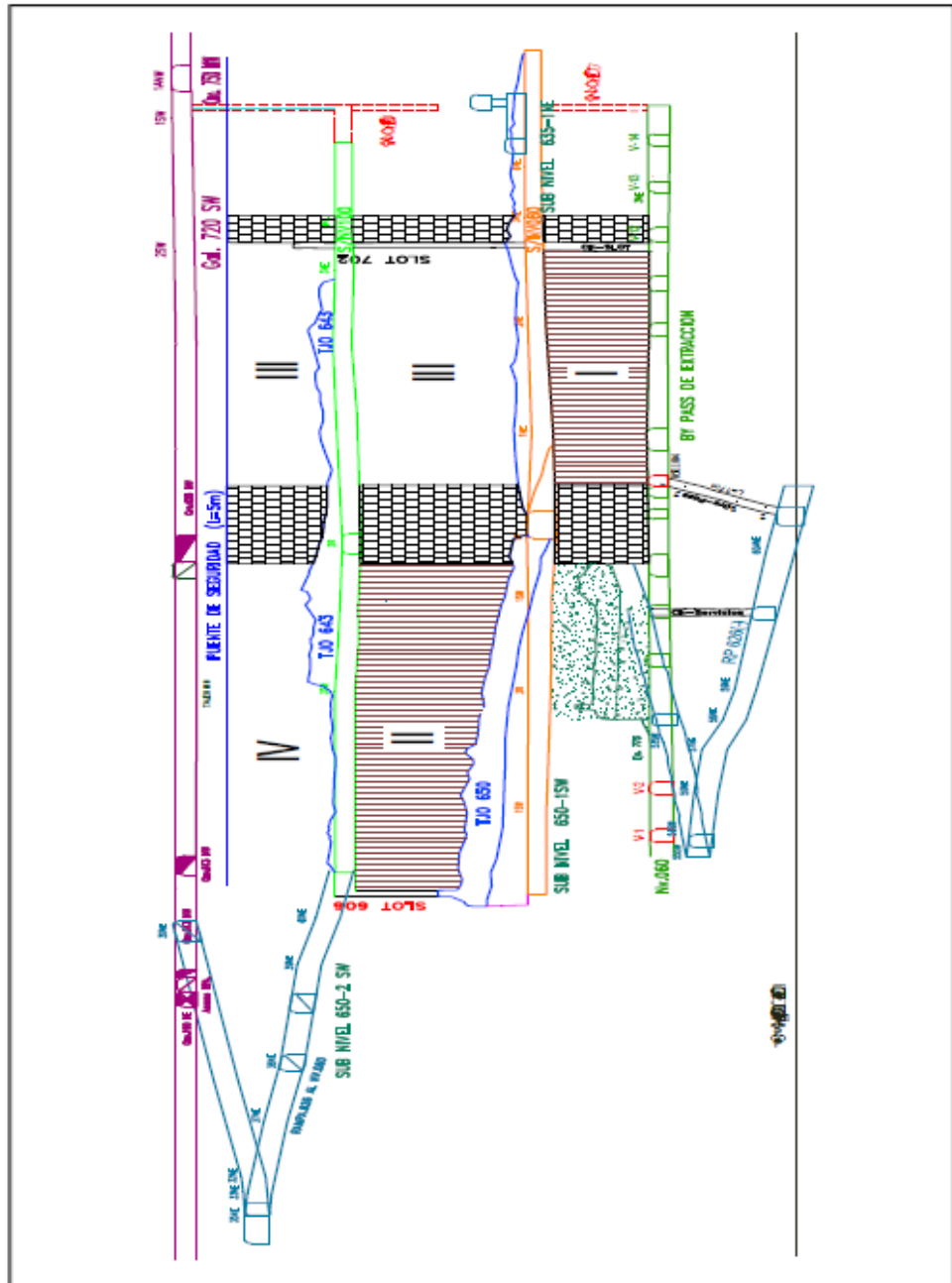
Comenzaremos la exploración en la sección 6675, que se ubica en el Tajo 6675-2. En ese lugar se debe realizar el reconocimiento de toda la veta Gina Socorro

Que se extiende aproximadamente por 200 metros.

A continuación, se puede apreciar el corte longitudinal de la sección que abarca la infraestructura de la beta mencionada. Además, se pueden identificar túneles en los dos niveles la rampa 626 y la parte de subnivel 80-100.

Figura 16

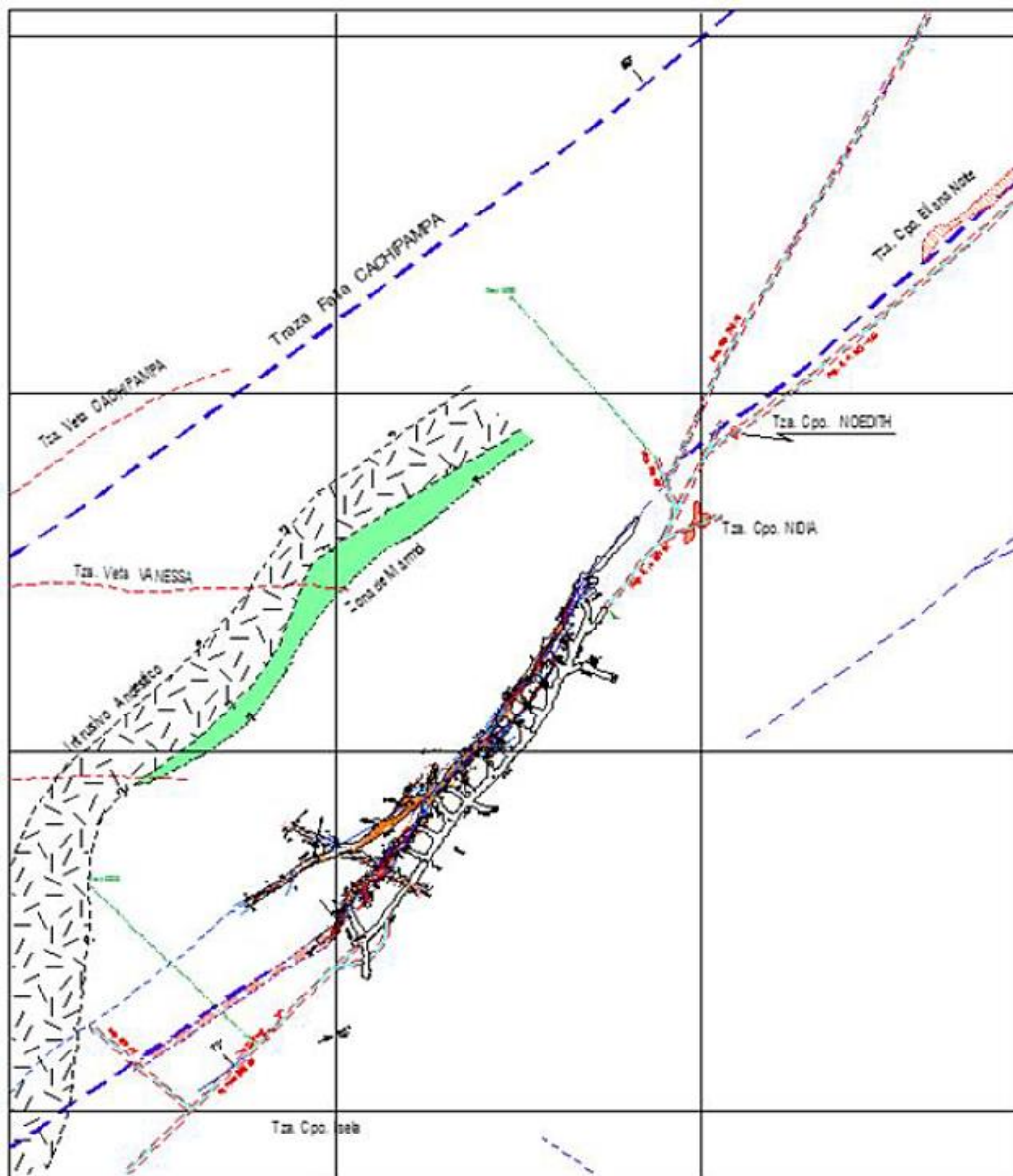
Sección longitudinal Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2



Nota. Tomado de (Área de planeamiento de la Unidad Minera Uchucchacua)

Figura 17

Vista en planta Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2



Nota. Tomado de (Área de planeamiento de la Unidad Minera Uchucchacua)

4.1.4. Métodos de explotación empleados en la mina

Corte y relleno ascendente mecanizado en Breasting

Este método está destinado a secciones mineralizadas que presenta encajonamiento sus características. En estas secciones se encuentra un mineral con tipología: Regular IIIB RMR = 41-50.

Después de estudiar estas condiciones se decidió realizar las labores de minado seleccionando las acciones horizontales con un corte de altura de 3 metros. Comenzando desde la parte inferior hasta alcanzar los estratos superiores, asegurando la labor mediante un puente.

