

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Optimización de la voladura para la reducción de costos
en el desarrollo del Crucero 620, Proyecto de
Exploración Esperanza VI, U.E.A Capitana - Compañía
Minera Caravelí S.A.C.**

Elvis Pedro Suasnabar Gaspar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Oscar Jesús Canchucaja Gutarra

AGRADECIMIENTOS

Muy agradecido con las personas que me dieron su apoyo, consejos, opiniones, críticas para llevar a cabo un buen trabajo de investigación.

A la Compañía Minera Caravelí S.A.C., por permitirme poder realizar mis prácticas profesionales y brindarme apoyo en el desarrollo de mi profesión, también por el desarrollo de la tesis en especial al Ing. Luis Villaverde Arauco quien me apoyó en las diferentes actividades que se desarrollan dentro mina y facilitarme información puntual de toda la mina.

Agradecido con la Universidad Continental, a mi E.A.P. de Ingeniería de Minas, también mis Maestros e Ingenieros, por ayudarme a formarme profesionalmente, inculcándome todos los conocimientos que ellos han adquirido en su vida profesional.

Al M.Sc. Oscar Canchucaja Gutarra, por ayudarme y apoyarme con la asesoría del presente trabajo de investigación.

Elvis Pedro Suasnabar Gaspar.

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada a mi madre Giovanna, por ayudarme y apoyarme durante el transcurso de mi carrera, también a mi padre Alfredo quien me enseñó que la vida es de lucha y entrega, que cada esfuerzo tiene su recompensa a futuro y por inculcarme buenos valores. A mi hermano Alexis y mis abuelos por su invaluable aliento cotidiano.

Por último, a Agiorgia H.M, una persona muy especial para mí, por estar siempre aconsejándome y motivándome a lograr mis objetivos.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| PORTADA..... | I |
| ASESOR..... | II |
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| DEDICATORIA | IV |
| ÍNDICE..... | V |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS | IX |
| ÍNDICE DE ANEXOS | X |
| RESUMEN | XI |
| ABSTRACT..... | XII |
| INTRODUCCIÓN..... | XIII |
| CAPITULO I | 15 |
| 1 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 15 |
| 1.1 Planteamiento y formulación del problema | 15 |
| 1.1.1 Planteamiento del problema | 15 |
| 1.1.2 Formulación del problema | 16 |
| 1.2 Objetivos | 16 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 16 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 16 |
| 1.3 Justificación e importancia..... | 16 |
| 1.3.1 Justificación práctica | 16 |
| 1.3.2 Justificación económica..... | 17 |
| 1.3.3 Importancia | 17 |
| 1.4 Hipótesis de la investigación | 17 |
| 1.4.1 Hipótesis general..... | 17 |
| 1.4.2 Hipótesis específicas | 17 |
| 1.5 Identificación de variables | 18 |
| 1.5.1 Variable independiente..... | 18 |
| 1.5.2 Variable dependiente..... | 18 |
| 1.6 Matriz de operacionalización de variables..... | 19 |
| CAPITULO II | 20 |
| 2 MARCO TEÓRICO..... | 20 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| 2.1 | Antecedentes del problema..... | 20 |
| 2.2 | Generalidades de la U.E.A Capitana – Compañía Minera Caravelí S.A.C. | 22 |
| 2.2.1 | Ubicación de la Unidad Minera | 22 |
| 2.2.2 | Accesibilidad a la Unidad Minera | 23 |
| 2.2.3 | Fisiografía | 23 |
| 2.2.4 | Clima..... | 24 |
| 2.2.5 | Topografía | 24 |
| 2.2.6 | Geología | 26 |
| 2.2.7 | Geomecánica..... | 27 |
| 2.2.8 | Planeamiento de mina | 34 |
| 2.2.9 | Método de explotación..... | 35 |
| 2.3 | Bases teóricas..... | 37 |
| 2.3.1 | Costos..... | 37 |
| 2.3.2 | Malla de perforación | 38 |
| 2.3.3 | Factor de carga..... | 40 |
| 2.3.4 | Explosivos | 41 |
| 2.4 | Definición de términos..... | 45 |
| CAPITULO III | | 49 |
| 3 | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 49 |
| 3.1 | Métodos y alcances de la investigación | 49 |
| 3.1.1 | Método de la investigación | 49 |
| 3.1.2 | Alcances de la investigación | 49 |
| 3.2 | Diseño de la investigación | 49 |
| 3.2.1 | Tipo de Investigación..... | 49 |
| 3.2.2 | Nivel de investigación..... | 50 |
| 3.3 | Población y muestra..... | 50 |
| 3.3.1 | Población | 50 |
| 3.3.2 | Muestra | 50 |
| 3.4 | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 50 |
| 3.4.1 | Técnicas utilizadas en la recolección de datos..... | 50 |
| 3.4.2 | Instrumentos utilizados en la recolección de datos..... | 50 |
| 3.5 | Técnicas de tratamiento de datos..... | 51 |
| CAPITULO IV | | 52 |
| 4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 52 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Análisis situacional (presentación de datos)..... | 52 |
| 4.1.1 | Costo de la voladura con la malla de perforación anterior..... | 52 |
| 4.1.2 | Malla de perforación..... | 54 |
| 4.1.3 | Factor de carga explosiva..... | 59 |
| 4.1.4 | Explosivo utilizado..... | 61 |
| 4.1.5 | Operaciones complementarias del ciclo de minado..... | 65 |
| 4.2 | Discusión de resultados (optimización de la voladura)..... | 70 |
| 4.2.1 | Costo de la voladura con la nueva malla de perforación..... | 70 |
| 4.2.2 | Malla de perforación propuesta..... | 71 |
| 4.2.3 | Factor de carga explosiva..... | 78 |
| 4.2.4 | Aplicación de nuevo explosivo..... | 81 |
| 4.3 | Comprobación de hipótesis..... | 83 |
| 4.3.1 | Comprobación de la hipótesis general..... | 83 |
| 4.3.2 | Comprobación de la hipótesis específica “a”..... | 84 |
| 4.3.3 | Comprobación de la hipótesis específica “b”..... | 85 |
| 4.3.4 | Comprobación de la hipótesis específica “c”..... | 86 |
| 4.4 | Aporte de la investigación..... | 86 |
| | CONCLUSIONES..... | 88 |
| | RECOMENDACIONES..... | 90 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 91 |
| | ANEXOS..... | 93 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Ubicación de la U.E.A Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C. | 23 |
| Ilustración 2: Plano Topográfico de la U.E.A. Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C. | 25 |
| Ilustración 3: Índice de Resistencia Geológica (GSI) | 34 |
| Ilustración 4: Tipo de arranque - corte quemado..... | 39 |
| Ilustración 5: Tipo de arranque - corte cilíndrico | 40 |
| Ilustración 6: Diseño de arranque de la malla de perforación anterior | 57 |
| Ilustración 7: Malla de perforación anterior | 58 |
| Ilustración 8: Ventilación de la labor con ventiladora eléctrica..... | 65 |
| Ilustración 9: Limpieza con pala neumática | 66 |
| Ilustración 10: Acarreo de material - carros mineros cargados..... | 67 |
| Ilustración 11: Extracción a superficie con locomotora a batería | 68 |
| Ilustración 12: Sostenimiento con cuadro de madera - tipo cónico..... | 69 |
| Ilustración 13: Diseño del arranque en la nueva malla de perforación | 75 |
| Ilustración 14: Nueva malla de perforación | 77 |
| Ilustración 15: Distribución de la columna explosiva | 80 |
| Ilustración 16: Costo de voladura de antes y después..... | 84 |
| Ilustración 17: Comparación de números de taladros de antes y después | 84 |
| Ilustración 18: Distribución de carga explosiva de antes y después..... | 85 |
| Ilustración 19: Parámetros de voladura de antes y después..... | 85 |
| Ilustración 20: Costo del uso de accesorios y explosivos..... | 86 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Accesibilidad a la Unidad Minera | 23 |
| Tabla 2: Resistencia a la compresión simple de ciertas rocas | 28 |
| Tabla 3: Clasificación del espaciado de juntas..... | 29 |
| Tabla 4: Clasificación de orientación de las discontinuidades | 30 |
| Tabla 5: Parámetros de clasificación de Bieniawski y sus valores..... | 31 |
| Tabla 6: Ajuste de valores por las orientaciones de las juntas | 32 |
| Tabla 7: Valoración para determinar el tipo de macizo rocoso | 32 |
| Tabla 8: Resumen del costo de voladura con el explosivo y accesorios de voladura anteriormente | 53 |
| Tabla 9: Estándares de perforación | 54 |
| Tabla 10: Longitud de perforación | 54 |
| Tabla 11: Estructura de precio unitario - malla de perforación anterior..... | 56 |
| Tabla 12: Distribución de carga explosiva malla de perforación anterior | 60 |
| Tabla 13: Carga explosiva | 60 |
| Tabla 14: Características técnicas del explosivo utilizado..... | 61 |
| Tabla 15: Avance por disparo con la voladura anterior..... | 63 |
| Tabla 16: Precios de instalación de sostenimiento..... | 69 |
| Tabla 17: Resumen de los costos de voladura con el nuevo explosivo y accesorios de voladura | 71 |
| Tabla 18: Parámetro de distancia entre taladros | 71 |
| Tabla 19: Parámetro de coeficiente de roca | 71 |
| Tabla 20: Fórmulas para el cálculo de burden y espaciamiento..... | 73 |
| Tabla 21: Burden y espaciamiento | 74 |
| Tabla 22: Estructura del precio unitario - nueva malla de perforación..... | 76 |
| Tabla 23: Distribución de carga en la nueva malla de perforación..... | 79 |
| Tabla 24: Carga explosiva nueva | 80 |
| Tabla 25: Características técnicas del nuevo explosivo..... | 81 |
| Tabla 26: Avance por disparo con el nuevo explosivo | 82 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1: Matriz de consistencia | 94 |
| Anexo 2: Plano de Ubicación de la U.E.A. Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C. | 95 |
| Anexo 3: Columna estratigráfica del cuadrángulo Caravelí..... | 96 |
| Anexo 4: Geología estructural del cuadrángulo de Caravelí..... | 97 |
| Anexo 5: Plano Geológico del Proyecto Esperanza II y VI..... | 98 |
| Anexo 6: PETS - corte y relleno en tajos..... | 99 |
| Anexo 7: Corte y Relleno en tajos - etapa I..... | 100 |
| Anexo 8: Corte y Relleno en tajos - etapa II | 101 |
| Anexo 9: Corte y Relleno en tajos - etapa III | 102 |
| Anexo 10: PETS - preparado de cebos con dinamita..... | 103 |
| Anexo 11: Tabla de valorización geomecánica - GSI..... | 104 |
| Anexo 12: Precios Unitarios Compañía Minera Caravelí S.A.C. | 105 |
| Anexo 13: Facturación del consumo de materiales - octubre 2019 | 106 |
| Anexo 14: Formato de control de operaciones por día | 108 |
| Anexo 15: Control de costo total por metro avanzado anteriormente..... | 109 |
| Anexo 16: Control de costo total por metro avanzado actualmente..... | 110 |
| Anexo 17: Malla de perforación anterior | 111 |
| Anexo 18: Nueva malla de perforación | 112 |
| Anexo 19: Sistema de iniciación convencional de voladura | 113 |
| Anexo 20: Bocamina Nv 1700 - Esperanza II | 114 |
| Anexo 21: Bocamina Nv 1700 - Esperanza VI | 114 |
| Anexo 22: Pintado de malla de perforación anterior..... | 115 |
| Anexo 23: Malla de perforación anterior | 115 |
| Anexo 24: Accesorios de voladura utilizados anteriormente..... | 116 |
| Anexo 25: Explosivo ANFO para el carguío de los taladros..... | 116 |
| Anexo 26: Desatado de los faneles para el carguío de los taladros con Anfo | 117 |
| Anexo 27: Carguío de los taladros con ANFO..... | 117 |
| Anexo 28: Armado e Iniciación de la voladura anteriormente..... | 118 |
| Anexo 29: Nuevo diseño de malla de perforación | 118 |
| Anexo 30: Accesorios de voladura utilizados actualmente..... | 119 |
| Anexo 31: Tipo de explosivo utilizado actualmente | 119 |
| Anexo 32: Armado e Iniciación de la voladura actualmente..... | 120 |
| Anexo 33: Chispeo del Cx-620..... | 120 |
| Anexo 34: Pintado de malla de perforación en el Cx-620..... | 121 |
| Anexo 35: Armado e Iniciación de la voladura en el Cx-620..... | 121 |

RESUMEN

El trabajo de investigación que se presenta tiene por título “Optimización de la Voladura para la Reducción de Costos en el Desarrollo del Crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C.”, haciendo mención del problema general: ¿Cuál es la optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana?, dando a conocer el objetivo general que es: Determinar la optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana. La hipótesis a contrastar es: La optimización de la voladura permitirá reducir los costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana.