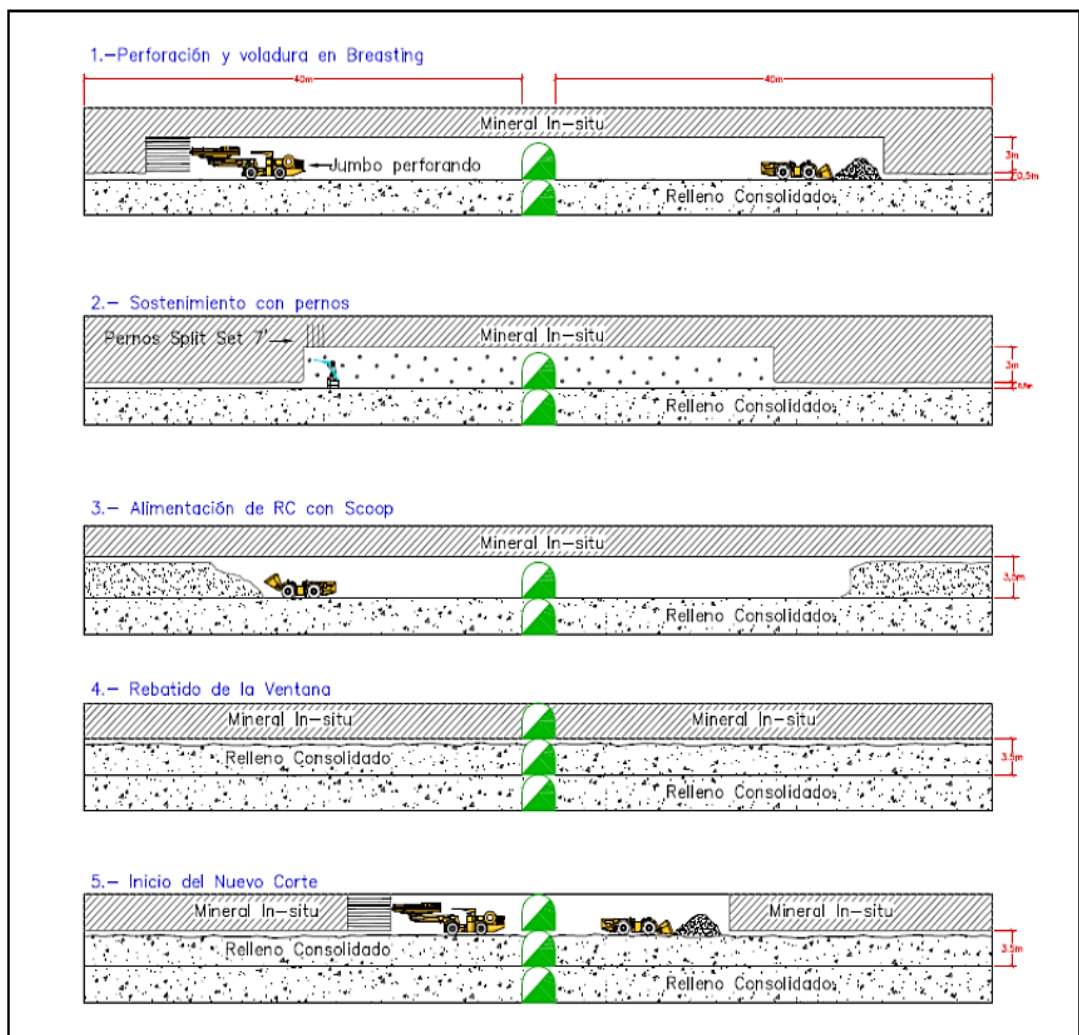
Después de llevar a cabo las labores de explotación se deberá volver a llenar el vacío dejado con materia detrítica. Para de esta manera formar una nueva superficie que servirá de plataforma al nuevo corte.

Para limpiar las labores se dispuso de equipamiento Scooptram.

En la mina Uchucchacua se tiene dos variantes:

Figura18

Corte y relleno ascendente mecanizado en Breasting



Nota: Tomado de (Área de planeamiento de la Unidad Minera Uchucchacua)

Sublevel Stoping taladros largos

Para aplicar este método se debe disponer de una cara con una sección libre con una dimensión mínima de 2 metros de lado.

A continuación, se debe evaluar la geomecánica de la sección para disponer los taladros buscando la distribución más adecuada y eficiente. Además, se deben incluir el di ahúse la veta del mineral en su factor de potencia y ángulo de inclinación.

La estrategia para disponer de una configuración adecuada de la voladura dependerá del nivel económico de la zona. Si toda presenta valor económico en su totalidad se iniciará un procedimiento para una detonación masiva. En cambio, si se trata de secciones con valor económico diferenciado de deben aprovechar las zonas sin valor mejor ubicadas para pilares de sostenimientos. Una vez elegida la estrategia se procede al avance en modo inverso desde el fondo de la galería en orientación al ingreso. Y una detonación en configuración lineal de los taladros.

Figura 19

Sublevel Stopping taladros largos



Nota. Tomado de (Área de planeamiento de la Unidad Minera Uchucchacua)

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

El proceso de expansión de la Mina tuvo como consecuencia una modificación importante del sistema productivo de la empresa. En un primer momento con un sistema de explotación convencional se alcanzaban las 11 mil

toneladas métricas de producción minera. En un segundo momento habiendo implementado sistema de explotación semimecanizado se alcanzó una producción de 18 mil toneladas métricas de mineral.

En términos técnicos este incremento en la producción supuso una serie de modificaciones, tanto en el sistema de perforación y voladura que permita proveer mayor cantidad de mineral para cumplir con la cuota exigida.

Se proyectó un incremento de las operaciones de alrededor de 61% lo que significaba que la capacidad productiva de la empresa debía crecer en esa misma proporción. En ese sentido fue necesario incrementar la capacidad productiva mediante el incremento de la capacidad de equipamiento y maquinarias. Lo cual justificaba la compra de una unidad de perforación de impulso hidráulico LOPR 38 montada sobre un Jumbo Boomer 281. Con capacidad de operación de taladros en labores de tajeo y en rampas. (COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA SAC., 2021)

“Además para completar con el trabajo de expansión se requiere de estandarizar las mallas de perforación por haber variado la precisión en la perforación y por la estandarización del método de corte y relleno ascendente breasting, que permite una mayor producción, reducción de condiciones inseguras, que producen un mayor costo en el mediano plazo, buscando una disminución de los costos de producción carga acarreo, por la inclusión de Scoop de 3.5 yardas para la limpieza de las labores, manteniendo el acarreo en los niveles con los mismos equipos” (COMPAÑIA MINERA BUENAVENTURA SAC., 2021)

4.2.1. Análisis de la malla de perforación antes de la optimización

El mallado anterior a la optimización estaba compuesto por disparos de 51 taladros de ocho pulgadas, lo que permitía una salida con corte quemado para frentes (especialmente rampas), obteniéndose una eficiencia de perforación del 85 %.

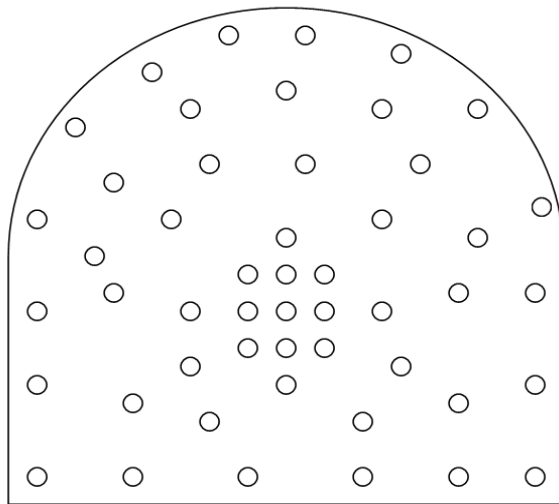
Por otro lado, en condiciones en las que los taladros presentaban una capacidad de 32 milímetros de diámetro para una operación de tipo breasting la disposición del mallado donde 44 taladros componían un rectángulo que abarcaba 8 pies de lado, lo que permite realizar cortes de 4 x 2.7 m, alcanza una eficiencia de perforación de 88%.

A continuación, se muestra representaciones gráficas de lo señalado anteriormente:

Figura

20

Malla de perforación para perforación Convencional Rampa

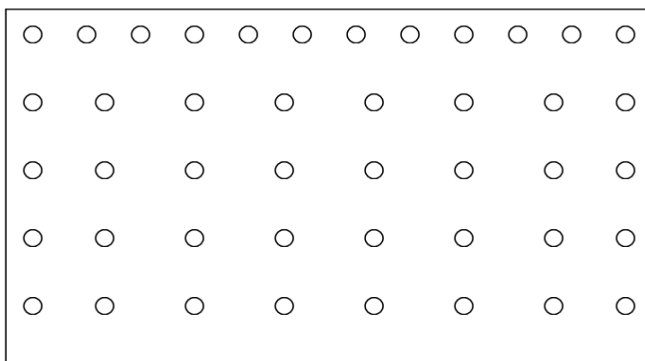


Nota: Elaboración propia de la malla de perforación en AutoCAD.

Figura

21

Malla de perforación para perforación Convencional Breasting



Nota: Elaboración propia de la malla de perforación en AutoCAD.

Para que una operación de voladura alcance niveles de eficiencia es necesario cumplir ciertos aspectos determinantes que se encuentran a la base de este tipo de operaciones y se caracterizan por su sensibilidad y practicidad. A continuación, se repasan dichos aspectos:

4.2.2. Elementos fundamentales de la voladura de rocas

1. Condición y estructura de la roca.

Un claro y exhaustivo diagnóstico de las condiciones estructurales del material rocoso es determinante en el objetivo de prever posibles factores de riesgo y a partir de ahí poder implementar los procedimientos de prevención necesarios. De lo contrario un evento accidental no previsto retrasará las operaciones, ocasionará accidentes personales o podrá llegar a deteriorar las instalaciones.

Debido a ello es indispensable aplicar la evaluación del material rocoso por medio de la tabla GSI en su versión simplificada. De esta manera se medirá la calidad, naturaleza en cuanto al sostenimiento tanto de las secciones laterales o paredes y de las superiores o techo. De esta manera se busca prevenir y evitar los factores de riesgo asociados a operaciones de perforación y voladuras.

2. Perforación

Según Exsa en su catálogo de 2004 se trata de los principales aspectos entre toda la organización del conjunto de acciones que implica las labores de voladuras debido a que es el que se despliega en primer lugar.

Su operatividad consiste en horadar un orificio en la superficie de la pared rocosa. El orificio debe ser de contorno cilíndrico y con el tamaño adecuado que pueda albergar la carga explosiva calculada para cada labor, además del dispositivo iniciador.

Técnicamente esta labor se caracteriza por la disposición de los taladros. Para ejecutarla se los debe disponer en forma paralela o angular con la pared

directamente en frente para ser atacada. De esta manera el inicio de la boca del túnel queda configurada como un banco en círculo alrededor del cual los taladros comenzarán a horadar la galería. Para que seguidamente el resto de la configuración de taladros inicien la fractura.

Así mismo, la finalidad técnica de este procedimiento consiste en preparar orificios en la roca dejados en las rocas por acción de los taladros para que la carga explosiva se confinada dentro y puedan asegurar una correcta detonación.

Para conseguir un adecuado nivel de eficiencia en esta labor deben confluír dos factores técnicos básicos: Por un lado, se encuentra un mallado con una configuración adecuada a los requerimientos específicos de la labor y por otro lado se encuentra la técnica de labor del personal perforista que se expresa en su experiencia y en su habilidad de manejo del equipamiento en relación con las condiciones que presenta la sección.