La metodología de investigación es del método científico, es del tipo aplicada, nivel correlacional y diseño de investigación experimental. La población estará conformado por todos los cruceros de la zona en el Nv 1700. Del mismo modo la muestra estará conformado por el desarrollo del crucero 620 en el Nv 1700.

En conclusión, al optimizar los estándares establecidos de perforación y voladura en el desarrollo del CX-620, se logró reducir los costos de voladura (S/. / metro) de 148.37 a 112.45 obteniendo así una reducción del 24% en comparación a lo obtenido anteriormente.

Palabras claves: Optimización de la Voladura, Reducción de Costos.

ABSTRACT

The research work presented is entitled “Optimization of the Blast for Cost Reduction in the Development of the Cruise 620, Esperanza VI Exploration Project, U.E.A. Capitana - Mining Company Caravelí S.A.C.”, mentioning the general problem: What is the optimization of the blast for cost reduction in the development of the cruise 620, Esperanza VI Exploration Project, U.E.A. Capitana. Making know the general objective is: Determine blast optimization for cost reduction in the development of the cruise 620, Esperanza VI Exploration Project, U.E.A. Capitana. The hypothesis to be tested is: The optimization of the blast will reduce costs in the development of the cruise 620, Esperanza VI Exploration Project, U.E.A. Capitana.

The research methodology is the scientific method, it is the applied type, correlational level and experimental research design. The population will be made up of all the cruise ships of the zone in Nv 1700. Likewise the sample will be formed by the development of the cruise 620 in Nv 1700.

In conclusion, by optimizing established drill and blast standards in the development of the CX-620, blast costs were reduced from (S/. / meter) 148.37 to 112.45, thus obtaining a reduction of 24% compared to the previous results.

Keywords: Blast Optimization, Cost Reduction.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la U.E.A Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C., se está llevando a cabo un gran proyecto de exploración denominado Esperanza VI. Donde se desarrollará un crucero con una longitud de 2200 m, el crucero que se desarrollará tendrá el fin de preparación y exploración. Por lo que el estudio que se realiza ve la necesidad de optimizar los costos en voladura ya que estos son muy elevados actualmente.

La investigación de realizar la reducción de costos en voladura para así optimizar esta operación en mina subterránea, es un análisis de cómo influye un correcto diseño de malla de perforación, parámetros utilizados en la voladura con el fin de poder obtener excelentes resultados.

Las operaciones de perforación y voladura son consecuentes, es decir si nosotros llegamos a tener una excelente perforación, pero una deficiente voladura entonces los resultados esperados no serán los mejores; del mismo modo si llegamos a tener una deficiente perforación y una excelente voladura se llegará a tener también inconvenientes en los resultados esperados.

Cuando realizamos la perforación y voladura en el macizo rocoso lo hacemos con varios fines diversos que existen en la minería, como la obtención de una buena granulometría en la roca fragmentada, también el de tener un buen avance con cada ciclo de minado que se realiza, mantener la geometría de la labor día a día evitando sobreroturas en las labores mineras. En nuestro caso la investigación se realiza con el fin de reducir los costos y optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620 que viene a ser un proyecto amplio de exploración.

Nuestro trabajo será dividido en IV capítulos:

Capítulo I: Planteamiento y formulación del problema de investigación, objetivos, justificación e importancia de la investigación, hipótesis y descripción de variables

Capítulo II: Antecedentes del problema de investigación, bases teóricas, definición de términos básicos.

Capítulo III: Método y alcance de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV: Resultados y discusión

Se finalizará la investigación con las conclusiones y recomendaciones, también se incluirá referencias bibliográficas y anexos que nos ayudaron en nuestro estudio.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Recientemente se está realizando un nuevo de proyecto de exploración que lleva por nombre Esperanza VI, que servirá para unir dos zonas de trabajo de explotación. Por lo que en esta zona donde se va realizar la perforación y voladura, se presenta un terreno de roca regular a dura, con presencia moderadamente de fracturas y fallas geológicas por lo que el sostenimiento es en su mayoría es de soporte artificial. Y con esto proponer una optimización en la perforación y voladura que conlleve a obtener mejores resultados.

Por ahora el proyecto de exploración tiene ya un trayecto de regular avance, por lo que se estuvo analizando los inconvenientes que se tenían al momento de realizar la profundización de este proyecto y generalmente se centra en los costos de voladura, por lo que estos eran elevados y no eran muy beneficiosos.

La Compañía Minera Caravelí S.A.C. estableció sus estándares de trabajo, y nosotros tenemos que cumplir lo establecido en la operaciones de perforación y voladura, pero se ha podido analizar que podríamos obviar algunos estándares y modificarlos para que sea beneficioso, por ejemplo el cambio en el diseño de malla de perforación, reducir los taladros que se realiza ahora por menor cantidad, otro seria cambiar la carga explosiva al usar los accesorios de voladura (Fanel por Carmex, Pentacord por Mecha rápida) y los explosivos (Anfo y Dinamita por Emulnor) esto con el fin de reducir los costos que se tiene actualmente en la perforación y voladura en el Proyecto de Exploración Esperanza VI.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general

- a) ¿Cuál es la optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana?

1.1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el nuevo diseño de malla de perforación tomando en consideración el número de taladros que permita optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana?
- b) ¿Cuál es la cantidad del nuevo explosivo a utilizar como factor de carga que permita optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana?
- c) ¿Cuál es el costo total del uso del nuevo explosivo y accesorios que permita reducir el costo de voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar un nuevo diseño de malla de perforación tomando en consideración el número de taladros que permita optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana.
- b) Determinar la cantidad del nuevo explosivo a utilizar como factor de carga que permita optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana.
- c) Determinar el costo total del uso del nuevo explosivo y accesorios que permita reducir el costo de voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana.

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación práctica

El presente trabajo se está realizando porque en la actualidad se presentan inconvenientes al realizar el ciclo de minado en el frente del proyecto de exploración esperanza VI, debido a que se tiene elevados costos actualmente en la operación de voladura, ya que se tiene un diseño de malla de perforación con demasiada cantidad de taladros distribuidos por lo que el factor de carga de explosivos y accesorios de voladura son altos, es por estas razones que se realiza esta investigación con el fin de proponer una nueva alternativa para la operación de voladura para reducir los costos elevados que se emplean actualmente en esta operación.

1.3.2 Justificación económica

Para la empresa será una buena contribución económica ya que se reducirán los costos de operación de voladura por costos más menores.

1.3.3 Importancia

Reducir los costos en la operación de la voladura, contando con un buen diseño de malla de perforación que nos permita distribuir bien los taladros, utilizando la carga explosiva necesaria y suficiente para poder realizar la voladura, empleando el explosivo adecuado según el tipo de roca que se tiene por disparar para así evitar sobreroturas en el techo y hastiales en el frente de trabajo.

1.4 Hipótesis de la investigación

1.4.1 Hipótesis general

La optimización de la voladura permitirá reducir los costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana.

1.4.2 Hipótesis específicas

- a) La determinación de un nuevo diseño de malla de perforación tomando en consideración el número de taladros permitirá optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana.
- b) La determinación de la cantidad del nuevo explosivo a utilizar como factor de carga permitirá optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana.
- c) La determinación del costo total del uso del nuevo explosivo y accesorios de voladura permitirá reducir el costo de voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana.

1.5 Identificación de variables

1.5.1 Variable independiente

- Optimización de la voladura

1.5.2 Variable dependiente

- Reducción de costos en el crucero 620

1.6 Matriz de operacionalización de variables

| TIPOS DE VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIÓN | SUBDIMENSIÓN | INDICADORES | UNIDADES |
|---|---|---|--|-----------------------|-------------------|
| Variable independiente Optimización de la voladura | Comprende buscar mejores resultados, mayor eficacia o eficiencia en la voladura, para ello se evalúan diferentes parámetros y estándares como el diseño de malla de perforación, factor de carga explosiva, uso de explosivos y accesorios de voladura. Por lo que optimizar se refiere a tener una mejor gestión de nuestros recursos en función del objetivo que deseamos alcanzar. | Comprende buscar mejores resultados, mayor eficacia o eficiencia en la voladura, para ello se evalúan diferentes parámetros y estándares como el diseño de malla de perforación, factor de carga explosiva, uso de explosivos y accesorios de voladura. | Diseño de malla de perforación Factor de carga explosiva Explosivos y accesorios de voladura | Cantidad de taladros | n° |
| | | | | Diámetro de taladro | mm |
| | | | | Tipo de arranque | Adimensional |
| | | | | Cantidad de explosivo | unid |
| | | | | Diámetro de explosivo | mm |
| | | | | Factor de carga | kg/m ³ |
| Avance lineal | ml | | | | |
| Variable dependiente Reducción de costos en el desarrollo del crucero 620 | Es una herramienta de mejora aplicado a la disminución de los costos en la operación de la voladura del macizo rocoso, para así realizar el control de los diferentes materiales que se utilizan en esta operación. | Es una herramienta de mejora aplicado a la disminución de los costos en la operación de la voladura del macizo rocoso. | Reducción de costos de voladura | Costo de operación | S/ o US\$ |

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

(Oscar Alberto Jáuregui Aquino,2009), con el título de tesis “**Reducción de los Costos Operativos en Mina, Mediante la Optimización de los Estándares de las Operaciones Unitarias de Perforación y Voladura**” con el **objetivo** de la reducción de costos de operación de la empresa minera, implementando los estándares de trabajo en las operaciones de perforación y voladura. “Por ello **concluye** que, a través de la optimización de los estándares actuales de las operaciones unitarias de perforación y voladura, se logra la reducción del costo unitario total de mina. Eliminando así costos que pudieran ser generados al realizar una voladura secundaria y el incremento en la vida de los aceros utilizados en la perforación. La implementación y aplicación continua de estos nuevos estándares de trabajo aseguraran una operación económicamente más rentable”.
(1).

(Augusto Hernán Barriga Reynoso,2015), con el título de tesis “**Diseño e Implementación de Malla de Perforación para Optimizar la Voladura en la Mina San Genaro de la CIA. Minera Castrovirreyna**” con el **objetivo** de evaluar los diferentes diseños de malla de perforación y realizar la aplicación de la que mejor se adecue a las condiciones geomecánicas del macizo rocoso para así optimizar la voladura. “Hace mención que se **concluye**, la investigación tuvo por finalidad de mejorar la eficiencia de los disparos, minimizar o reducir los precios unitarios en el consumo de explosivos y accesorios de voladura, con el fin de generar mayores ingresos para la empresa a menores costos. Con estos resultados realizar una capacitación al personal para que pudieran observar cómo

se están dando realmente los resultados anteriores con los actuales. Para que puedan tener una idea de que influyen muchos factores poder obtener una buena perforación y voladura (diseño de malla de perforación, uso de explosivos y accesorios, carguío de taladros, eficiencia del operador, entre otros)". (2).

(Mario Percy Guillen Guerrero,2018), con el título de tesis "**Reducción del Factor de Carga y Optimización de Costos con la Aplicación de Corte Cilíndrico en Arranque de Labores de Avance en Roca Sedimentaria Marga – Mina Animon – IESA**" con el **objetivo** de realizar la optimización del avance lineal y los costos de desarrollo y preparación de las labores mineras de la empresa minera Animon, mediante la aplicación del corte cilíndrico como diferente tipo de arranque de voladura. "Es por ello que **concluye** con el cambio en el arranque en el diseño de malla de perforación se tendrá una disminución en el factor de carga de explosivos por lo que se reducirá la cantidad de taladros y se optimizará los costos en la operación de voladura". (3).

(Rudy Milton Chipana Tito,2015), con el título de tesis "**Diseño de Perforación y Voladura para Reducción de Costos en el Frente de la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A**" con el **objetivo** de determinar el diseño de malla de perforación y la carga explosiva adecuada para poder reducir los costos en la ejecución de la labor minera horizontal (galería). "Por lo tanto **concluye** que, con la determinación del diseño de la malla de perforación y la carga explosiva adecuada, se ha reducido los costos en la ejecución de la Galería Progreso de US\$ 294,9 a US\$ 235,64". (4).