- **Diseño de malla y arranque:** Se trata de uno de los dos factores determinantes y técnicamente consiste en la correcta disposición del juego de taladros requeridos para la labor específica. En esta configuración entran en consideración la distancia, número y posición que se asigne a cada taladro. Sin embargo, se debe aclarar que este diseño debe responder a un diagnóstico preciso de las condiciones del sitio y de los elementos ser atacados como los son las características del segmento o frente, el nivel de dureza del cuerpo mineral, así como la estimación de su fracturamiento que podría ofrecer el material rocoso.

Un diseño eficiente de perforación con un arranque adecuado al tipo de roca, acompañado de una buena perforación, carguío con material adecuado dará como resultado una voladura eficiente.

- **Habilidad del perforista** Es la experiencia que presta el perforista que es básica en toda perforación, de él dependerá mucho los resultados de

la voladura, porque deberá perforar taladro completo, sin desviaciones y en la posición correcta.

3. Selección del explosivo adecuado

Para toda voladura el explosivo a usar debe ser correctamente elegido. Si en material o sistema de detonación no son los apropiados a la labor se pueden producir consecuencias sobre el nivel del material excavado, ya sea extra limitándose en la cantidad de material a ser extraído (mucho del cual sin valor económico representativo) o también se puede producir el efecto de conseguir la fuerza necesaria en las detonaciones programadas, lo comúnmente conocido como el efecto: “tiro soplado”.

4. Secuencia de salidas

Otro factor determinante que supone un trabajo de configuración y planeamiento preciso es el secuenciamiento de las salidas.

Este aspecto resulta fundamental porque es a partir de él que se puede conseguir retirar sin problemas taladros que vienen después en la secuencia. Si se logra un adecuado diseño de la secuencia de salida se podrá lograr un sistema de voladura que pueda obtener resultados eficientes.

Condiciones fundamentales en perforación.

Esta labor se encuentra condicionada por cuatro aspectos que resultan determinantes y que de ellos depende la calidad de perforación que se alcance. En ese sentido los taladros al operar deben asegurar estabilidad, rectitud, longitud y diámetro.

Si cada uno de estos factores está acorde con el objetivo de la labor en general entonces estará garantizada un resultado eficiente en cuanto a voladura se refiere.

Diámetro

Se trata de un criterio central para categorizar a los taladros. Y la razón principal para identificarlos por sus diámetros es que la longitud de estos está asociado directamente al tipo de labor que dicho taladro podrá realizar.

Ahora bien, uno de los criterios de eficiencia para evaluar a los taladros es el que pueda ofrecer mayor capacidad de ataque en relación al menor diámetro del taladro. Si un equipo cumple con esta proporción un factor de eficiencia alto.

Longitud

Uno de los principales factores de eficiencia en cuanto a la longitud de un taladro es que a partir de este criterio se condicionarán otros elementos importantes que hacen posible la labor de perforación, como lo son el nivel de suficiencia del equipamiento de perforación y además el alcance de la detonación.

Rectitud

La finalidad de este aspecto es asegurar lo más eficientemente posible una alineación y una orientación recta respecto del eje de ataque de esta manera se podrá distribuir de una manera más eficiente el impacto de la detonación.

Para configurar este factor de eficiencia entran en juego tres variables por un lado en equipamiento de perforación (sus características y capacidades, además de su estado y el nivel de pericia de sus operarios), además se debe tener en cuenta la calidad y tipología del cuerpo rocoso en el que se va a operar, y por último se debe considerar el método de perforación a utilizar.

Estabilidad

Para una correcta operatividad de los taladros es necesario que se mantengan abiertos hasta que sean usados. Además, cuando se trata de áreas con material suelto es posible que el orificio del taladro se desmorone por este motivo se debe disponer de un entubamiento especial para poder llevar la carga hasta la cavidad déjala por el taladro.

Explosivos usados

Los explosivos usados en Frentes de 4 x 4 m, son:

Producto	Especificación	Cantidad
Dinamita	Semexsa de 65% 7/8" x 7",	53.76 Kgl
Accesorios	Carmex: 46 unidades	2.44 mts
Tipo de media	rápida: .	40 mts

La voladura posee una eficiencia de 81% en frentes

Estándar para malla de perforación en rampas.

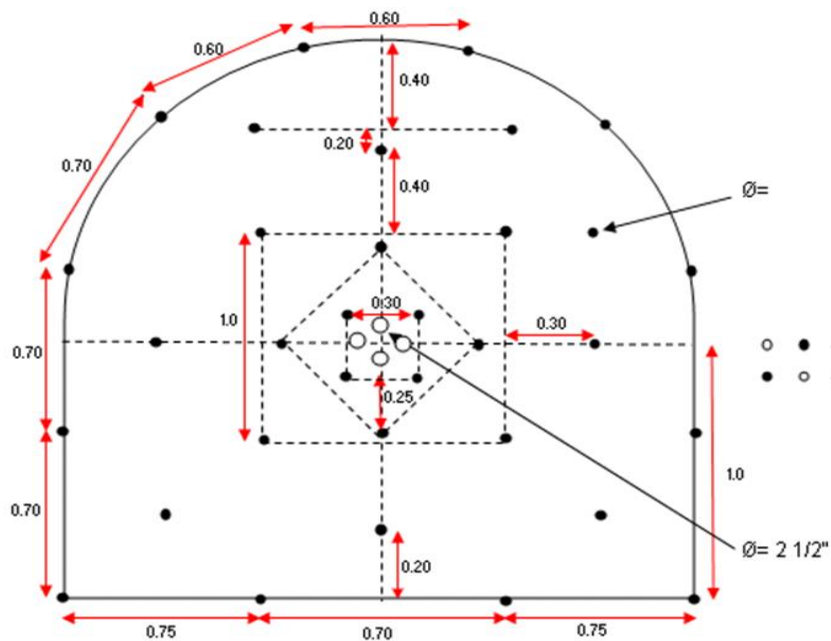
Sección: 4.00 m. x 4.00 m.

Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2

Figura

22

Malla de perforación en rampas



Nota. Tomado de (Área de perforación y voladura de la Unidad Uchucchacua)

Figura

23

Modalidad de carguío para el diseño

Modalidad De carguío para el diseño

ARRANQUE N° de Taladros: 4 9 cartuchos SEMEXSA 80 de 1x7"	
AYUDA DE ARRANQUE N° de Taladros: 8 8 cartuchos SEMEXSA 80 de 1x7"	
AYUDA DE CUADRADORES N° de Taladros: 2 6 cartuchos SEMEXSA 80 de 1x7"	
ARRASTRAS Y SOBREAYUDAS N° de Taladros: 10 7 cartuchos SEMEXSA 80 de 1x7"	
CORONA Y CUADRADORES (HASTIALES) N° de Taladros: 8 1 cartucho SEMEXSA 80 de 1x7" 5 cartuchos SEMEXSA 45 de 7/8x7"	

Nota. Tomado de (Área de perforación y voladura de la Unidad Uchucchacua)

Los explosivos usados en breasting son:

Dinamita: Semexsa de 65% 7/8" x 7", 34.72 Kgr

Accesorios de voladura:

Carmex: 30 unidades de 2.7 mts. de longitud.

Mecha rápida: 36 mts.

La voladura posee una eficiencia de 83% en promedio

4.2.3. Condiciones del terreno después de la voladura

Cuando se producen detonaciones de alto impacto en espacios confinados es de esperar las condiciones del terreno presenten Niveles de daño o deterioro.

Si bien es cierto entre las labores que realizan los taladros está la del aseguramiento de las partes superiores como lo son el techo y espacios laterales no es posible garantizar unas condiciones adecuadas para todo el alcance de la debido aquí su ancho es un factor difícil de controlar y que comúnmente contribuye desestabilizar el terreno. Específicamente este fenómeno se puede

producir en secciones determinadas como la sección de Tataje o la sección de rampa.

En ese sentido para compensar el grado de inestabilidad que presenta el terreno después de la labor de voladura se requiere instalar un sistema de sostenimiento para que garantice las condiciones de trabajo en el lugar.

Este sistema se dispone básicamente mediante la instalación mediante fricción de pernos Split Set que tiene por objetivo sujetar las secciones del techo para poder realizar las labores de limpieza de la galería. Por su parte en la sección de rampa se instalan pernos de anclaje y si las condiciones los requieren serán necesarias instalar un enmallado de sostenimiento.

Sostenimiento

En el caso específico de instalaciones de producción se instalará un sistema de aseguramiento por medio de fricción de pernos Split set, lo que permite labores de limpieza sin correr riesgo. Por su parte en la sección de rampa se instalan pernos de anclaje y si las condiciones los requieren serán necesarias instalar un enmallado de sostenimiento. En ambos casos se debe implementar un revestimiento adicional de concreto arrojado a presión.

Voladura en producción

Las labores de producción están constituidas por tajeos de 4 x 2.7 metros, los cuales son disparados mediante una malla rectangular, tipo breasting, para cortes de 2.7 de altura, con taladros que alcanzan una profundidad de 8'; después de la detonación la fragmentación del material se traslada al ore pas por medio de scooptram con capacidad de dos yardas cúbicas, y de allí a la planta de beneficio, con camiones de 20 tn de capacidad.

4.2.4. Análisis de costos

Costos de producción en Breasting

Este método supone un coste de 4.69 dólares por Tn. métrica para operaciones donde cada labor abarque 4 metros y 2.7 metros con una altura de corte que llega hasta los 2.7 metros.

A continuación, se muestra el detalle de los costos de operar este método:

Costo de corte Breasting en tajeos de 4 m. x 2.7 m.

Tabla 2

Parámetros principales

PARAMETROS PRINCIPALES	
Tipo de rota	Media
Ancho de labor	4.0
Altura de labor	2.7
Numero de taladros	44
Taladro de alivio	0
N° cartuchos/disparo 65% 7/8"x7	306
N° cartuchos/taladro 65% 7/8"x7	10.2
Longitud efectiva de perforación 8 pies	7.33 pies, 2.24 m
Rendimiento/disparo 95%	6.97 pies, 2.12 m
Volumen Movido m3	22.3
Factor de potencia	1.11 kg/m3

Nota: Esta tabla muestra los parámetros principales del costo operativo.

Costos en rampas

Los costos para Rampas de 4 x 4 metros para sección plena el costo de avance por metro es de 209.70 \$/m, se presenta en el cuadro siguiente:

Tabla 3

Parámetros de rampas

PARAMETROS PRINCIPALES	
Tipo de roca	Media
Ancho y altura de labor	4.0 x 4.0
Numero de taladros	54
N° cartuchos/disparo 65% 7/8"x7	487
N° cartuchos/taladro 65% 7/8"x7	10.59
Longitud efectiva de perforación 8 pies	7.33 pies, 2.23 m
Rendimiento/disparo 95%	6.52 pies, 1.99 m
Volumen Movido m3	31.84
Factor de potencia	1.24 kgim3

Nota: Esta tabla muestra los parámetros principales en rampa.

Tabla 4

Costo de corte Breasting en tajeos de 4 m. x 2.7 m.

Costa de corte Breasting en tajeos de 4 m. x 2.7 m				
	Unidad	costa S/	cantidad	subtotal S/
Mano de obra				
Maestro perforista	HH	17.0	8.00	136.0
Ayudante perforista	HH	14.0	8.00	112.0
Sub total				248.0
Implementos				
Implementos perforistas	HH	044	16.00	7.04
Implementos otros	HH	0.40	0.00	0.00
Sub total				7.04
Materiales y herramientas				
Costo perforadora		0.35	220	77.00
Costa aceres e insumos		3.68	220	809.60
Herramientas		0.37	1.00	0.37
Sub total				886.97
Explosivos				
Dinamita	kg	5.67	24.84	140.84
Carmex	pza	3.68	30.00	110.40
Carmex	pza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	6.00	2.22
Sub total				256.22
Total, costo directo/disparo, en soles	S/			1398.23
Total, costa directo/disparo, en \$	\$			367.96
Costa per metro cubico	\$			16.5
Peso específico de mineral	tn/m3			3.52
Tonelada por disparo	tn/disp			78.5
Caste per tonelada	\$/tn			4.69

Nota: Esta tabla muestra el costo detallado de corte Breasting

Tabla 5*Costo para Rampas de 4 m. x 4 m*

Costo para Rampas de 4 m. x 4 m				
	Unidad	costa S/	cantidad	subtotal S/
Mano de obra				
Maestro perforista	HH	17.0	8.00	136.0
Ayudante perforista	HH	14.0	8.00	112.0
Sub total				248.0
Implementos				
Implementos perforistas	HH	0.44	16.00	7.04
Implementos otros	HH	0.40	0.00	0.00
Sub total				7.04
Materiales y herramientas				
Costa perforadora		0.35	235	82.25
Costa aceros e insumos		3.68	230	846.40
Herramientas		0.37	1.00	0.37
Sub total				929.02
Explosivos				
Dinamita	kg	5.67	38.21	216.65
Carmex	pza	3.68	46.00	169.28
Carmex	pza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	35.00	12.95
Sub total				401.64
Total, costa directo/disparo, en soles	S/			1585.7
Total, costo directo/disparo, en \$	3.8 \$			417.29
Costo por metro cubico	\$/m3			13.11
Peso específico de mineral	kg/m3			3.52
Tonelada par disparo	tn/disp.			112.1
Costo por tonelada	\$/tn			3.72
Casio por metro de avance	\$/m			209.70

Nota: Esta tabla muestra el costo detallado para rampas de 4 m. x 4 m.

4.3. Prueba de Hipótesis

Optimización de la perforación y voladura

Este tipo de labores pueden lograr alcanzar condiciones más óptimas si implementan en sus operaciones en mallado de perforación por dimensionamiento.

Para establecer adecuadamente este método se debe examinar exhaustivamente el área en el que se lo aplicará. Este diagnóstico conducirá a reducir costos en operaciones de taladros perforaciones voladuras.

Adicionalmente, se podrá implementar un nivel más de seguridad mediante este procedimiento y de esta manera se conseguirá labores en condiciones que presente un menor nivel de riesgo para las operaciones. Aspecto que también ayudará a cumplir un adecuado programa de gastos e inversiones.

Por otro lado, se debe considerar que una configuración más eficiente del mallado para perforaciones puede representar un mayor nivel en la eficiencia de la labor de voladuras.

Situación que se puede traducir una reducción significativa de costos que vienen hacer una parte Central de los totales de las labores de perforaciones y voladuras.

Otro aspecto a resaltar es que si las condiciones de seguridad trabajo aumenta esto significaría que se puede reducir secciones en áreas como los accesos y las rampas un elemento adicional en el proceso de optimizar la producción general de la todas las operaciones de la empresa.

En es en ese sentido se presentan las nuevas secciones de 3 y de 3, 5 mtr cuadrados para las rampas. Y en voladura se presentan las nuevas secciones de 3 metros cuadrados para tajeos.

En las operaciones de la unidad Uchucchacua las labores orientadas a optimizar los procesos antes señalados estuvieron a cargo de la empresa Exsa y de especialistas de la propia unidad minera.

Para ello se procedió a realizar un conjunto de revisiones para poder probar los nuevos procedimientos, los que incluyeron derogaciones asistidas, variaciones en los criterios de carga y perforación hasta ubicar el cálculo exacto que pueda garantizar un desempeño óptimo en cada labor.

Las evaluaciones iniciales de Exsa recomendaron en emplear un taladro con capacidad de ocho pies debido a las condiciones de fracturamiento que presentaba el terreno lo que significaba el mayor obstáculo a resolver.

En cuanto se pudo sobrepasar ese inconveniente mediante una calibración de pruebas se pudo establecer la cantidad necesaria de taladros para adecuar un breasting.

4.3.1. Estándar para malla de perforación de tajeos en Breasting 0.60 m x 0.60 m

Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2

Tipo de roca: MF/R Muy fracturado

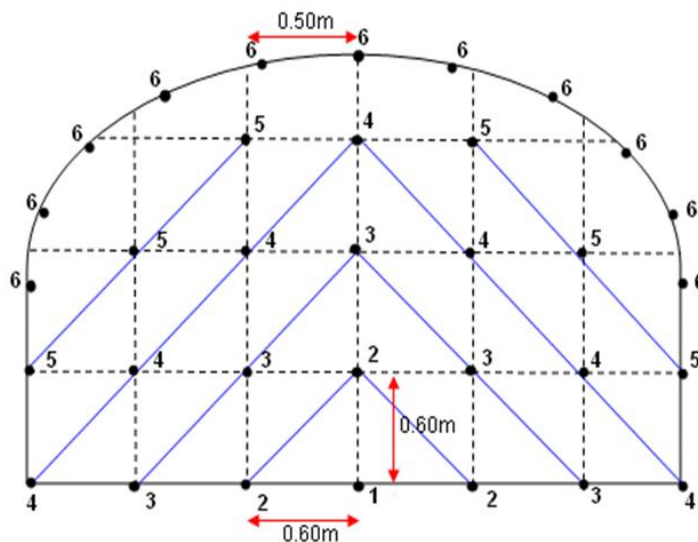
Rmr: 50 a 60

B x E: 0.60 M. x 0.60 m

Figura

24

Estándar para malla de perforación de tajeos en Breasting 0.60 m x 0.60 m



Nota: Elaboración propia de la malla de perforación en AutoCAD.

Figura 25

Modalidad de carguío para el diseño



Nota: Elaboración propia del diseño de carguío en Paint.

4.3.2. Estándar para malla de perforación de tajeos en Breasting 0.60 m x 0.70 m

Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2

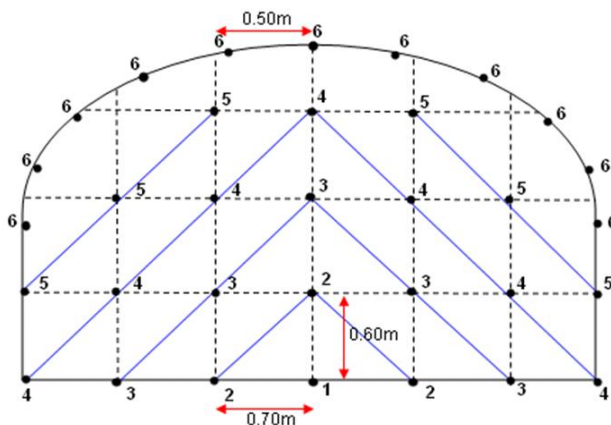
Tipo de roca: IF/R Intensamente fracturado

RMR: 40 a 50

B x E: 0.60 M. x 0.70 m

Figura 26

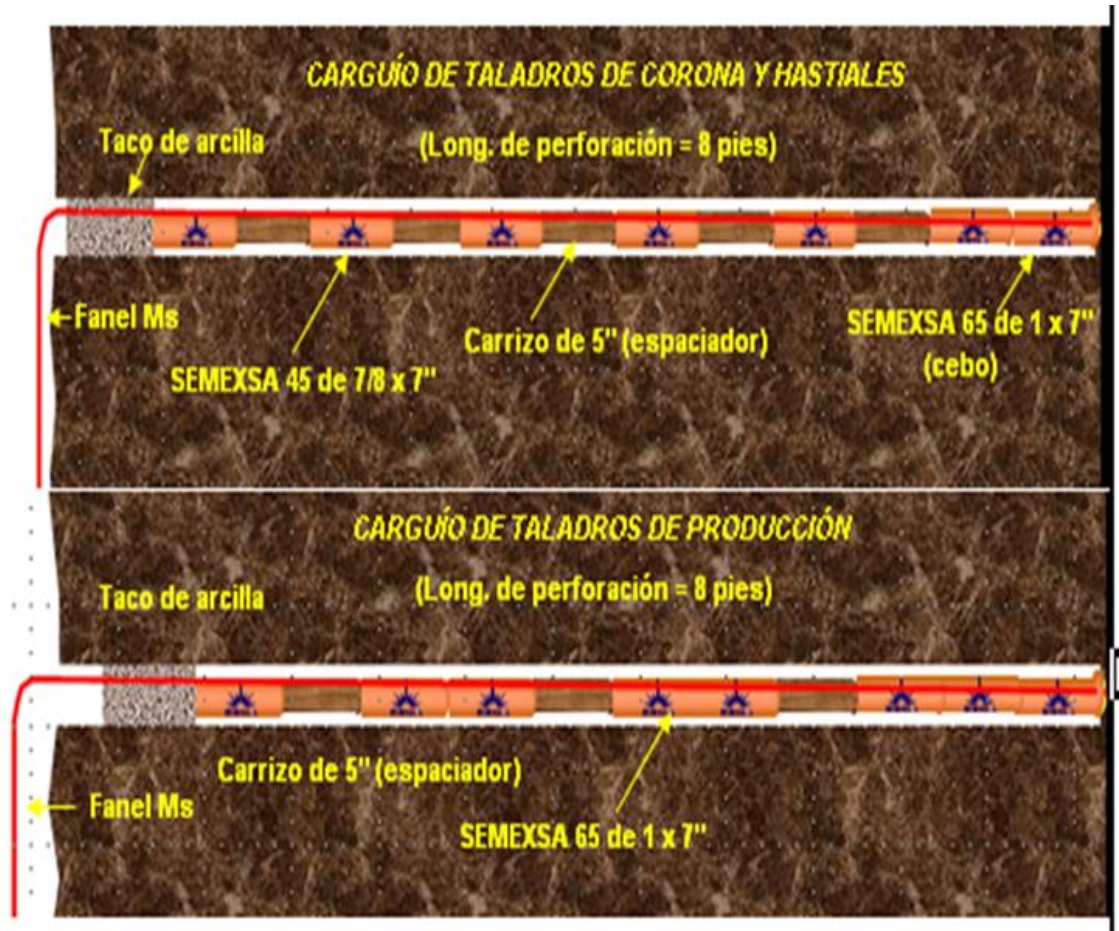
Estándar para malla de perforación de tajeos en Breasting 0.60 m x 0.70 m



Nota: Elaboración propia de la malla de perforación en AutoCAD.