(Aderling Jesús Gaona Gonzales,2015), con el título de tesis "**Optimización de la Voladura, Mina La Virgen de la Compañía Minera San Simón S.A – Huamachuco Trujillo**" con el **objetivo** de reducir los costos en la operación de perforación y voladura, mejorar la fragmentación del mineral y consiguiente ampliar más la producción rediseñando los patrones que se vienen aplicando en la actualidad en la perforación y voladura. "Por lo que **concluye**, al realizar la aplicación de diferentes mallas de perforación acorde al tipo de toca que se presenta, se llegara a tener una mejora en la calidad de la granulometría evitando así voladuras secundarias, esto se lograra aplicando la relación de burden y espaciamiento menor a 1 en diseño de malla triangular. Por otro lado, se obtendrá también una reducción en la cantidad de explosivo por metro lineal que se va utilizar". (5).

(Ludtwin Cáceres Navarro,2017), con el título de tesis **“Optimización de la Perforación y Voladura con Nuevo Diseño de Malla en el Crucero 10014 de la Empresa Minera Marsa”** con el **objetivo** de diseñar una nueva malla de perforación para así determinar su influencia en la reducción de costos en el crucero 10014 y también implementar la carga explosiva adecuada para no elevar los costos en voladura. “Es por ello que **concluye**, al aplicar un nuevo diseño de arranque de voladura, utilizando un tipo de explosivo diferente al usado actualmente, esto generara mejoras en el avance por disparo, una voladura mejor controlada evitando sobreroturas en el macizo rocoso”. (6).

(Oscar Rafael Lara Baltazar,2013), con el título de tesis **“Diseño de Malla de Perforación para optimizar la voladura en la Unidad Carahuacra de la Compañía Minera Volcan S.A.A.”** con el **objetivo** de realizar el adecuado diseño de malla de perforación evaluando bien los parámetros de carga, explosivo y roca que actualmente se están utilizando en la perforación y voladura. “Por lo tanto **concluye** que, al aplicar un nuevo diseño de arranque de voladura, utilizando un tipo de explosivo diferente al usado actualmente, esto generara mejoras en el avance por disparo, una voladura mejor controlada evitando sobreroturas en el macizo rocoso. Pasando a ser la eficiencia por voladura de un 77% anteriormente a 88% después de realizar la optimización en el diseño de malla de perforación y tipo de explosivo utilizado”. (7).

2.2 Generalidades de la U.E.A Capitana – Compañía Minera Caravelí S.A.C.

2.2.1 Ubicación de la Unidad Minera

“La Compañía Minera Caravelí S.A.C., se encuentra ubicado en el distrito de HuanuHuanu (Tocota), en la provincia de Caravelí, en el departamento de Arequipa, a una altitud promedio de 1780 msnm donde se encuentran ubicadas sus concesiones mineras que son pertenecientes a la U.E.A. Capitana”. (8).



Ilustración 1: Ubicación de la U.E.A Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Fuente: Google Earth

2.2.2 Accesibilidad a la Unidad Minera

“La trayectoria y el acceso parte desde la ciudad de Lima, es realizada por la Carretera Panamericana Sur hasta el km 610.7 donde se encuentra ubicado el distrito de Chala, es desde aquí que se continua siguiendo un pequeño desvío que es una carretera afirmada que cruza los diferentes pueblos de Chala Viejo, Tocota, Huanuhuanu, llegando a tenerse un recorrido de 36 km”. (8).

Tabla 1: Accesibilidad a la Unidad Minera

| De | A | Tipo de vía | Distancia (km) | Tiempo de viaje (h) |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|----------------|---------------------|
| Lima | km 610.7 Panamericana sur | asfaltada | 610.7 | 10.0 |
| km 610.7 (P.S) | Planta de beneficio Chacchuille | carretera afirmada | 36.0 | 1.5 |
| Planta de beneficio Chacchuille | Mina | trocha carrozable | 11.5 | 0.5 |

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Fisiografía

“En esta zona las altitudes varían entre los 1000 a 2100 m.s.n.m, pudiéndose encontrar aquí la unidad económica administrativa Capitana

ubicado a 1780 m.s.n.m y por otro lado la planta de beneficio se encuentra ubicado a unos 1100 m.s.n.m, la zona o el lugar donde se encuentran las instalaciones de todo el proyecto es de plano a ligeramente ondulado propio de las planicies elevadas de la región costera sur, hasta abrupto en los cerros aislados, con pendientes moderadas en las laderas de la vertiente occidental de los andes, pudiendo observar pequeñas quebradas”. (8).

2.2.4 Clima

2.2.4.1 Precipitación

“En esta zona el comportamiento de las precipitaciones que se puede llegar a tener son muy escasas hasta nula podría decirse”. (8).

2.2.4.2 Temperatura

“Su temperatura en la superficie exterior de la mina varía entre los 21°C y los 18°C en casi parte de todo el año, con escasas variaciones en los meses de febrero y agosto”. (8).

2.2.4.3 Vientos

“En este lugar los vientos se pueden considerar que sus mayores velocidades se presentan en los meses de marzo y noviembre con 3.39 a 3.95 m/s, por lo contrario, las más bajas velocidades se están presentando en los meses de abril y octubre con 2.77 a 3.25 m/s”. (8).

2.2.5 Topografía

“El lugar es muy accidentado topográficamente, la quebrada de Chala y sus tributarias son el accidente topográfico más relevante, con una diferencia de cotas que podría alcanzar los 1000 m dando lugar a una cuenca imbrífera de rumbo general NE y SW. Mientras que las cotas extremas son de 1200 a 3300 msnm. Es de importancia mencionar que este valle ha alcanzado su perfil de equilibrio, profundizando y ensanchando su cauce, proceso que se ha desarrollado en un tiempo corto, debido a la erosión sobre una superficie en proceso de levantamiento”. (8).

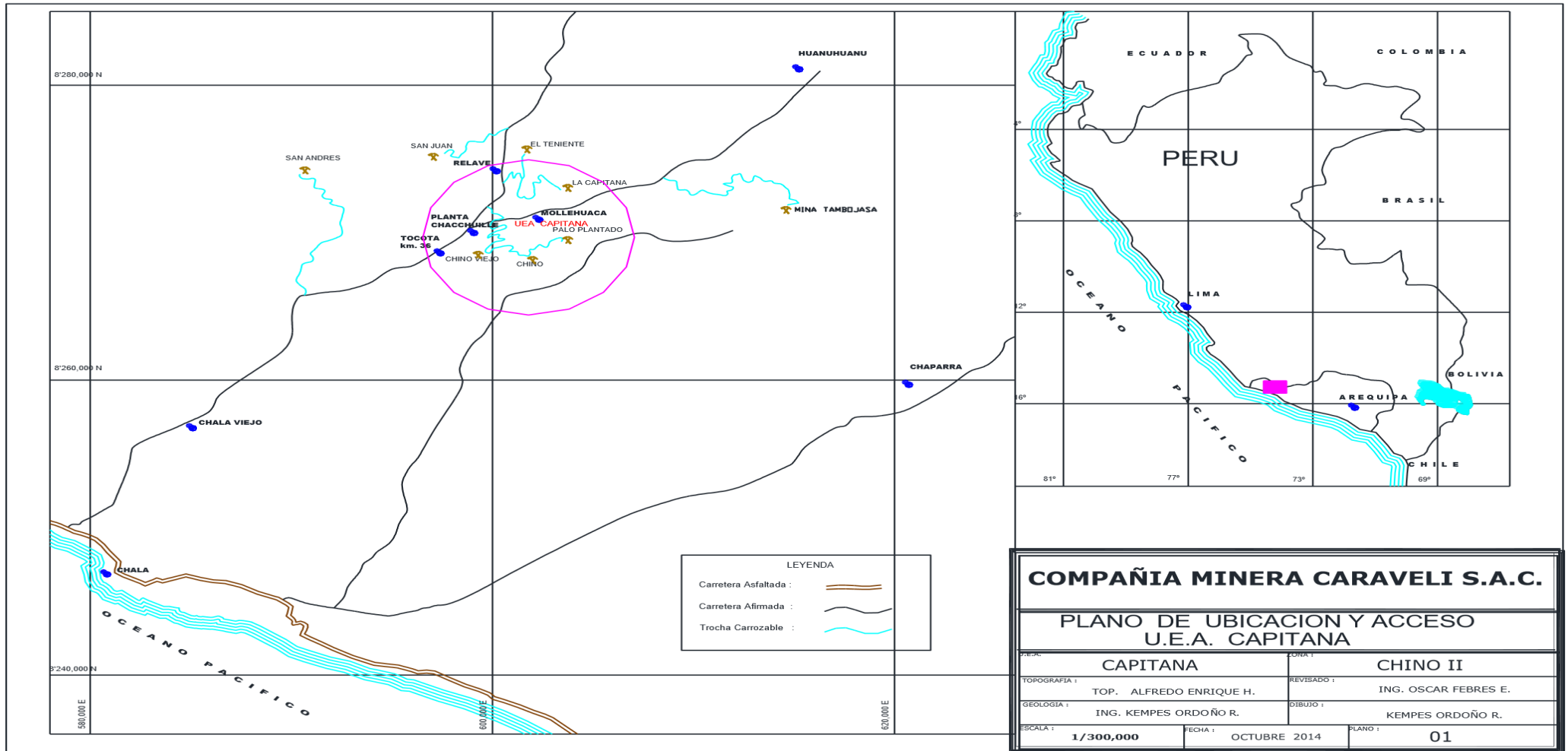


Ilustración 2: Plano Topográfico de la U.E.A. Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Fuente: Área de Topografía - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

2.2.6 Geología

“En la U.E.A. Capitana que es perteneciente a la Compañía Minera Caravelí S.A.C., podemos observar que existen el afloramiento de unidades litológicas como son las rocas intrusivas de la unidad Tiabaya que pertenece al segmento del Batolito de la Costa del Cretáceo Superior – Terciario Inferior”. (8).

“El tipo de roca que es de las intrusivas son de composiciones distintas donde sobresalen las dioritas, tonalitas, granodioritas y gabrodioritas. Dentro de estas rocas se encuentran emplazadas diferentes vetas mineralizadas con distintas potencias y diferente composición. También se tienen distintos diques que atraviesan las rocas plutónicas del Batolito de la Costa, como una etapa final de diferenciación magmática. Del mismo modo podemos encontrar en su mayoría diques dioríticos, andesíticos y de hornblendita que son los que más predominan en esta zona. Los depósitos cuaternarios se encuentran como relleno en las quebradas y están conformados por fragmentos de granodioritas, tonalitas y dioritas, englobados en un material areno arcilloso”. (8).

“Propiamente el yacimiento está formado por estructuras paralelas de rumbo N 65° W, con longitudes de afloramiento que varían desde los 1200 a 2100 m.s.n.m., a lo largo de los cuales se han emplazado los cuerpos mineralizados, en forma de lentes con potencia que oscilan entre 0.20 hasta los 1.50 m”. (8).

Geología de la veta esperanza

“Existen dos zonas de mineralización donde la zona de oxidación es el resultado del fenómeno supergénico de lixiviación de los sulfuros primarios que está conformada por relleno de calcita marrón, cuarzo con óxidos de fierro (Jarosita, Goethita y Hematita), conteniendo oro libre, por tramos estériles conformadas por brechas cuya matriz es arcillosa y por fragmentos de cuarzo. La zona de sulfuros está conformada por pirita, arsenopirita y calcopirita en menor proporción, dentro de una ganga de calcita y cuarzo. Por lo que, la veta ha sufrido reactivación pues los lentes mineralizados se encuentran seccionados por estructuras que se cruzan de caja a caja”. (8).

2.2.6.1 Geología regional

“Se llega a tener en la franja aurífera Nazca - Ocoña, afloramientos predominantes como son las rocas ígneas plutónicas del batolito de la costa (cretácico superior-terciario inferior) que presentan los siguientes tipos rocosos: dioríta, tonalíta, granodioríta, monzonita, monzodioríta. Las rocas hipabisales están constituidas por brechas de intrusión de naturaleza andesítica del complejo Bella Unión”. (8)

“En estas zonas se puede visualizar las rocas volcánicas que pertenecen a la formación guaneros del jurásico superior con intercalaciones de andesita porfirítica verde y gris oscuro, calizas y areniscas. La mineralización aurífera ocurre en todas las rocas descritas en forma de filones y ocasionalmente stock work (zona disputada)”. (8).