Figura 27

Carguío de taladros de corona y hastiales



Nota: Elaboración propia del diseño de carguío en Paint.

4.3.3. Análisis de mallas para la optimización de la perforación y voladura.

Para poder optimizar la malla de perforación en nuestra investigación se tuvo que realizar 18 pruebas de disparo, estas pruebas se realizaron en 6 grupos, realizándose en cada grupo 3 disparos; 3 grupos para trabajos en frentes y 3 grupos en labores de producción. A continuación, describimos cada uno.

Prueba uno: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Rampa 036

Tabla 6

Prueba uno: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Rampa 036

Prueba uno: Veta Gina Socorro tajo 6675 - 2, Rampa 036			
Parámetros	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	tajo 6675	tajo 6675	tajo 6675
Tipo de labor	Rampa 036	Rampa 036	Rampa 036
Gradiente (/%)	15% +	15% +	15% +
Sección (m)	3.5 x 3.5	3.5 x 3.5	3.5 x 3.5
P.E. mineral	3	3	3
P.E. desmante	2_6	2.6	2.6
Perforación Breasting/frente	frente	frente	frente
Tipo material	desmante	desmante	desmante
Tipo de malla	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado
Tipo de arranque	Quemado	Quemado	Quemado
Taladros producción	34	33	34
Taladros de alivio	3	3	3
Diámetro tal. Producción (m)	51	51	51
Diámetro tal. Alivio (mm)	100	100	100
Longitud Perforación. (pies)	10	10	10
Longitud. Perforación (m)	3	3	3
Avance (m)	2.8	2.65	2.5
Eficiencia/disparo %	93.3	88.3	83.3
Tiempo perforación. (hr)	1.45	1,34	2.00
Tiempo perf/tal	3'50"	3'35"	4'05"
m3/disparo	34.3	32.5	30.6
tn/disparo	89.2	84.4	79.6
N° cartuchos/tal.	8.0	8.0	8.0
Explosivo	semexsa 65	semexsa 65	semexsa 65
Tama de explosivos.	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
N° cartuchos/tal.	8	8	8
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	10	10	10
Mecha rápida (m)	0.3	0.3	0.3
Carmex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Nota: Esta tabla muestra la prueba uno de la Veta Gina Socorro tajo 6675.

En los disparos realizados en esta primera prueba se obtuvo como eficiencia en el 1er disparo 93.3%, en el 2do disparo 88.3% y en el 3er disparo 83.3% con un promedio de 88.3%; para frentes de sección de 3.5 m x 3.5 m, material volado fue desmonte, malla cuadrada, corte quemado y 37 taladros.

Prueba dos: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Rampa 025

Tabla 7

Prueba dos: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Rampa 025

Prueba uno: Veta Gina Socorro tajo 6675 - 2, Rampa 025			
Parámetros	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	tajo 6675	tajo 6675	tajo 6675
Tipo de labor	Rampa 025	Rampa 025	Rampa 025
Gradiente I(%)	16% -	16% -	16% -
Sección (m)	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
Perforación Breasting/frente	frente	frente	frente
Tipo material	desmonte	desmonte	desmonte
Tipo de malla	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado
Tipo de arranque	Quemado	Quemado	Quemado
Taladros producción	32	34	32
Taladros de alivio	3	3	3
Diámetro tal. Producción (mm)	51	51	51
Diámetro tal. Alivio (mm)	100	100	100
Longitud Perforación. (pies)	10	10	10
Longitud. Perforación (m)	3	3	3
Avance (m)	2.8	2.5	2.7
Eficiencia/disparo %	93.3	83.3	90.3
Tiempo perforación (hr)	1.55	2.00	1.50
Tiempo perif/tal	3'55"	4'10"	3'48"
m ³ /disparo	25.2	22.5	24.3
tn/disparo	68.0	60.8	65.6
N° cartuchos/tal.	8.0	8.0	8.0
Explosivo	semexsa 65	semexsa 65	semexsa 65
Tamaño de explosivos.	1 ½" x 12	1 ½" x 12	1 ½" x 12'
N° cartuchos/tal.	8	8	8
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	10	10	10
Mecha rápida (m)	0.3	0.3	0.3
Carmex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Nota: Esta tabla muestra la prueba dos de la Veta Gina Socorro tajo 6675.

En los disparos realizados en la rampa 025, en esta segunda prueba se obtuvo como eficiencia en el 1er disparo 93.3%, en el 2do disparo 83.3% y en el 3er disparo 90.0% con un promedio de 88.86%; para frentes de sección de 3.0 m x 3.0 m, material volado fue desmonte, malla cuadrada, corte quemado y 37 taladros.

Prueba tres: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Acceso 046

Tabla 8

Prueba tres: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Acceso 046

Prueba uno: Veta Gina Socorro tajo 6675 — 2, Acceso 046			
Parámetros	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	tajo 6675	tajo 6675	tajo 6675
Tipo de labor	Acceso 046	Acceso 0436	Acceso 046
Gradiente .1%)	15% +	15% +	15% +
Sección (m)	3.5 x 3.5	3.5 x 3.5	3.5 x 3.5
P.E. mineral	3	3	3
RE. Desmonte	2.6	2.6	2.6
Perforación Breasting/frente	frente	frente	frente
Tipo material	desmonte	desmonte	desmonte
Tipo de malla	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado
Tipo de arranque	Quemado	Quemado	Quemado
Taladros producción	33	33	32
Taladros de alivio	3	3	3
Diámetro tal. Producción (mm)	51	51	51
Dímetro tal. Alivio (mm)	100	100	100
Longitud Perforación. (pies)	10	10	10
Longitud. Perforación (m)	3	3	3
Avance (m)	2.9	2.7	2.8
Eficiencia/disparo %	96.7	90.0	93.3
Tiempo perforación_ (hr)	2.00	2.40	2.50
Tiempo perf/tal	4'05"	3'55"	4'00"
m3/disparo	35.5	33.1	34.3
tn/disparo	92.4	86.0	89.2
N° cartuchos/tal.	8.0	8.0	8.0
Explosivo	semexsa 65	semexsa 65	semexsa 65
Tamaño de explosivos.	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
N° cartuchos/tal.	8	8	8
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	10	10	10
Media rápida (m)	0.3	0.3	0.3
Carmex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Nota: Esta tabla muestra la prueba tres de la Veta Gina Socorro tajo 6675.

En los disparos realizados en el acceso 046, en esta tercera prueba se obtuvo como eficiencia en el 1er disparo 96.7%, en el 2do disparo 90.0% y en el 3er disparo 93.3% con un promedio de 93.3%; para frentes de sección de 3.5 m x 3.5 m, material volado fue desmonte, malla cuadrada, corte quemado y 37 taladros

Prueba cuatro: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Tajeo 070

Tabla 9

Prueba cuatro: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Tajeo 070

Prueba uno: Veta Gina Socorro tajo 6675 - 2, Tajeo 070			
Parámetros	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	tajo 6675	tajo 6675	tajo 6675
Tipo de labor	Tajeo 070	Tajeo 070	Tajeo 070
Gradiente (%)			
Sección (m)	3.3 x 3.0	3.3 x 3.0	3.0 x 3.0
P.E. mineral	3	3	3
P.E. desmonte	2.6	2.6	2.6
Perforación Breasting/frente	Breasting	Breasting	Breasting
Tipo material	mineral	mineral	mineral
Tipo de malla	Rectángulo	Rectángulo	Rectángulo
Tipo de arranque			
Taladros producción	39	38	39
Taladros de alivio	0	0	0
Diámetro tal. Producción (mm)	51	51	51
Diámetro tal. Alivio (mm)	0	0	0
Longitud Perforación. (pies)	12	12	12
Longitud. Perforación (m)	3.6	3.6	3.6
Avance (m)	3.12	3.0	3.10
Eficiencia/disparo %	86.7	83.3	75.0
Tiempo perforación (hr)	2.50	3.00	3.10
Tiempo perf/tal	3'50"	3'35"	4'00"
m ³ /disparo	28.1	27.0	24.3
tn/dispara	84.2	81.0	72.9
N° cartuchos/tal.	8.0	8.0	8.0
Explosivo	semexsa 65	semexsa 65	semexsa 65
Tamaño de explosivos.	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
N° cartuchos/tal.	8	8	8
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	25	25	25
Media rápida (m)	0.3	0.3	0.3
Carmex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Nota: Esta tabla muestra la prueba cuatro de la Veta Gina Socorro tajo 6675.

En los disparos realizados en esta cuarta prueba se obtuvo como eficiencia en el 1er disparo 86.7%, en el 2do disparo 83.3% y en el 3er disparo 75.0% con un promedio de 81.6%; para tajeos de mineral de sección de 3.0 m x 3.0 m, material volado fue mineral, malla rectangular, y 39 taladros

Prueba cinco: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Tajeo 035

Tabla 10

Prueba cinco: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Tajeo 035

Prueba uno: Veta Gina Socorro tajo 6675 - 2, Tajeo 035			
Parámetros	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	tajo 6675	tajo 6675	tajo 6675
Tipo de labor	Tajeo 035	Tajeo 035	Tajeo 035
Gradiente (%)			
Sección (m)	3.0 x 3.0	3.0 x 3.0	3.0 x 3.0
P.E. mineral	3	3	3
P.E. desmante	2.6	2.6	2.6
Perforación Breasting/frente	Breasting	Breasting	Breasting
Tipo material	mineral	mineral	mineral
Tipo de malla	Rectángulo	Rectángulo	Rectángulo
Tipo de arranque			
Taladros producción	44	44	39
Taladros de alivio	0	0	0
Diámetro tal. Producción (mm)	51	51	51
Diámetro tal. Alivio (mm)	0	0	0
Longitud Perforación. (pies)	12	12	12
Longitud. Perforación (m)	3.6	3.6	3.6
Avance (m)	3.3	3.4	3.1
Eficiencia/disparo %	91.7	94.4	86.1
Tiempo perforación (hr)	2.30	3.20	3.35
Tiempo perf/tal	4'15"	3'30"	3'55"
m ³ /disparo	29.7	30.6	27.9
tn/dispara	89.1	91.8	83.7
N° cartuchos/tal.	8.0	8.0	8.0
Explosivo	semexsa 65	semexsa 65	semexsa 65
Tamaño de explosivos.	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
N° cartuchos/tal.	8	8	8
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	25	25	20
Media rápida (m)	0.3	0.3	0.3
Carmex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Nota: Esta tabla muestra la prueba cinco de la Veta Gina Socorro tajo 6675.

En los disparos realizados en esta quinta prueba se obtuvo como eficiencia en el 1er disparo 91.7%, en el 2do disparo 94.4% y en el 3er disparo 86.1% con un promedio de 90.7%; para tajeos en breasting de sección de 3.0 m x 3.0 m, material volado fue mineral, malla Rectángulo, y 44 taladros

Prueba seis: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Tajeo 050

Tabla 11

Prueba seis: Veta Gina Socorro tajo 6675 – 2, Tajeo 050

Prueba uno: Veta Gina Socorro tajo 6675 - 2, Tajeo 050			
Parámetros	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3
Nivel	375	375	375
Lugar de perforación	tajo 6675	tajo 6675	tajo 6675
Tipo de labor	Tajeo 050	Tajeo 050	Tajeo 050
Gradiente (%)			
Sección (m)	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
Perforación Breasting/frente	Breasting	Breasting	Breasting
Tipo material	mineral	mineral	mineral
Tipo de malla	Rectángulo	Rectángulo	Rectángulo
Tipo de arranque			
Taladros producción	39	40	39
Taladros de alivio	0	0	0
Diámetro tal. Producción (mm)	51	51	51
Diámetro tal. Alivio (mm)	0	0	0
Longitud Perforación. (pies)	10	10	10
Longitud. Perforación (m)	3	3	3
Avance (m)	3.0	2.8	2.5
Eficiencia/disparo %	100.0	93.3	83.3
Tiempo perforación (hr)	3.05	2.42	3.07
Tiempo perf/tal	4'10"	3'55"	4'05"
m ³ /disparo	27.0	25.2	22.5
tn/dispara	81.0	75.6	67.5
N° cartuchos/tal.	8.0	8.0	8.0
Explosivo	semexsa 65	semexsa 65	semexsa 65
Tamaño de explosivos.	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"	1 ½" x 12"
N° cartuchos/tal.	8	8	8
Fanel (pies)	14	14	14
Pentacor (m)	10	10	10
Media rápida (m)	0.3	0.3	0.3
Carmex (m)	2.7	2.7	2.7
Fulminante (unidad)	2	2	2

Nota: Esta tabla muestra la prueba seis de la Veta Gina Socorro tajo 6675.

En los disparos realizados en esta sexta prueba se obtuvo como eficiencia en el 1er disparo 100.0%, en el 2do disparo 93.3% y en el 3er disparo 83.3% con un promedio de 92.2%; para tajeos de sección de 3.0 m x 3.0 m, material volado fue mineral, malla rectangular, y 40 taladros

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Resultados de voladura

Al analizar los resultados de la investigación se obtuvo resultados favorables en cuanto a la perforación y voladura así tenemos:

Se logro establecer rampas de secciones más pequeñas como de 3m x 3m donde se empleó 36 taladros, 33 de producción y 3 de alivio cuyo diámetro de estos últimos fue de 100 mm, rampas de 3.5m x 3.5m perforándose 38 taladros de los cuales 35 son taladros de producción y 3 de alivio con diámetros de estos últimos de 100 mm. En las labores tipo Breasting se perforo 40 taladros de 51 mm de diámetro y malla rectangular.

4.4.2. Fragmentación del material

Al realizar la voladura de las rampas se logró obtener una fragmentación adecuada y en las voladuras de los tajeos donde se dispara en mineral se obtuvo una fragmentación uniforme, eliminándose los bancos con un mejor carguío y transporte del mineral.

También se obtuvo mejores condiciones de estabilidad de las rampas, se empleó menor sostenimiento y un buen control de los hastiales y techo de las labores.

4.4.3. Control de la periferia

En la voladura tipo Breasting se realizó taladros con cañas obteniendo una voladura controlada tanto del techo como de las paredes, lo que trajo consigo la disminución de los daños al techo y paredes y reduciendo los costos del sostenimiento y un aumento de la seguridad en las labores.

4.4.4. Sostenimiento

En cuanto al sostenimiento también se vio favorecido esta etapa al lograr reducir las secciones de las labores de 4m x 4m a 3m x 3m y a 3.5m x 3.5m lográndose un autoaporte del techo y reduciéndose las mallas de sostenimiento con el empleo de pernos Split set más espaciados.

4.4.5. Voladura en producción

En las voladuras de producción también se logró mejores resultados con el cambio de malla de perforación observándose mayor seguridad en las labores, menor desprendimiento de la roca dl techo y tener una granulometría donde no haya bancos.

4.4.6. Costos proyectados

Con las mallas proyectadas los costos determinados en la perforación y voladura fueron.

Costo en corte en Breasting en tajos de 3m x 3m

Tabla 12

Parámetros Costo de corte Breasting en tajeos de 3 m. x 3 m

PARAMETROS PRINCIPALES	
Tipo de roca	Media
Ancho y altura de labor	3.0 x 3.0
Numero de taladros	39
Taladro de alivio	0
N° cartuchos/disparo 65' 7/8"x7	428
N° cartuchos/taladro 65% 718"x7	11
Longitud efectiva de perforación 12 pies	12 pies, 3.66 m
Rendimiento/disparo 95%	11.40 pies, 3.47 m
Volumen Movido m3	31.23
Factor de potencia	1.11 kg/m3

Nota: Esta tabla muestra los parámetros de costo de corte Breasting en tajeos de 3 m. x 3 m

Tabla 13*Costo de corte Breasting en tajeos de 3 m. x 3 m*

Costo para Rampas de 3 m. x 3 m				
	Unidad	costa S/	cantidad	subtotal S/
Mano de obra				
Maestro perforista	HH	17.0	8.00	136.0
Ayudante perforista	HH	14.0	8.00	112.0
Sub total				248.0
Implementos				
Implementos perforistas	HH	0.44	16.00	7.04
Implementos otros	HH	0.40	0.00	0.00
Sub total				7.04
Materiales y herramientas				
Costa perforadora		0.35	220	77.00
Costa aceros e insumos		3.68	220	809.60
Herramientas		0.37	1.00	0.37
Sub total				886.97
Explosivos				
Dinamita	kg	5.67	34.67	196.58
Carmex	pza	3.68	39.00	143.52
Carmex	pza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	30.00	11.10
Sub total				353.96
Total, costa directo/disparo, en soles	S/			1495.97
Total, costo directo/disparo, en \$	\$			393.67
Costo por metro cubico	\$/m3			12.61
Peso específico de mineral	kg/m3			3.52
Tonelada par disparo	tn/disp.			109.93
Costo por tonelada	\$/tn			3.58

Nota: Esta tabla muestra el costo de corte Breasting en tajeos de 3 m. x 3 m.

En producción se logra un costo en corte en Breasting en tajos de 3m x 3m en perforación y voladura de:

Costo por m³ se tiene 12,61 \$

Costo por Tonelada se tiene 3.58 \$

Costo en Rampas de 3 x 3 m

Tabla 14*Parámetros Costo en Rampas de 3 x 3 m*

PARAMETROS PRINCIPALES	
Tipo de roca	Media
Ancho y altura de labor	3.0 x 3.0
Numero de taladros	35
N° cartuchos/disparo 65' 7/8"x7	357
N° cartuchos/taladro 65% 718"x7	11
Longitud efectiva de perforación 10 pies	10 pies, 3.04 m
Rendimiento/disparo 95%	9.50 pies, 2.9 m
Volumen Movido m3	26.06
Factor de potencia	1.11 kg/m3

Nota: Esta tabla muestra los parámetros costo en rampas de 3 x 3 m.**Tabla 15***Costo en Rampas de 3.0 m. x 3.0 m.*

Costo para Rampas de 3 m. x 3 m				
	Unidad	costa S/	cantidad	subtotal S/
Mano de obra				
Maestro perforista	HH	17.0	8.00	136.0
Ayudante perforista	HH	14.0	8.00	112.0
Sub total				248.0
Implementos				
Implementos perforistas	HH	0.44	16.00	7.04
Implementos otros	HH	0.40	0.00	0.00
Sub total				7.04
Materiales y herramientas				
Costa perforadora		0.35	220	77.00
Costa aceros e insumos		3.68	220	809.60
Herramientas		0.37	1.00	0.37
Sub total				886.97
Explosivos				
Dinamita	kg	5.67	28.92	163.98
Carmex	pza	3.68	32.00	117.76
Carmex	pza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	30.00	11.10
Sub total				295.60
Total, costa directo/disparo, en soles	S/			1437.61
Total, costo directo/disparo, en \$	\$			378.32
Costo por metro cubico	\$/m3			14.52
Peso específico de mineral	kg/m3			3.52
Tonelada par disparo	tn/disp.			91.73
Costo por tonelada	\$/tn			4.12
Casio por metro de avance	\$/m			130.45

Nota: Esta tabla muestra el costo en Rampas de 3.0 m. x 3.0 m.