“Por otra parte, el fracturamiento está formado por un sistema de fallas mayores longitudinales del tipo normal o inverso y un sistema de fallas transversales con movimientos de rumbo y buzamientos. Mientras que la mineralización es de origen hidrotermal proveniente de fuentes magmáticas calcoalcalinas, siendo los minerales principales: cuarzo, pirita, oro”. (8).

2.2.6.2 Geología estructural

“Las diferentes zonas estructurales de mayor relevancia de la región se han diferenciado según la magnitud y el estilo de deformación que han sufrido las rocas debido, en parte, a su diferente naturaleza y la variada intensidad de los esfuerzos que han actuado como consecuencia de los movimientos tectónicos, materializados por pliegues, fallas y diaclasas que se observan en toda el área”. (8).

2.2.7 Geomecánica

Clasificación de Bieniawski

Índice RMR

“Para poder realizar la evaluación y determinación de la calidad del macizo rocoso, es dividido este en dominios estructurales es decir en zonas delimitadas por discontinuidades geológicas, dentro de las cuales la

estructura es prácticamente homogénea. La estructura del macizo rocoso comprende el conjunto de fallas, diaclasas, pliegues y demás características geológicas propias de una determinada región. El índice que define la clasificación es el denominado RMR (Rock Mass Rating), que evalúa la calidad del macizo rocoso a partir de los parámetros siguientes”:

(9).

- Resistencia a compresión simple del macizo rocoso, en la siguiente tabla se presenta una estimación de las resistencias medias de ciertas rocas según Bieniawski.

Tabla 2: Resistencia a la compresión simple de ciertas rocas

| Tipo de roca | Resistencia a compresión simple (MPa) | | |
|--------------|---------------------------------------|--------|-------|
| | Mínima | Máxima | Media |
| Creta | 1 | 2 | 1.5 |
| Sal | 15 | 29 | 22 |
| Carbón | 13 | 41 | 31 |
| Limolita | 25 | 38 | 32 |
| Esquisto | 31 | 70 | 43 |
| Pizarra | 33 | 150 | 70 |
| Lutita | 36 | 172 | 95 |
| Arenisca | 40 | 179 | 95 |
| Marga | 52 | 152 | 99 |
| Mármol | 60 | 140 | 112 |
| Caliza | 69 | 180 | 121 |
| Dolomía | 83 | 165 | 127 |
| Andesita | 127 | 138 | 128 |
| Granito | 153 | 233 | 188 |
| Gneis | 159 | 256 | 195 |
| Basalto | 168 | 359 | 252 |
| Cuarcita | 200 | 304 | 252 |
| Dolerita | 227 | 319 | 280 |
| Gabro | 290 | 326 | 298 |
| Taconita | 425 | 475 | 450 |
| Sílice | 587 | 683 | 635 |

Fuente: Libro de Mecánica de Rocas – Pedro Ramírez Oyanguren

- RQD, es el segundo parámetro y es de gran consideración para poder seleccionar el revestimiento de los túneles.

- Espaciado de las juntas, se considera a la palabra junta como a las discontinuidades estructurales presentes como: diaclasas, fallas, planos de estratificación, etc. Mientras que su espaciado es la distancia media entre los planos de discontinuidad de cada familia, es decir de cada conjunto con las mismas características geomecánicas. Debemos saber que la resistencia del macizo rocoso se va reduciendo al aumentar el número de juntas a continuación, se presentará la clasificación de espaciado de juntas.

Tabla 3: Clasificación del espaciado de juntas

| Descripción | Espaciado de las juntas | Tipo de macizo rocoso |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Muy ancho | > 3m | Sólido |
| Ancho | 1 - 3 m | Masivo |
| Moderadamente cerrado | 0.3 - 1 m | En bloques |
| Cerrado | 50 a 300 mm | Fracturado |
| Muy cerrado | < 50 mm | Machacado |

Fuente: Libro de Mecánica de Rocas – Pedro Ramírez Oyanguren

- Naturaleza de las juntas. Para realizar la descripción del estado de las juntas se utilizan los siguientes parámetros:
 - Rugosidad de los labios.
 - Relleno de la junta.
 - Resistencia de la roca en los labios de la discontinuidad.
 - Apertura entre los labios de la discontinuidad.
 - Continuidad (dimensiones) de la junta según rumbo y buzamiento.
- Presencia de agua. Si se tiene macizo rocoso diaclasado, el agua tiene mucha influencia en su comportamiento, debiendo estimarse el flujo de agua en litros/min cada 10 metros de túnel. La descripción que se usa es la siguiente: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.
- Orientación de las discontinuidades. La orientación respecto al eje de la estructura subterránea es un factor de suma importancia para determinar el sostenimiento necesario. La correcta orientación de la cavidad puede hacer descender claramente las necesidades de entibación. (9).

En la siguiente tabla se presentará la clasificación de la orientación de las discontinuidades dada por Bieniawski.

Tabla 4: Clasificación de orientación de las discontinuidades

| Rumbo perpendicular al eje del túnel | | Rumbo Paralelo al Eje del Túnel | | | | Buzamiento 0°-20° (independiente del rumbo) |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| Dirección según buzamiento | | Dirección contra buzamiento | | | | |
| Buzamiento 45°-90° | Buzamiento 20°-45° | Buzamiento 45°-90° | Buzamiento 20°-45° | Buzamiento 45°-90° | Buzamiento 20°-45° | |
| Muy favorable | Favorable | Regular | Desfavorable | Muy desfavorable | Regular | Desfavorable |

Fuente: Libro de Mecánica de Rocas – Pedro Ramírez Oyanguren

“Después de haber realizado la definición de los seis parámetros de la clasificación de Bieniawski, se determina la categoría del macizo rocoso. Luego se parte de un denominado “valor primario” de calidad que es igual a la suma de los cinco primeros parámetros, cuyos valores se definen en la Tabla 5. La versión presentada en esta tabla es la de 1989, actualmente en uso.

Para poder diseñar el sostenimiento de una labor subterránea, el valor primario se modifica en función del último parámetro descrito es decir orientación de las discontinuidades Tabla 6. Así se puede obtener el RMR del macizo rocoso, dependiendo del valor total del RMR se clasifican los macizos rocosos en cinco categorías presentadas en la Tabla 7”. (9)

Tabla 5: Parámetros de clasificación de Bieniawski y sus valores

| PARÁMETROS | | ESCALA DE VALORES | | | | | | | |
|------------|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|----------|---------|
| 1 | Resistencia de la roca intacta | Bajo carga puntual | > 10 MPa | 4-10 MPa | 2-4 MPa | 1-2 MPa | Para estos valores es preferible la resistencia a compresión simple | | |
| | | A compresión simple | > 250 MPa | 100-250 MPa | 50-100 MPa | 25-50 MPa | 5-25 MPa | 1-5 MPa | < 1 MPa |
| | VALOR | 15 | 12 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0 | |
| 2 | R.Q.D. | 90-100% | 75-90% | 50-75% | 25-50% | < 25% | | | |
| | VALOR | 20 | 17 | 13 | 8 | 3 | | | |
| 3 | ESPACIADO DE LAS JUNTAS | > 2 m | 0.6-2 m | 200-600 mm | 60-200 mm | < 60 mm | | | |
| | VALOR | 20 | 15 | 10 | 8 | 5 | | | |
| 4 | CONDICIONES DE LAS JUNTAS | Muy rugosas, sin continuidad, cerradas, roca labios sana. | Ligeramente rugosa, separación < 1 mm, roca labios ligeramente meteorizada. | Ligeramente rugosa, separación < 1 mm, roca labios muy meteorizada. | Espejo o falla o relleno de espesor < 5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm, juntas continuas. | Relleno blando de espesor > 5 mm, o juntas abiertas > 5 mm, juntas continuas. | | | |
| | | VALOR | 30 | 25 | 20 | 10 | 0 | | |
| 5 | AGUA | Flujo en cada 10 m de túnel | Ninguno | < 10 l/min | 10-25 l/min | 25-125 l/min | > 125 l/min | | |
| | | Relación presión del agua en la junta / tensión principal máxima. | 0 | < 0.1 | 0.1-0.2 | 0.2-0.5 | > 0.5 | | |
| | | Condiciones generales | Completamente seco | Manchas de humedad | Muy húmedo | Goteo | Flujo de agua | | |
| | | VALOR | 15 | 10 | 7 | 4 | 0 | | |

Fuente: Libro de Mecánica de Rocas – Pedro Ramírez Oyanguren

Tabla 6: Ajuste de valores por las orientaciones de las juntas

| Orientación del rumbo y Buzamiento de las discontinuidades | | Muy favorable | Favorable | Regular | Desfavorable | Muy desfavorable |
|--|-----------------|---------------|-----------|---------|--------------|------------------|
| VALORES | Túneles y Minas | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 |
| | Cimentaciones | 0 | -2 | -7 | -15 | -25 |
| | Taludes | 0 | -5 | -25 | -30 | -60 |

Fuente: Libro de Mecánica de Rocas – Pedro Ramírez Oyanguren

Tabla 7: Valoración para determinar el tipo de macizo rocoso

| | | | | | |
|-----------------------|-----------|---------|---------|---------|----------|
| Valor total del R.M.R | 81 - 100 | 61 - 80 | 41 - 60 | 21 – 40 | < 20 |
| Clase número | I | II | III | IV | V |
| Descripción | muy bueno | bueno | medio | malo | Muy malo |







Fuente: Libro de Mecánica de Rocas – Pedro Ramírez Oyanguren

ÍNDICE GSI (Geological Strength Index)

“El parámetro de valorización GSI es un índice de calidad de macizos rocosos que ha sido desarrollado para poder estimar los parámetros m_b y s de la clasificación de Hoek-Brown (1980). Donde dichos autores pensaron que un criterio de rotura de macizos rocosos no podía considerarse sólido si no se relacionaba con una clasificación

geomecánica. Al desarrollarse este criterio de rotura existían ya las clasificaciones RMR (Bieniawski, 1973) y Q (Barton, 1973) Hoek y Brown consideraron que estas habían sido creadas para estimar el sostenimiento de túneles y excavaciones subterráneas, por lo que incluyen parámetros que no son necesarios para estimar las propiedades del macizo rocoso que deben ser incluidas en un criterio de rotura. En lo que respecta al RMR, son dos los parámetros que intervienen en esta clasificación que no se han considerado necesarios en el GSI: las condiciones de agua subterránea y la orientación de la estructura geológica. Mientras que, en el caso de la clasificación de Barton, los parámetros que no se consideraron no adecuados fueron: las características del agua subterránea y el estado tensional (SRF). Los ya mencionados parámetros no deben ser incluidos en un criterio de rotura por que los cálculos tensionales se realizan en tensiones efectivas o sea incorporan ya la presión del agua y por supuesto las tensiones existentes en el macizo rocoso”. (9).