Costo en rampas de 3,5 x 3,5 m

Tabla 16

Parámetros Costo en rampas de 3,5 x 3,5 m

PARAMETROS PRINCIPALES	
Tipo de roca	Media
Ancho y altura de labor	3.5 x 3.5
Numero de taladros	37
N° cartuchos/disparo 65' 7/8"x7	429
N° cartuchos/taladro 65% 718"x7	11
Longitud efectiva de perforación 8 pies	10 pies
Rendimiento/disparo 95%	9.50 pies, 2.9 m
Volumen Movido m3	35.52
Factor de potencia	1.11 kg/m3

Nota: Esta tabla muestra los parámetros de costo en rampas de 3,5 x 3,5 m

Tabla 17

Costo en Rampas de 3.5 m. x 3.5 m

Costo para Rampas de 3.5 m. x 3.5 m				
	Unidad	costa S/	cantidad	subtotal S/
Mano de obra				
Maestro perforista	HH	17.0	8.00	136.0
Ayudante perforista	HH	14.0	8.00	112.0
Sub total				248.0
Implementos				
Implementos perforistas	HH	0.44	16.00	7.04
Implementos otros	HH	0.40	0.00	0.00
Sub total				7.04
Materiales y herramientas				
Costa perforadora		0.35	220	77.00
Costa aceros e insumos		3.68	220	809.60
Herramientas		0.37	1.00	0.37
Sub total				886.97
Explosivos				
Dinamita	kg	5.67	28.92	223.57
Carmex	pza	3.68	32.00	125.12
Carmex	pza	1.38	2.00	2.76
Mecha rápida	m	0.37	30.00	11.84
Sub total				363.29
Total, costa directo/disparo, en soles	S/			1505.3
Total, costo directo/disparo, en \$	\$			396.13
Costo por metro cubico	\$/m3			11.2
Peso específico de mineral	kg/m3			3.52
Tonelada par disparo	tn/disp.			125.03
Costo por tonelada	\$/tn			3.17
Casio por metro de avance	\$/m			132.5

Nota: Esta tabla muestra el costo en rampas de 3.5 m. x 3.5 m.

Como se puede observar en los cuadros precedentes para la construir secciones en Rampas se muestra que se logra un costo en dos presentaciones:

Costo por metro de avance para Rampa de 3 x 3 metros de sección se tiene: 130.45 \$.

Costo por metro de avance para Rampa de 3.5 x 3.5 metros de sección se tiene: 132.5 \$.

Resumen de parámetros en el cambio de la malla de perforación

Mostraremos un resumen de los parámetros calculados antes y después de la optimización de la malla de perforación, para poder clarificar los resultados obtenidos

4.4.7. Parámetros de la malla de perforación antes de la optimización

Tabla 18

Parámetros de la malla de perforación antes de la optimización

Malla de perforación antes de la optimización en Frentes	
Parámetros	valores
Frentes: Rampas	
Sección de la labor	4 mx 4 m
N° de taladros	48
Taladros de alivio	3
Longitud efectiva de perforación	2.23 m
Volumen/disparo	31.84 m ³
Tonelaje/disparo	112.1 tn/disp.
Eficiencia de perforación	85%
Eficiencia de voladura	81%
Cantidad de explosive	53.76 kg
Costo/disparo	417.29 \$/disparo
Costo/volumen	13.11 \$/m ³
Costo/tonelada	3.72 \$/tn
Costa/metro de avance	209.7 \$/m

Nota: Esta tabla muestra los parámetros de la malla de perforación antes de la optimización en Frentes.

Tabla 19

Malla de perforación antes de la optimización en Tajeos Breasting

Malla de perforación antes de la optimización en Tajeos Breasting	
Parámetros	valores
Frentes: Rampas	
Sección de la labor	4 m x 2.7 m
N° de taladros	44
Taladros de alivio	0
Longitud efectiva de perforación	2.12 m
Volumen/disparo	22.3 m ³
Tonelaje/disparo	78.5 tn/disp.
Eficiencia de perforación	88%
Eficiencia de voladura	83%
Cantidad de explosive	34.72 kg
Costo/disparo	367.96 \$/disparo
Costo/volumen	16.5 \$/m ³
Costo/tonelada	4.69 \$/tn

Nota: *Esta tabla muestra los parámetros de la malla de perforación antes de la optimización en Tajeos Breasting.*

4.4.8. Parámetros de la malla de perforación después de la optimización en frentes

Tabla 20

Parámetros de la malla de perforación después de la optimización en frentes

Parámetros de la malla de perforación después de la optimización en frentes											
Parámetro	1ra Prueba			2da Prueba			3ra Prueba			Promedio	Promedio
	1 disp	2 disp	3 disp	1disp	2 disp	3 disp	1 disp	2 disp	3 disp	3.5x3.5	3.0x3.0
Sección	3.5x3.5	3.5x3.5	3.5x3.5	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.5x3.5	3.5x3.5	3.5x3.5		
Material	desmante	desmante	desmante	desmante	desmante	desmante	desmante	desmante	desmante	desmante	desmante
Malla	cuadrada	cuadrado	cuadrado	cuadrado	cuadrado	cuadrado	cuadrado	cuadrado	cuadrado	cuadrado	cuadrado
N°taladros	34	33	34	32	34	32	33	33	32	33	33
N°tal.alivio	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3
Avance m.	2.8	2.65	2.5	2.8	2.5	2.7	2.9	2.7	2.8	2.73	2.67
Eficiencia%	93.3	88.3	83.3	93.3	83.3	90.0	96.7	90.0	93.3	90.82	88.87
m3/disparo	34.3	32.5	30.6	25.2	22.5	24.3	35.5	33.1	34.3	33.38	24
tn/disparo	89.2	84.4	79.6	93.3	83.3	90.0	92.4	86.0	89.2	86.8	88.87

Nota: Esta tabla muestra los parámetros de la malla de perforación después de la optimización en frentes.

4.4.9. Parámetros de la malla de perforación después de la optimización en Tajeos de producción

Tabla 21

Parámetros de la malla de perforación después de la optimización en Tajeos de producción

Parámetros de la malla de perforación después de la optimización en Tajeos de producción										
Parámetro	4ta Prueba			5ta Prueba			6senta Prueba			Promedio
	1disp	2disp	3dip	1 dip	2dip	3dip	1dip	2dip	3dip	
Sección	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0	3.0x3.0
Material	mineral	mineral	mineral	mineral	mineral	mineral	mineral	mineral	mineral	mineral
Malla	rectángulo	rectángulo	rectángulo	rectángulo	rectángulo	rectángulo	rectángulo	rectangulo	rectangulo	rectangulo
N°taladros	39	38	39	44	44	39	38	40	39	40
N° tal.alivio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avance m.	3.12	3	2.7	3.3	3.4	3.1	3	2.8	2.5	2.99
Eficiencia%	86.7	83.3	75.0	91.7	94.4	86.1	100.0	93.3	83.3	88.2
m3/disparo	28.1	27.0	24.3	29.7	30.6	27.9	27.0	25.2	22.5	26.9
tn/disparo	84.2	81.0	72.9	89.1	91.8	83.7	81.0	75.6	67.5	80.75

Nota: Esta tabla muestra los parámetros de la malla de perforación después de la optimización en Tajeos de producción.

4.4.10. Costos de la perforación y voladura antes de optimización

Tabla 22

Costos de la perforación y voladura antes de optimización

Costos de la perforación y voladura antes de optimización		
Parámetros	EN PRODUCCIÓN	EN FRENTE
Sección labor	4 m x 2.7 m	4 m x 4 m
N° de taladros	44	48
N° tal. De alivio	0	3
Long. Efectiva de perf.	2.12 m.	2.23 m
Volumen movido (m3)	22.3 m3	31.84 m3
Toneladas/disp	78.5 tn	112.1 tn
Eficiencia de voladura	83%	81 %
kg. De explosivo	34.72 kg	53.76 kg
Costo total (S.)	1398.23 Soles	1585.7 Soles
Costo total (\$)	367.96 \$	417.29 \$
Costo/m3	16.5 \$	13.11 \$
Costo/tn	4.69 \$	3.72 \$
Costo/metro de avance		209.7 \$

Nota: Esta tabla muestra los Costos de la perforación y voladura antes de optimización.

4.4.11. Costos de la perforación y voladura después de optimización

Tabla 23

Costos de la perforación y voladura después de optimización

Costos de la perforación y voladura después de la optimización			
Parámetros	EN PRODUCCIÓN	EN FRENTE	
Sección labor	3 m x 3 m	3 m x 3 m	3.5m x 3.5m
N° de taladros	40	33	33
N° tal. De alivio	0	3	3
Long. Efectiva de perf.	3.66 m.	3.04 m.	3.0 m

Volumen movido (m3)	26.9 m3	33.38	24.00
Toneladas/disp	109.93 tn	125.03 tn	91.73
Eficiencia de voladura	88 %	88.87 %	90.82 %
kg de explosivos	34.67 kg	28.92 kg	39.43 kg
Costo total (S.)	1495.97 Soles	1437.61 Soles	1505.3 soles
Costo total (\$)	393.67 \$	378.32 \$	396.13
Costo/m3	12.61 \$	14.52 \$	11.2
Costo/tn	3.58 \$	4.12 \$	3.52 \$
Costo/metro de avance		130.45 \$/m	132.5 \$/m

Nota: Esta tabla muestra los Costos de la perforación y voladura después de optimización, donde se puede apreciar la reducción de costos.

4.4.12. Eficiencia alcanzada

Al aplicar la nueva malla de perforación se obtuvo las siguientes eficiencias en la perforación y voladura, notándose un mejoramiento de estos parámetros.

Tabla 24

Eficiencia alcanzada

Labor	Sección (m)	Eficiencia (%)
Rampa	3.5 x 3.5	90.82
Rampa	3.0 x 3.0	88.87
Breasting	3.0 x 3.0	88.00

Nota: Esta tabla muestra Eficiencia alcanzada al finalizar.

4.4.13. Malla establecida

Se trabajó con tres clases de malla de perforación, perforando diferentes números de taladros en cada malla.

En rampas de 3m. x 3m se realizó 33 taladros de producción y 3 de alivio

En rampas de 3.5m x 3.5 se realizó 33 taladros de producción y 3 de alivio de 100 mm de diámetro

En perforación Breasting se realizó 40 taladros de producción.