“Esta clasificación GSI puede definirse como una observación cuidadosa del macizo rocoso y por consiguiente es esencialmente cualitativa. Este índice incorpora la estructura del mismo y las características geomecánicas de las superficies de discontinuidad existentes en él y se obtiene a partir de un examen visual del macizo rocoso en afloramientos y sondeos. La clasificación GSI combina los dos aspectos fundamentales del comportamiento de los macizos rocosos, es decir su fracturación, o sea el tamaño y la forma de los bloques y la resistencia al corte de las discontinuidades”. (9).

| ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO | CONDICIONES DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES | | | | |
|---|---|-------|-------|------|----------|
| | MUY BUENA | BUENA | MEDIA | MALA | MUY MALA |
| CALIDAD DECRECIENTE DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES → | | | | | |
|  INTACTO O MASIVO Muestras intactas de roca o macizos rocosos masivos con pocas discontinuidades muy espaciadas. | 90 | | | N/A | N/A |
|  FORMADO POR BLOQUES Macizo rocoso consistente en bloques cúbicos delimitados por tres familias de discontinuidades, con los bloques bien encajados. | 80 | | | | |
|  FORMADO POR MUCHOS BLOQUES Macizo rocoso formado por bloques angulares de muchas caras delimitados por cuatro o más familias de discontinuidades. Los bloques están encajados pero solo parcialmente. | 70 | | | | |
|  FORMADO POR MUCHOS BLOQUES, DISTORSIONADO Y BANDEADO Plegado con muchos bloques angulares formados por la intersección de muchas familias de discontinuidades. Planos de estratificación o de esquistosidad persistentes. | 60 | | | | |
|  DESINTEGRADO Macizo rocoso muy fracturado con una mezcla de bloques angulares y redondeados débilmente encajados. | 50 | | | | |
|  LAMINADO Y CIZALLADO Debido a la existencia de numerosos planos débiles muy próximos de esquistosidad o de cizalla, no existen bloques. | 40 | | | | |
| | 30 | | | | |
| | 20 | | | | |
| | 10 | | | | |
| | N/A | N/A | | | |

↑ ENCAJE DECRECIENTE ENTRE LOS TROCOS DE ROCA ↓

Ilustración 3: Índice de Resistencia Geológica (GSI)

Fuente: Libro de Mecánica de Rocas – Pedro Ramírez Oyanguren

2.2.8 Planeamiento de mina

“En la U.E.A. Capitana se realizan diferentes labores como son los de exploración, preparación y desarrollo, explotación. Esto con el fin de poder encontrar, analizar, preparar y extraer las estructuras mineralizadas con rentabilidad económica. Por ello se realizan labores subterráneas de forma vertical, horizontal e inclinadas como son: galerías, chimeneas, subniveles, cruceros, etc. En la zona convencional se están trabajando en tres diferentes niveles Nv 1740, Nv 1780 y Nv 1820 donde se pueden tener labores con longitudes que van desde los 0.90 m x 1.80 m hasta los 2.10 x 2.40 m. Por otra parte, en la zona que es semimecanizada se están trabajando en dos niveles Nv 1700 y Nv 1740 donde se llegan a tener labores con grandes dimensiones grandes que van desde los 2.5 m x 2.5 m hasta los 3.00 m x 3.00 m, esto por el uso propio de grandes equipos mineros.

El gran proyecto que se está realizando actualmente es el desarrollo del crucero 620 que tendrá una longitud total de 2200 m, en este proyecto el tipo de roca es muy variable en esta zona, cuando la roca es de tipo mala se llega a tener un R.M.R de 35, cuando la roca es intermedia llega a tener un R.M.R de 48 y cuando se tiene un terreno duro el R.M.R llega a ser 61, es por ello que se realizan análisis y evaluaciones geomecánicas del terreno de manera constante. Por otro lado este proyecto tiene dos fines uno que servirá como proyecto de exploración para así identificar las diferentes estructuras mineralizadas que se pueden encontrar en esta zona para realizar su respectiva evaluación y análisis para así poder confirmar que se tiene rentabilidad económica beneficiosa y realizar su respectiva extracción, el otro fin del proyecto es de servir como preparación para poder conectar dos zonas de trabajo como son Esperanza II y Esperanza VI.” (8).

2.2.9 Método de explotación

Preparación del método CyR ascendente en la Unidad Minera

“Para poder comenzar con la preparación de este método se empieza con la división del filón(veta) en bloques de mineral (ore body) de acuerdo a las “Reglas Generales para la división de un Yacimiento para su Explotación”, con el aprovechamiento de dos galerías consecutivas: una inferior y otra superior y a los costados delimitándolo con chimeneas laterales, quedando así delimitados los ore body para poder empezar con la explotación propiamente, en los que se establece un orden determinado de acuerdo a un planeamiento elaborado (leyes, volumen, ciclo de minado, relleno etc.)” (8).

Explotación del método CyR ascendente en la Unidad Minera

“Una vez terminado la preparación se comienza con la explotación en sí de los ore body por corte y relleno, se empieza principalmente por la parte inferior del block de mineral dejando un puente de mineral sobre la galería inferior para así correr una franja horizontal (subnivel) dentro de los límites del block o cuartel. Cuando exista el caso de donde el mineral es de alta ley, entonces existen alternativas para no dejar el puente y se utiliza sostenimiento artificial para recuperar el puente.

Una vez arrancado la primera franja de mineral, se rellena el volumen correspondiente, este material sirve como plataforma para el laboreo de la

franja siguiente a la vez también servirá como sostenimiento de los hastiales (cajas)". (8).

Ciclo de minado

Perforación

"En este tipo de método de explotación, se pueden utilizar trazos de perforación para tajeos que vienen a ser:

- Horizontales: breasting
- Verticales
- Inclinaados

Taladros horizontales, donde se tiene dos caras libres y el rendimiento por metro perforado es mayor, así como el consumo de explosivos es menor, la perforación se efectúa con máquinas jack leg.

Taladros verticales, mientras que aquí se tiene que preparar inicialmente una pasadura como cara libre y luego efectuar la perforación con máquinas stoper o jack leg, es más cómodo para perforar.

Taladros inclinados, consiste en una variación de los taladros verticales y tiene más ventaja en cuanto a la formación de la cara libre. De acuerdo a la potencia del filón, la perforación de los taladros se efectúa en filas, cuyas mallas pueden ser en zigzag, triangulares o cuadradas". (8).

Voladura

"Para obtener una buena voladura, es importante determinar un trazo de malla de perforación óptimo, con lo cual se logrará el grado de fragmentación adecuado del mineral para el manipuleo (carguío y transporte).

Los explosivos más usados son el anfo, dinamitas y como accesorios de voladura el fanel, cordón detonante, conectores, etc. Los cuales se usan de acuerdo a que si el método es el convencional o mecanizado ya que tienen sus propios parámetros". (8).

Limpieza (carguío y transporte)

"Es la encargada de determinar el rendimiento del método. La forma y tamaño del tajeo condiciona la limpieza de la labor respecto al tipo de equipo a utilizar: por lo que la limpieza se realiza solamente a pulso (lampa

y carretilla) por el hecho mismo de que las labores no tienen grandes dimensiones". (8).

Relleno detrítico

"El material para el relleno, se puede obtener de la misma área de explotación (interno) - labores de preparación en mineral pobre o roca estéril - o creadas in situ cortadas hacia la caja techo y fuera del área de explotación (externo) en canteras diseñadas para este fin, preparación de glory hole. El relleno se introduce al área de explotación a través de chimeneas auxiliares construidas para este fin, luego se uniformiza a manera de franjas horizontales con los equipos adecuados (manual o mecánico) dejando la altura necesaria para continuar con el ciclo de minado". (8).

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Costos

"Se conoce a costo como el "valor" que se sacrifica para poder adquirir bienes o servicios, que podría ser medido en soles o dólares mediante la reducción de los activos o a la incursión en los pasivos en el momento en que se logra obtener los beneficios". (10).

2.3.1.1 Clasificación de los costos

Se llegan a tener diferentes tipos de clasificación que se llegan a presentar a continuación:

a) Centro de costos

- Geología (costos de prospección y exploración).
- Mina (costos de preparación, desarrollo, explotación y administración de mina).
- Planta (costos de concentrados y tratamiento).
- Servicios Auxiliares (costos de electricidad, agua y mantenimiento).
- Ventas (transporte de concentrados y de comercialización de concentrados). (10).

b) Costos variables

“Estos costos consisten en donde el costo total cambia en una proporción directa a los cambios que se pueden dar en el volumen o producción, todo esto dentro de un rango relevante, por lo que el costo unitario permanecerá constante. Los costos variables son los que llegan a modificarse en proporción a los cambios en la base de actividad”. (10).

- Seguros.
- Amortizaciones o depreciaciones.
- Sueldos.
- Impuestos fijos.
- Servicios públicos. (10).

c) Costos fijos

“A comparación con los costos variables, los costos fijos consisten en los que el costo fijo total permanece constante dentro de un rango relevante de producción, pero el costo fijo por unidad varía con la producción. Más allá de este rango relevante de producción, se llegará a notar variación en los costos fijos. Es decir, estos costos son los que permanecerán constantes a cualquier nivel de servicio o de producción.

Entonces se puede afirmar que los costos fijos son los que se mantienen invariables a cualquier nivel de ventas o de producción y la característica principal que nos ayuda a su identificación es que están dados o calculados en función al tiempo”. (10).

- Mano de obra directa (por producción o servicios).
- Materiales e insumos directos (aire comprimido, energía, llantas, explosivos).
- Impuestos secundarios o específicos.
- Transporte.
- Comisiones. (10).

2.3.2 Malla de perforación

“Es un esquema que indica la distribución de taladros para poder realizar la perforación y voladura del macizo rocoso. Para su elaboración se considera diversos parámetros como: la geometría de la labor o sección

a perforar, el tipo de arranque para la voladura, la relación del burden y espaciamiento de los taladros”. (11).

2.3.2.1 Cortes o Arranques

“Es conocida también como cuele, tiene la finalidad de generar una segunda cara libre que sirva como apoyo para la siguiente rotura del resto de la sección, de modo que los taladros que se encuentren en el núcleo y los de la periferia puedan llegar a destrozarse la roca en dirección hacia dicha cavidad aperturada inicialmente”. (11).

2.3.2.1.1 Corte quemado

“Este tipo de corte consiste en que los taladros perforados tengan el mismo diámetro con diferentes trazos o figuras de distribución, donde algunos taladros no contienen carga explosiva y estos llegarán a servir como caras libres para la acción de los taladros que contengan carga explosiva cuando lleguen a detonar. El diseño más usado es de un rombo con cinco taladros, donde cuatro taladros están vacíos en los vértices y un taladro está cargado al centro. Pero al presentarse ciertas condiciones de roca el esquema se llega a invertir con el taladro central vacío y los cuatro taladros restantes cargados. Del mismo modo son usados los esquemas con seis, nueve y más taladros con distribución cuadrática, donde la mitad de taladros va con carga explosiva y el resto de taladros vacíos, alternándose en formas diferentes, usualmente en forma de triángulos y rombos”. (11).

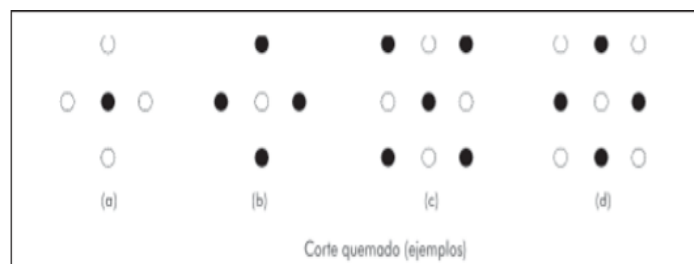


Ilustración 4: Tipo de arranque - corte quemado

Fuente: Manual de Voladura EXSA, 2011

2.3.2.1.2 Corte cilíndrico

“Al contrario del tipo de corte quemado, este tipo de corte presenta taladros de diferentes diámetros en donde los taladros de alivio que se encuentran en el centro mismo llegan a tener mayor tamaño de diámetro que los demás taladros restantes, lo que facilita la apertura de la cavidad cilíndrica. Normalmente a comparación con el corte quemado este tipo proporciona mayor avance”. (11).

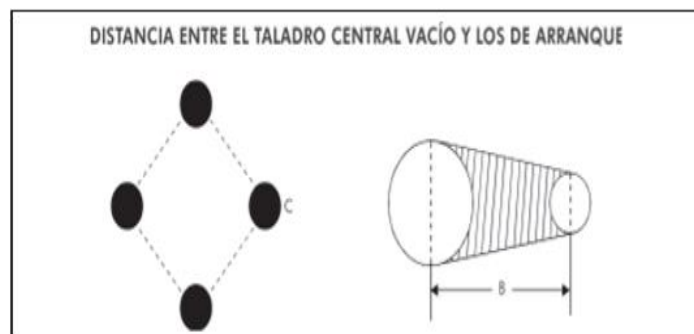


Ilustración 5: Tipo de arranque - corte cilíndrico

Fuente: Manual de Voladura EXSA, 2011

2.3.3 Factor de carga

“Este parámetro también es conocido como el consumo específico, consiste en la cantidad de explosivo que se llega a utilizar para poder fragmentar 1m^3 de roca.

Llega a ser una excelente unidad referencial para el cálculo de la carga total explosiva de un disparo, pero no es el mejor parámetro de por sí, ya que la distribución de este explosivo en la masa de la roca mediante los taladros perforados llega a tener una gran influencia en los efectos de fragmentación y desplazamiento, para ser más exactos en los resultados de la voladura. En otras palabras se puede determinar con base en la cantidad de explosivo que se ha utilizado por m^3 de roca volada en diferentes disparos, inclusivamente realizando la diferenciación de varios tipos de roca y así considerar varios valores promedio para el cálculo de los subsiguientes disparos”. (11).

“En la operación de la voladura, la cantidad de explosivo que se utiliza debería de ser lo mínimo posible y que sea lo necesario para poder desprender o fragmentar la roca. Cuanto menor sea la carga explosiva

que se utilice entonces la voladura llegará a ser más eficiente y, por el contrario, un exceso de carga explosiva significara mayor gasto, también mayores riesgos de accidentes, debiéndose tener en cuenta que el exceso de carga que se coloca en cada taladro originará una proyección cuya energía es directamente proporcional a dicho exceso por m^3 , llegándose a estimar que el centro de gravedad de la masa de la voladura podría desplazarse varios metros hacia adelante por cada $0,1 \text{ kg}/m^3$ de exceso de carga explosiva, siendo así mayor el riesgo de proyección de trozos pequeños a distancias imprevisibles”. (11).

“Del mismo modo existen otros valores que se utilizan para poder estimar la carga requerida para un disparo que vienen a ser: el factor de energía del explosivo en kcal / kg conjugado con las características mecánicas de la roca, como su módulo de resistencia elástica (módulo de Young), resistencia a compresión-tensión, densidad, entre otros”. (11).

2.3.4 Explosivos

“Los explosivos llegan a ser compuestos o mezclas de sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso, que mediante las reacciones químicas de óxido – reducción, estos son capaces de transformarse en un determinado tiempo muy breve, en el orden de una fracción de microsegundos, en productos gaseosos y condensados, cuyo volumen inicial se convierte en una masa gaseosa que este llega a alcanzar temperaturas muy altas y por consecuencia presiones elevadas presiones”. (11).

“Estos compuestos al reaccionar químicamente liberan dos tipos de energía que vienen a ser la ya conocida energía de choque y el otro que es la energía de gas, estos dos tipos de energía son liberados durante la detonación.” (12).

2.3.4.1 Clasificación de los explosivos

2.3.4.1.1 Dinamitas

“Son conocidos como los altos explosivos mayormente compuestos por un elemento sensibilizador que viene a ser la (nitroglicerina u otro éster estabilizado con nitrocelulosa), están combinadas con aditivos portadores de oxígeno (nitratos) y combustibles no explosivos (harina de

madera) más algunos aditivos para poder corregir la higroscopicidad de los nitratos, todos en las proporciones adecuadas para mantener un correcto balance de oxígeno. En ellas todos sus componentes trabajan contribuyendo energéticamente en la reacción de detonación”. (11).

- Elevadas velocidades de detonación entre 3 500 y 6 000 m/s.
 - Altas densidades, de 1,05 hasta 1,5 g/cm³.
 - Potencias elevadas, gran efecto triturador.
 - Sensibles al fulminante nº 6, 8 y otros iniciadores como el cordón detonante, directamente.
 - Muy buena capacidad de transmisión de la detonación (simpatía) para carguío espaciado
 - Gran resistencia al agua y estabilidad química.
- (11).

2.3.4.1.2 Emulsión

“Este tipo de explosivo es el de más reciente aparición en el mercado, sigue manteniendo las propiedades de los explosivos hidrogeles, pero cuenta con mejoras en dos características fundamentales que vienen a ser la potencia y la resistencia al agua. Las emulsiones explosivas son del tipo denominado “agua en aceite” en donde la fase acuosa está compuesta por sales inorgánicas oxidantes disueltas en agua y mientras la fase aceitosa por un combustible líquido inmiscible con el agua del tipo hidrocarbonado”. (13).

“Se comprende así, que la dificultad de fabricación de las emulsiones se encuentra en la fase aceitosa pues, por imperativo del balance final del oxígeno, el 6% en peso de la emulsión, que es el aceite, debe englobar al 94% restante que se encuentra en forma de microgotas.

El empleo de las emulsiones en la actualidad en las diferentes operaciones con explosivos presenta diferentes ventajas que vienen a ser": (13).

- Posibilidad de conseguir productos con densidades entre 1 y 1.45 g/cm³.
 - Elevadas velocidades de detonación, 4000 a 5000 m/s, con poco efecto del diámetro de encartuchado.
 - Excelente resistencia al agua.
 - Gran seguridad de fabricación y manipulación.
 - Posibilidad de mecanizar la carga y preparar mezclas con ANFO.
 - Menor precio, ya que en su fabricación no se precisa el uso de gomas y féculas de alto coste.
- (13).

2.3.4.1.3 ANFO

"En la posibilidad de poder reducir el contenido en nitroglicerina o nitroglicol del explosivo y así para incrementar su seguridad, surgen los explosivos del tipo ANFO (Ammonium Nitrate + Fuel Oil), cuyos explosivos llegan a estar compuestos por un 94 % aproximadamente de nitrato amónico que actúa como oxidante y en torno a un 6 % de gasoil que actúa como combustible. Las siguientes características de este explosivo son": (14).

- Baja velocidad de detonación (2.000 - 3.000 m/s).
- Muy baja densidad (0,8).
- No son sensibles al detonador, por lo que necesitan de otro explosivo para iniciarse correctamente, lo que puede conseguirse con cordones detonantes, cebos de dinamita gelatinosa, cartuchos de hidrogel.
- Baja / media potencia

- Nula resistencia al agua, ya que el nitrato amónico es soluble en agua y pierde su capacidad de detonar. (14).

2.3.4.2 Condiciones de la carga explosiva

“Existen diferentes condiciones para la carga explosiva que deberían de ser considerados”: (11).

A. Diámetro de la carga (diámetro del taladro)

“Esta condición tiene la finalidad de influir en forma directa sobre el rendimiento del explosivo y la amplitud de la malla de perforación. Cada uno de los diferentes explosivos tiene un diámetro crítico, donde por debajo de ese diámetro no podrían detonar”. (11).

B. Geometría de la carga

“Consiste en la relación que se da el largo de la carga explosiva con su diámetro y el punto donde es iniciada. Como consecuencia se refleja en el proceso de rompimiento y en la formación de “zonas de fracturación” en las cargas cilíndricas de los taladros de voladura”. (11).

C. Grado de acoplamiento

“La finalidad de realizar el acoplamiento físico entre la carga explosiva y la roca permite la transferencia de la onda de choque entre ellas, teniendo un carácter muy significativo sobre el rompimiento. El efecto de trituración depende mucho del contacto directo del explosivo con la roca. Por el contrario, el desacoplamiento tiene enorme efecto sobre el grado de confinamiento y sobre el trabajo del explosivo, ya que la presión de taladro disminuirá con el aumento del desacoplamiento.

Mientras que el desacoplamiento es bastante recomendable sólo cuando se quiere tener voladura controlada o amortiguada, donde forma un colchón de aire que amortigua el impacto y se llegue a disminuir la fragmentación”. (11).

D. Grado de confinamiento

“El confinamiento dependerá mucho del acoplamiento, del taqueo o acabado, del uso de taco inerte para sellar el taladro y de la geometría de la carga (burden y distancia

entre los taladros). Si se tiene un confinamiento demasiado flojo entonces se obtendrá un pobre resultado de voladura. Por otro lado, si se llega a tener un alto grado de confinamiento (por excesivo atacado del explosivo) puede incrementar tanto su densidad del explosivo que lo puede hacer insensible a la transmisión de la onda de detonación y fallar la voladura”. (11).

E. Densidad de carguío

“Se encarga de dar la medida de llenado de un taladro. En el caso de tener un llenado perfecto sin dejar el menor espacio desocupado tendremos por definición una densidad de carguío = 1. Pero cuando un taladro solo se llena al X% de su espacio ocupado por explosivo entonces tendremos $D_c = 0,92$ ”. (11).

F. Distribución de carga en el taladro

“Existen diferentes formas de realizar la carga explosiva donde puede ser de un solo tipo en todo el taladro que viene a ser de (carga única) o tener primero el explosivo más denso y potente como (carga de fondo) y luego explosivo menos denso en toda la (carga de columna). También se pueden tener varias cargas de igual o de distinto tipo separadas entre sí por material inerte (cargas espaciadas o decks)”. (11).

G. Tipo y ubicación del cebo

“Del mismo modo como la carga explosiva existen diferentes tipos de emplearse como el cebo único, el cebado múltiple (dos o más en rosario en la misma columna de carga, o una en cada deck en cargas espaciadas) y el cebado longitudinal (axial), éste generalmente con cordón detonante”. (11).

2.4 Definición de términos

Anfo: Catalogado como un alto explosivo que está compuesto por un 94 % aproximadamente de nitrato amonio que actúa como oxidante y en torno a un 6 % de gasoil que actúa como combustible.

Arranque: Son los primeros taladros perforados en el diseño de malla de perforación del mismo modo son cargados primeramente con la finalidad de generar una cara libre.

Broca: Es un material que es utilizado en el barreno y que este barreno es instalado en la máquina perforadora para poder realizar la perforación en la roca, la broca es un material de gran dureza que permite realizar una adecuada perforación en cualquier tipo de macizo rocoso.

Burden: Es la distancia perpendicular de un taladro hasta la superficie libre más cercana en el momento de la detonación.

Cara libre: Es creado con el fin de generar una abertura primeramente que sirva de apoyo para poder seguir con la voladura de los siguientes taladros sin inconvenientes y completar así la voladura de toda el área de la labor trabajada.

Carga de columna: Es realizado después de haber hecho la adecuada carga de fondo del taladro, se realiza con el fin de rellenar la longitud del taladro faltante con explosivos y así completar la totalidad del taladro y realizar la voladura.

Carga de fondo: Se realiza esta carga en la parte más profunda del taladro perforado con la finalidad de asegurar la rotura del macizo rocoso.

Cebo: Es también conocido como un iniciador, que está conformado por un explosivo con un fulminante conectado a un tipo de mecha, existen diferentes tipos de cebos que pueden diferenciarse de acuerdo a su preparación.

Chimenea: Es un tipo de labor minera que puede ser vertical o inclinada y que se utiliza para poder ventilar las demás labores mineras, como echaderos de mineral, etc.

Costos directos: Se les conoce también como costos variables, son costos que son directamente proporcional a las operaciones de perforación, voladura, acarreo, transporte y diferentes actividades anexas de la mina.

Costos indirectos: Este tipo de costos son conocidos como los costos fijos que estos son independientes es decir no se relacionan directamente con los costos que se emplean para las operaciones de producción.

Crucero: Dentro de la mina es conocido como una labor subterránea de manera horizontal que se realiza la finalidad de intersecar o encontrar estructuras mineralizadas, es desarrollado en roca estéril.

Desarrollo: Es una etapa de la mina, donde son las distintas labores mineras que se realizan una vez que se haya comprobado que existe mineralización con la finalidad de delimitarlos.

Diámetro del taladro: Es un parámetro de la perforación donde se decide cual será la abertura o el ancho que debe tener el taladro.

Echadero: Es una labor minera que podría ser de forma vertical o inclinada, que tiene la finalidad de servir como medio de transporte de mineral o desmonte de un nivel a otro.

Emulsión: Son explosivos que son denominados “agua en aceite” en las que la fase acuosa está compuesta por sales inorgánicas oxidantes disueltas en agua y la fase aceitosa por un combustible líquido inmiscible con el agua del tipo hidrocarbonado cuyas características primordiales son la potencia y su alta resistencia al agua.

Espaciamiento: Es la separación o distancia de taladro a taladro, este parámetro es calculado tomando en referencia el tipo de roca ya que se tendrá menos separación si la roca es dura y por el contrario si la roca es suave se tendrá mayor separación de taladros.

Estándar: Son modelos, pautas y patrones que llegan a contener los parámetros y requisitos establecidos, con el fin de indicar la manera correcta y segura de realizar las cosas.

Exploración: Es una etapa de la mina donde se realizan diferentes actividades con la finalidad de hallar nuevos yacimientos mineralizados.

Explosivos: Llegan a ser compuestos químicos susceptibles de descomposición muy rápida que generan instantáneamente gran volumen de gases a altas temperaturas y presión generando grandes efectos destructivos.

Factor de carga: Es la cantidad de explosivo que se utiliza para poder realizar la voladura del macizo rocoso.

Geomecánica: Es el encargado del estudio del macizo rocoso y sus diferentes propiedades, evalúan diferentes parámetros para poder observar como es el comportamiento del macizo rocoso a perforar para así poder tomar medidas de control y seguridad.

Longitud del taladro: Es la distancia que se perfora dentro del macizo rocoso este es medido de acuerdo al avance que se desea realizar.