Tabla 25*Malla establecida*

Labor	Sección (m)	N° de taladros
Rampa	3.5 x 3.5	33 + 3
Rampa	3.0 x 3.0	33 + 3
Breasting	3.0 x 3.0	40

Nota: Esta tabla muestra la malla establecida al finalizar.**4.4.14. Cantidad de explosivos**

La cantidad de explosivos empleados en cada disparo que se realiza tanto en las rampas como en la voladura Breasting se muestra en el cuadro siguiente en donde se tiene un factor de potencia de 1.11kg/m³.

Tabla 26*Cantidad de explosivos*

Labor	Sección (m)	Cantidad de carga
Rampa	3.5 x 3.5	39.43 kg
Rampa	3.0 x 3.0	28.92 kg
Breasting	3.0 x 3.0	34.67 kg

Nota: Esta tabla muestra la cantidad de explosivos requeridos.**4.4.15. Costos obtenidos**

Mostramos los costos que representan la voladura antes y después del cambio de sección de las rampas; observando una reducción de los costos, una disminución del volumen volado y una mejora de la seguridad de las labores.

Tabla 27*Costos obtenidos*

Costos	antes de optimización		después de la optimización		
	Producción	Frentes	Producción	3.0 x 3.0	3.5 x 3.5
Costo total S/	1398.96	1585.7	1495.67	1437.61	1505.3
Costos totales \$	367.96	417.29	393.67	378.32	396.13
Costo/m ³ , \$	16.5	13.11	12.61	14.52	11.2
Costo/tn, \$	4.69	3.72	3.58	4.12	3.52
Costo/m, \$	--	209.7	--	130.45	132.5

Nota: Esta tabla muestra el comparativo de costos optimizados

CONCLUSIONES

1. El cambio de la malla de perforación para su estandarización en la mina Uchucchacua nos permitió el mejoramiento de la voladura en cuanto a eficiencia, a la malla de perforación, cantidad de explosivos, costos y mayor producción.
2. Se logro reducir la sección en las labores de frentes como rampas, accesos de 4 m x 4 m a 3.5 m x 3.5 m y a 3.0 m x 3.0 m y en las labores de producción tipo Breasting se redujo de 4.0 m x 2.7 m a secciones de 3.0 m x 3.0 m.
3. Se logró alcanzar eficiencias de la voladura en labores como rampas, accesos, eficiencias de, para frentes de 3.5 m x 3.5 m eficiencias de 90.82 %, para frentes de 3.m x 3 m. 88.87 % y para labores de producción 88 %, bastante superiores a las eficiencias antes de la optimización.
4. En cuanto a la malla de perforación, podemos observar que lograr una mallado óptimo hasta en tres métodos, cada uno con una necesidad diferente de taladros. Para el caso de las rampas se verificó que si las secciones cuentan con una dimensión de 3 metros de lado se debe disponer una configuración de 3 taladros de alivio y 33 taladros de producción. Pero si la sección presenta 3.5 metros de lado la configuración de taladros varía a 51 milímetros y 100 milímetros respectivamente, aun cuando se continúe con el mismo número de ellos y la misma proporción esté entre los de producción y los de alivio. En camino, para operaciones tipo breasting se encontró que con 40 taladros se alcanza la configuración óptima.
5. En cuanto al material explosivo consumido las cifras son las siguientes:

Sección	Cantidad consumida	Factor de potencia
rampa de 3 x 3	28,92 Kg	1.11 Kg/m ³
rampa de 3.5 x 3.5	39,43 Kg	1.11 Kg/m ³
(En Breasting) rampa de 3 x 3	34.67 Kg	1.11 Kg/m ³

6. los costos obtenidos después de la automatización fueron, para frentes de 3.5 m x 3.5 m 396.13 \$/disp , para frentes de 3 m x 3 m 378.32 \$/disp, y para labores de producción fue de 393.67 \$/disp; así mismo el costo por volumen volado, tonelada volada, por metro de avance se tiene, en frentes de 3.5 m x 3,5 m, 11.2 \$/m³, 3.52 \$/tn, 132.5 \$/m de avance, respectivamente; en frentes de 3 m x 3 m, 14.52 \$/m³, 4.12 \$/tn, 130.45 \$/m de avance respectivamente y en labores de producción se tiene 12.61\$/m³, 3.58 \$/tn, respetivamente. Los cuales son bastante significativos en relación a los costos sin la optimización.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que el aumento de la productividad se convierta en el criterio principal la optimización de esta operación minera con el objetivo de alcanzar su mejora.
2. Los niveles de seguridad deben garantizarse y mejorarse junto con los costes de producción siempre que las condiciones de operatividad lo permitan.
3. Se recomienda tecnificar los procesos productivos de la unidad con las reducciones de costes generadas debido a los métodos de optimización operativa propuestos en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BERNAL, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera edición ed.). (P. Educación, Ed.).
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Politécnica de Madrid.
- CHANCASANAMPA, 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 Universidad Nacional del Centro del Perú] repositorio institucional Universidad nacional del Centro del Perú.
- Correa, 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, Sede Huamachuco] repositorio institucional de la U.N. de Trujillo.
- CORREA, 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 Universidad Nacional de Trujillo.
- DEUDOR, J. (2019). *Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad en la mina Socorro – U.P. Uchucchacua de la Compañía Minera Buenaventura S.A.A.* [tesis de licenciamiento Universidad nacional Daniel Alcides Carrión] repositorio institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- ENAEEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEEX S.A.* ENAEEX, Gerencia técnica.
- EXSA. (2004). *Manual práctico de voladura* (cuarta edición ed.). (EXA, Ed.)
- EXSA. (s.f.). *Manual práctico de voladura, 4ta edición.* exsa.

- Instituto Geológico y Minero de España. (1987). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Instituto Geológico y Minero de España.
- JIMENO, JIMENO, BERMUDEZ, C. (2005). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid, España.
- RAMOS, M. (2013). *PLANEAMIENTO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN MINERÍA SUBTERRÁNEA Y MINIMIZACIÓN DE COSTOS EN DISPAROS DE MINA UCHUCCHACUA*. [tesis de licenciamiento Universidad nacional de San Agustín de Arequipa] repositorio institucional Universidad nacional de San Agustín de Arequipa.
- REPUBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (2003). *Glosario técnico minero*. Colombia.
- TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (cuarta edición ed.). (L. N. Editores, Ed.)
- TUNQUIPA, DIAZ, E. (2021). “*Optimización de costos unitarios de perforación y voladura en labores de preparación del NV 1715 en la Unidad Minera Chalhuane – 2021*”. [tesis de licenciamiento Universidad tecnológica del Perú] repositorio de la Universidad tecnológica del Perú.
- Universidad Politécnica de Madrid. (2020). *Introducción a la Minería Subterránea. Vol. IV Métodos de explotación de interior*.
- VEGA, F. (2021). *Implementación del diseño de perforación y voladura para optimizar los parámetros de avance en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua – 2019*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] repositorio institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

ANEXOS

ANEXO 1: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Parametros de diseño de Malla								
Fecha	Dureza	Diseño de Malla (m)			Explosivo	Tiempos (ms)		Factor de Carga
		B	E	T		Hole	Row	

Ilustración 1: Formato - Parámetros de malla

Fuente: Elaboración propia

Material volado y N° de taladros				
Fecha	Explosivo	Material Volado	N° de Taladros	
			Taladros	Detonadores

Ilustración 2: Formato - N° de taladros

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

Matriz de Consistencia

Título: “CAMBIO DE LA MALLA DE PERFORACION PARA OPTIMIZAR LA PERFORACION Y VOLADURA EN LA COMPAÑÍA BUENAVENTURA – UNIDAD UCHUCCHACUA.”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Es posible realizar cambios en las dimensiones de la malla de perforación, que nos permitan reducir los costos de la perforación y voladura y tener condiciones de seguridad de los trabajadores, de las instalaciones y equipos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua?</p> <p>Problemas específicos Problema específico a. ¿Cuál debe ser las dimensiones de la malla de perforación en las rampas y accesos que permitan optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua? Problema específico b. ¿Cuál debe ser las dimensiones de la malla de perforación en los tajeos que permitan optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua?</p>	<p>Objetivo general Determinar los cambios en las dimensiones de la malla de perforación, que nos permitan reducir los costos de la perforación y voladura, y tener condiciones de seguridad de los trabajadores, de las instalaciones y equipos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua</p> <p>Objetivos específicos Objetivo específico a. Determinar las dimensiones de la malla de perforación en las rampas y accesos que permitan optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua Objetivo específico b. Determinar las dimensiones de la malla de perforación en los tajeos que permitan optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua</p>	<p>Hipótesis General Al realizar cambios en las dimensiones de la malla de perforación, se podrá reducir los costos de la perforación y voladura y tener condiciones de seguridad de los trabajadores, de las instalaciones y equipos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua</p> <p>Hipótesis específicas Hipótesis específica a. Al determinar las dimensiones de la malla de perforación en las rampas y accesos es posible optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua Hipótesis específica b. Al determinar las dimensiones de la malla de perforación en los tajeos es posible optimizar la perforación y voladura, y contar con mayor eficiencia y menores costos en la Compañía Buenaventura – Unidad Uchucchacua</p>	<p>VARIABLES para la hipótesis general Variable independiente Malla de perforación Variable dependiente Costos de perforación y voladura</p> <p>VARIABLES para la hipótesis específicas Variable para la hipótesis a Variable independiente Malla de perforación en rampas Variable dependiente Costos de perforación y voladura Variable para la hipótesis b Variable independiente Malla de perforación en tajeos Variable dependiente Costos de perforación y voladura</p>	<p>-Tipo. Aplicada -Nivel. Descriptiva, correlacional -Método. Científico inductivo-deductivo -Diseño. No experimental -Muestra. tajeo 985, rampa 036, 025, acceso 046, cámara 070, 035, 050</p>

ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO



FOTO N°1: Levantamiento topográfico de la Rampa 036.



FOTO N°2: Pintado de malla de la Rampa 036.



FOTO N°3: Perforación de la Rampa 036.



FOTO N°1: Perforación del Tajo 6675.



FOTO N°1: slot (-) del Tajo 6675.



FOTO N°1: Plano del Tajo 6675.