Malla de perforación: Es un esquema donde se realiza la distribución de taladros, tomando en consideración cálculos del burden y el espaciamiento que son parámetros influyentes en esta operación.

Mina: Es una excavación hecha en la corteza terrestre con la finalidad de extraer estos minerales. La excavación puede ser de manera superficial o subterránea.

Mineral: Es una sustancia de la cual se puede extraer económicamente uno o más metales.

Optimización: Es un proceso de mejora que podría darse en una actividad, en costos, en producción, etc. Esto se realiza con la finalidad de lograr mejores resultados a comparación de los que se tiene en la actualidad.

Perforación: Es un tipo de horadación de agujero en el macizo rocoso y a los agujeros se les conoce como taladros que son generados para poder ser cargados con explosivos.

Perforadora: Son máquinas ideales que son utilizados para la perforación en las diferentes labores mineras, se utilizan para perforar diferentes labores como de desarrollo, preparación, sostenimiento, servicios auxiliares, etc.

Preparación: Es una etapa de la mina donde para poder comenzar con esto se debió ya haber realizado la limitación del yacimiento mineralizado, esto se debe realizar de acuerdo al tipo de método de explotación que se selecciona.

Roca: Conocido como cualquier combinación natural de minerales, donde las rocas forman parte de la corteza terrestre.

RMR: Es considerado como un sistema de clasificación del macizo rocoso que permite realizar la relación de índices de calidad de la roca con parámetros de diseño y sostenimiento.

Subterráneo: Es una excavación que se realiza de forma natural, son realizadas debajo de la superficie terrestre.

Tajo: Es un tipo de labor minera que son construidos de manera temporal que sirven para la extracción de minerales.

Taladro: Se le conoce como un hoyo perforado en el macizo rocoso mediante una máquina perforadora, es cargado con explosivo en su totalidad para generar la voladura.

Velocidad de detonación: Es una característica primordial del explosivo de mucha importancia, mientras sea mayor la velocidad de detonación mayor también será su potencia de destrucción.

Voladura: Es la acción de fracturar o fragmentar la roca, mediante el empleo de explosivos. Son usadas para diferentes actividades dentro y fuera de la mina.

Yacimiento: Es la zona donde se presenta de forma natural uno o más minerales.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Métodos y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

En nuestra presente tesis desarrollada en la Compañía Minera Caravelí S.A.C., se está utilizando como método de investigación al método científico, en donde se llegarán a obtener resultados claros y precisos que están ligados al punto de estudio planteado, se incluirán técnicas en la observación y experimentación planeada, llegando así enlazar los resultados de campo y teóricos.

3.1.2 Alcances de la investigación

La investigación se atribuye al método aplicativo, es decir se llevará a la práctica las teorías generales, cuyo objetivo de la investigación será el de la predicción de un comportamiento particular en una situación ya definida motivando así a la resolución del problema que se ha planteado.

3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicada, donde nuestra investigación está centrada en:

- Actualmente cuál es el estado de la malla de perforación y carga explosiva utilizada.

- Realizar la evaluación de posibles alternativas para un rediseño de la malla de perforación y cambio en la carga explosiva.
- Demostrar que estos dos factores influyen mucho en la voladura.
- Optimizar la voladura con el fin de reducir los costos elevados que se están generando actualmente con esta operación.

3.2.2 Nivel de investigación

Investigación correlacional, está basado en variables que ya sucedieron en la realidad, donde se analiza: el diseño actual de malla de perforación, la carga explosiva que se usa y el tipo de explosivo utilizado, para después analizarlo oportunamente.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población estará conformado por todos los cruceros de la zona en el Nv 1700.

3.3.2 Muestra

La muestra estará conformado por el desarrollo del crucero 620 en el Nv 1700.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

La técnica que se utilizó es la observación directa ya que los datos serán recogidos en campo durante las operaciones en el crucero 620. La otra técnica que se utilizó fue los datos técnicos de la operación de voladura que maneja la empresa para obtener datos de interés para la investigación y por último se utilizó también la técnica de procesamiento de datos.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Registro de datos por guardia (Fichas):

- Registro de las longitudes de perforación
- Información del avance lineal obtenido.
- Consumo de explosivos por cada guardia.

Los reportes diarios de operación por guardia (Cuaderno de Notas):

- Cantidad de taladros perforados.

- Cantidad de explosivos usados.
- Metraje o Avance lineal por guardia.
- Control de costos de voladura por guardia.

Instrumentos e Equipos:

- Microsoft Office, donde se utilizaron programas de word, excel, power point, para poder realizar la elaboración y procesamiento de datos obtenidos.
- Auto cad, para poder diseñar planos de las labores mineras, mallas de perforación, planos de sostenimiento, etc.
- Internet, para navegar, buscar y obtener información referenciada.
- Materiales de oficina, una computadora para procesar los datos y elaborar la investigación, lapiceros, hojas, libreta de apuntes, etc.
- Flexómetro, para la medición del avance obtenido, distanciar los taladros, etc.
- Spray, para el pintado de la malla de perforación.
- Cámara fotográfica, para tener referencia de las diferentes actividades dentro de la mina.

3.5 Técnicas de tratamiento de datos

Primeramente, se recolectará información propiamente de la compañía minera, para poder realizar un análisis minucioso de este.

Luego se realizará la evaluación de los estándares y parámetros ya establecidos para así poder optimizarlos con el fin de que se pueda llegar a reducir los costos elevados que se tienen en la operación de la voladura.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis situacional (presentación de datos)

4.1.1 Costo de la voladura con la malla de perforación anterior

En la siguiente tabla se describirá el precio unitario de cada explosivo, así como también de los accesorios de voladura, realizando así el cálculo del costo total que se llega a tener al momento de realizar la voladura del frente de trabajo, en este caso sería en el desarrollo del crucero 620.

Cálculo de los costos de voladura

A) Explosivo (semexsa 65%)

- Costo de un cartucho = \$ 0.41 o S/. 1.35
- Cantidad de cartuchos utilizados en el frente = 30

$$\text{costo total} = 1.35 \times 30$$

$$\text{costo total} = \text{s/} .40.50$$

B) Agente explosivo (ANFO)

- Costo de un Kg = \$ 0.75 o S/. 2.48
- Cantidad de Kg cargados en el frente = 27.22

$$\text{costo total} = 2.48 \times 27.22$$

$$\text{costo total} = \text{s/} .67.51$$

C) Carmex (1.8 mts)

- Costo de una pieza = S/. 1.77
- Cantidad piezas utilizados en el frente = 2

$$\text{costo total} = 1.77 \times 2$$

$$\text{costo total} = \text{s}/.3.54$$

D) Fanel (4 mts MS/LP)

- Costo de una pieza = S/. 3.73
- Cantidad piezas utilizados en el frente = 30

$$\text{costo total} = 3.73 \times 30$$

$$\text{costo total} = \text{s}/.111.90$$

E) Cordón detonante (pentacord)

- Costo por un metro = S/. 0.69
- Longitud de Pentacord utilizado en el frente = 15 m

$$\text{costo total} = 0.69 \times 15$$

$$\text{costo total} = \text{s}/.10.35$$

F) Mecha rápida

- Costo por un metro = S/. 1.23
- Longitud de Pentacord utilizado en el frente = 0.5 m

$$\text{costo total} = 1.23 \times 0.5$$

$$\text{costo total} = \text{s}/.0.62$$

Tabla 8: Resumen del costo de voladura con el explosivo y accesorios de voladura anteriormente

| Explosivo y Accesorios de Voladura | und | S/. / und | und. / taladro | costo total (S/.) | (S/. / metro) | (US\$ / metro) |
|---|------------|------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| SUPERFAM DOS (ANFO) | Kg | 2.48 | 27.22 | 67.51 | 42.73 | |
| Semexsa 45% 7/8" x 7" | Cart. | 1.29 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Semexsa 65% 7/8" x 7" | Cart. | 1.35 | 30 | 40.50 | 25.63 | |
| Carmex 6' (1.8 mts) | Pza | 1.77 | 2 | 3.54 | 2.24 | |
| Carmex 7' (2.1 mts) | Pza | 1.80 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Fanel 4.0 mt MS/LP | Pza | 3.73 | 30 | 111.90 | 70.83 | |
| Cordón detonante (Pentacord) | Mt | 0.69 | 15 | 10.35 | 6.55 | |
| Mecha rápida | Mt | 1.23 | 0.5 | 0.62 | 0.39 | |
| Costo total de voladura | | | | | 148.37 | 44.96 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Malla de perforación

4.1.2.1 Perforación

La perforación de los frentes de trabajo esencialmente en el crucero 620 se está realizando con máquinas neumáticas del tipo (Jack Leg) en forma horizontal, con barrenos de perforación cónicos y brocas con insertos de cobalto y tungsteno.

La operación de la perforación se realiza entre 3 trabajadores que vienen a ser un perforista y sus dos ayudantes, donde uno de los ayudantes tiene el trabajo de empatar el barreno al momento de perforar los taladros y el segundo ayudante tiene por trabajo el pisado y movimiento de la barra de avance.

Tabla 9: Estándares de perforación

| ESTÁNDARES DE PERFORACIÓN | |
|--------------------------------|------------|
| tipo de perforadora | Jack Leg |
| tipo de barrenos | Cónicos |
| diámetro de brocas | 38 y 40 mm |
| diámetro de taladros | 38 mm |
| diámetro de taladros de alivio | 38 mm |
| n° de taladros perforados | 37 und |
| n° de taladros cargados | 30 und |
| longitud de barreno | 6 pies |
| eficiencia de perforación | 91% |
| longitud de perforación | 1.67 m |

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.2 Cálculo de parámetros de perforación

- Longitud de barreno (6 pies) = $6 \times 0.3048 = 1.83$ m

Fundamentando que se realiza el descuento de la parte del barreno (espiga) que ingresa a la perforadora, debe de descontarse 4¼ pulgadas. Por lo que prácticamente se puede llegar a perforar como máximo 1.71 m.

- Longitud máxima de perforación = 1.71 m

Tabla 10: Longitud de perforación

| N° de taladro | longitud de perforación |
|---------------|-------------------------|
| 1 | 1.66 |
| 2 | 1.68 |
| 3 | 1.64 |

| | |
|----------|------|
| 4 | 1.70 |
| 5 | 1.68 |
| Promedio | 1.67 |

Fuente: Elaboración propia

- Eficiencia de perforación:

$$EP(\%) = \frac{\text{longitud promedio de taladros}}{\text{longitud maxima de perforación}} * 100\%$$

$$EP(\%) = \frac{1.67}{1.71} * 100\%$$

$$EP(\%) = 97 \%$$

4.1.2.3 Estructura de precio unitario de la malla de perforación anterior

Tabla 11: Estructura de precio unitario - malla de perforación anterior

| ESTRUCTURA de COSTOS del CRUCERO 620, 7 x 8 pies CONVENCIONAL | | | | | | | | |
|--|---------------------------|---------------|----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------|-----------------|
| 1- | MANO DE OBRA | Cant | Salario (S/.) | Total | %B.B.S.S | S/. x Disparo | S/. / m | US\$ / m |
| | Personal Directo. | | | | | | | |
| | Perforista | 1 | 65.00 | 67.83 | 106.59% | 140.13 | | |
| | Ayudante Perforista | 1 | 55.00 | 57.83 | 106.59% | 119.47 | | |
| | Comprensorista | 1 | 58.00 | 60.83 | 106.59% | 125.67 | | |
| | Peón Mina | 1 | 50.00 | 52.83 | 106.59% | 109.14 | | |
| | TOTAL MANO DE OBRA | | | | | 494.41 | 312.92 | 94.82 |
| 2- | PERFORACIÓN | Unidad | P.U S/. | V.U. pies | P.Perf | S/. x Disparo | S/. / m | US\$ / m |
| | Broca cónica de 38 mm | pp | 110.34 | 350.00 | 148.00 | 46.66 | | |
| | Broca cónica de 40 mm | pp | 110.34 | 350.00 | 74.00 | 23.33 | | |
| | Barreno de 2 pies | pp | 245.55 | 1200.00 | 74.00 | 15.14 | | |
| | Barreno de 4 pies | pp | 279.24 | 1200.00 | 74.00 | 17.22 | | |
| | Barreno de 6 pies | pp | 339.57 | 1200.00 | 74.00 | 20.94 | | |
| | Manguera de 1/2" (25m) | m | 137.75 | 150.00 | 1.00 | 0.92 | | |
| | Manguera de 1" (25m) | m | 356.50 | 150.00 | 1.00 | 2.38 | | |
| | Aceite de perforación | Gln | 31.48 | 600.00 | 148.00 | 7.77 | | |
| | TOTAL PERFORACIÓN | | | | | 134.35 | 85.03 | 25.77 |
| 3- | EQUIPOS | Unidad | V.U | Precio US\$ | Precio S/. | | | |
| | Perforadora (Jack leg) | pies | 90000.00 | 9333.00 | 30798.90 | | | |
| | Comprensora 375 CFM | hr | 10000.00 | 15800.00 | 52140.00 | | | |

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.4 Diseño de arranque de malla de perforación anterior

El diseño de malla que se ha usado anteriormente utiliza como tipo de arranque una forma triangular donde el arranque es de corte quemado teniendo todos los taladros del mismo diámetro, aquí se usan 3 taladros cargados y 3 taladros de alivio es decir sin carga explosiva, adicionalmente a esto se tienen 4 taladros más de alivio que se encuentran en la corona. En total se llegan a perforar 37 taladros, pero se llega a cargar solamente 30 taladros para poder realizar la voladura.

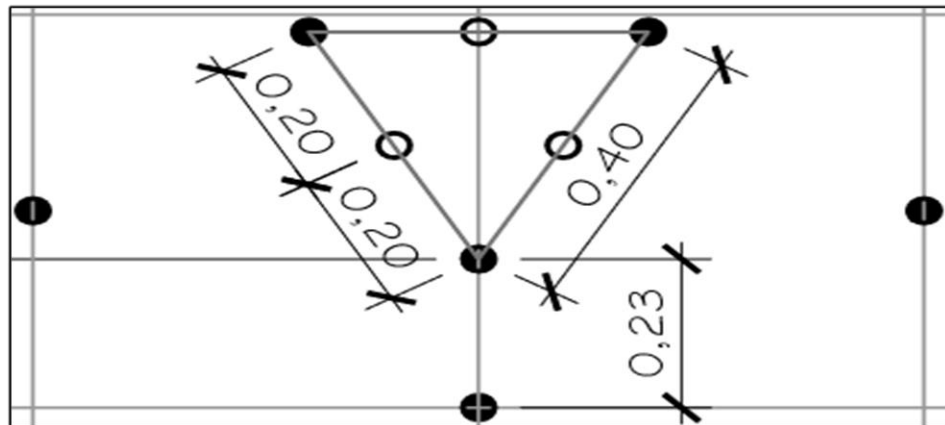


Ilustración 6: Diseño de arranque de la malla de perforación anterior

Fuente: Área de Perforación y Voladura - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

4.1.2.5 Malla de perforación anterior

Fundamentando que el cálculo del número de taladros necesarios para realizar la voladura es hallado mediante la fórmula de (holmberg):

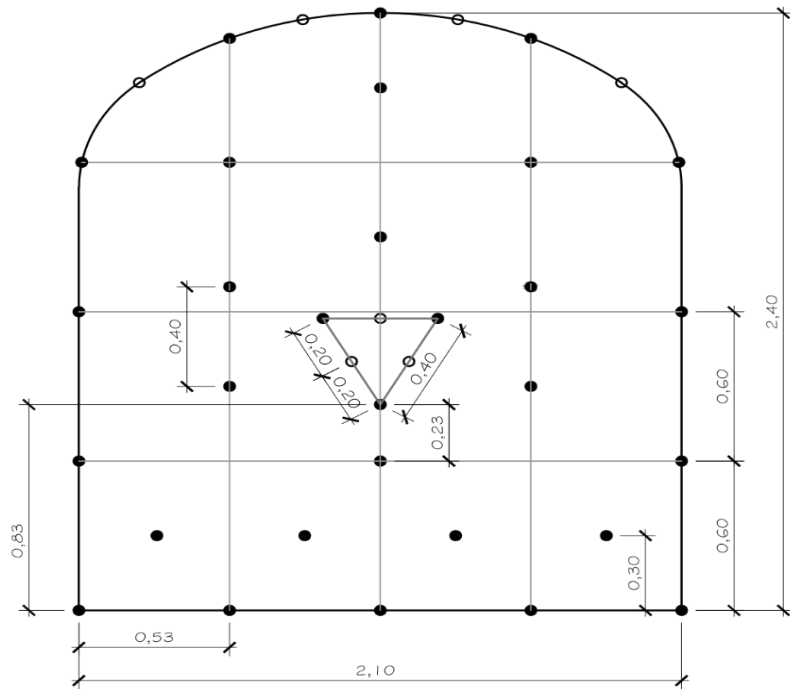
$$N^{\circ}_{\text{taladros}} = \left(\frac{P}{dt}\right) + (C * S)$$

Realizando los diferentes cálculos de las constantes de la fórmula de holmberg y haciendo una buena distribución de taladros se llega a obtener:

$$N^{\circ}_{\text{taladros}} = 30 \text{ taladros}$$

Para poder tener un mejor arranque de voladura y no tener sobreroturas en el techo al momento de realizar la voladura se perforarán 7 taladros más, pero estos serán de alivio, donde 3 taladros de alivio estarán situados en el arranque y 4 en la corona respectivamente.

○ Taladro vacío
● Taladro cargado



| | | |
|---------|---------|-------------|
| LABOR | GALERÍA | GAL |
| SECCIÓN | 7' x 8' | 2.1 x 2.4 m |

| | |
|------------------------------|----------------------|
| TIPO DE ROCA | |
| TIPO (GSI) | F/R, MF/R |
| MATERIAL | |
| PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL | 2.8 t/m ³ |

| | |
|--------------------------------|--------|
| ESTÁNDARES DE PERFORACIÓN | |
| DIAMETRO DE TALADROS | 38 mm |
| DIAMETRO DE TALADROS DE ALIVIO | 38 mm |
| N° DE TALADROS PERFORADOS | 37 und |
| N° DE TALADROS CARGADOS | 30 und |
| LONGITUD DE BARRENO | 6 pies |
| EFICIENCIA DE PERFORACIÓN | 97% |
| LONGITUD DE PERFORACIÓN | 1.67 m |

| | | |
|-----------------------------|-----------|----------|
| ESTÁNDARES DE VOLADURA | | |
| Semexsa 45% | 7/8" x 8" | |
| Semexsa 65% | 7/8" x 8" | 2.40 kg |
| ANFO | | 27.22 kg |
| CANTIDAD TOTAL DE EXPLOSIVO | | 29.62 kg |

| | |
|------------------------|--------------------------|
| FACTORES | |
| AVANCE / DISPARO | 1.58 m |
| VOLUMEN ROTO | 7.30 m ³ |
| TONELAJE ROTO | 20.44 tn |
| FACTOR DE CARGA | 4.06 kg / m ³ |
| | 18.74 kg / m |
| FACTOR DE POTENCIA | 1.45 kg / tn |
| EFICIENCIA DE VOLADURA | 95% |

| DISTRIBUCIÓN DE CARGA | N° DE TALADROS | COLUMNA | CEBO | KILOS DE EXPLOSIVO | DIMENSIÓN DEL CARTUCHO |
|-----------------------|----------------|---------|--------------------|--------------------|------------------------|
| | | ANFO | SEMEXSA 65% (cart) | | |
| ALIVIOS | 7 | | | | |
| ARRANQUE | 3 | 2.72 | 1 | 0.24 | 7/8" x 8" |
| AYUDA | 4 | 3.63 | 1 | 0.32 | 7/8" x 8" |
| SOBREAYUDAS | 9 | 8.16 | 1 | 0.72 | 7/8" x 8" |
| CUADRADOR | 4 | 3.63 | 1 | 0.32 | 7/8" x 8" |
| CORONA | 5 | 4.54 | 1 | 0.40 | 7/8" x 8" |
| ARRASTRE | 5 | 4.54 | 1 | 0.40 | 7/8" x 8" |
| N° TALADROS CARGADOS | 30 | 27.22 | | 2.40 | |
| N° TOTAL DE TALADROS | 37 | | | | |
| TOTAL | | | | 29.62 kg | |

| | | |
|------------------------|---|------------------------|
| TOPOGRAFÍA : . |  COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C. U.E.A. CAPITANA | ESCALA : 1:30 |
| DIBUJO : R.C.A. | | FECHA : JULIO 2019 |
| REVISADO : R. ARZAPALO | ESTÁNDAR DE MALLA DE CRUCERO / GALERÍA Sección de 2.10 x 2.40 m | LAMINA N° : 009 |
| APROBADO : J. SANTANA | | |

Ilustración 7: Malla de perforación anterior

Fuente: Área de Perforación y Voladura – Compañía Minera Caravelí S.A.C.

4.1.3 Factor de carga explosiva

Este factor puede ser medido de diferentes maneras como: kg/m, kg/ m³, kg/t. Pero como nosotros estamos trabajando en labores de avance entonces nuestra unidad de medida será el de kg/m³. Este factor es muy importante ya que nos permitirá determinar la cantidad de explosivo que debemos de utilizar para poder realizar una excelente voladura en el frente de trabajo, en nuestro caso sería en el desarrollo del crucero 620.

4.1.3.1 Cantidad de carga explosiva

Se realizará el cálculo de la carga lineal explosiva por taladro que se necesita para poder realizar la operación de voladura en el Cx-620.

- **Cálculo de los kg de anfo por taladro:**

Carga lineal = área del taladro(m²) x densidad del explosivo(gr / cm³)

$$\text{Carga lineal} = (\pi \times r^2) \times 0.8$$

$$\text{Carga lineal} = (\pi \times 0.019^2) \times 0.8$$

$$\text{Carga lineal} = 0.907 \text{ kg/m}$$

- **Cálculo de los kg de dinamita por taladro:**

kg de dinamita = n° de cartuchos x P. E del explosivo (kg)

$$\text{kg de dinamita} = 1 \times 0.08$$

$$\text{Kg de dinamita} = 0.08 \text{ kg}$$

- **Cálculo de los kg de explosivo por taladro:**

$$\text{kg de explosivo} = \frac{\text{kg de explosivo por disparo}}{\text{n° de taladros a cargar}}$$

$$\text{kg de explosivo} = \frac{29.62}{30}$$

$$\text{kg de explosivo} = 0.987 \text{ kg}$$

Tabla 12: Distribución de carga explosiva malla de perforación anterior

| Distribución de carga | N° de taladros | Columna | Cebo | Kilos de explosivo | Dimensión del cartucho |
|-----------------------|----------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| | | ANFO (Kg) | Semexsa 65% (cart) | | |
| Alivios | 7 | | | | |
| Arranque | 3 | 2.72 | 1 | 0.24 | 1" x 8' |
| Ayuda | 4 | 3.63 | 1 | 0.32 | 1" x 8' |
| Sobreayudas | 9 | 8.16 | 1 | 0.72 | 1" x 8' |
| Cuadrador | 4 | 3.63 | 1 | 0.32 | 1" x 8' |
| Corona | 5 | 4.54 | 1 | 0.40 | 1" x 8' |
| Arrastres | 5 | 4.54 | 1 | 0.40 | 1" x 8' |
| n° Taladros cargados | 30 | 27.22 | | 2.40 | |
| n° Taladros | 37 | | | | |
| | TOTAL | 29.62 kg | | | |

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2 Cálculo del factor de carga

- **Volumen:**

$V = \text{área de la sección} \times \text{avance por disparo}$

$V = 4.62 \text{ m}^2 \times 1.58 \text{ m}$

$V = 7.30 \text{ m}^3$

- **Carga explosiva total:**

Tabla 13: Carga explosiva

| Tipo de explosivo | Kilos de explosivo (kg) |
|-------------------|-------------------------|
| ANFO | 27.22 |
| Semexsa 65 % | 2.40 |
| Total | 29.62 |

Fuente: Elaboración propia

- **Factor de carga (kg/m³):**

$$FC = \frac{\text{kg de explosivo total}}{\text{volumen}}$$

$$FC = \frac{29.62}{7.30}$$

$$FC = 4.06 \text{ kg/m}^3$$

- **Factor de carga (kg/m):**

$$FC = \frac{\text{kg de explosivo total}}{\text{metros de avance}}$$

$$FC = \frac{29.62}{1.58}$$

$$FC = \mathbf{18.74 \text{ kg/m}}$$

4.1.4 Explosivo utilizado

Como bien sabemos existen muchos tipos de explosivos con diferente composición para todo tipo de roca. Es así que en la Compañía Minera Caravelí S.A.C., usan como explosivo a la Dinamita Semexsa 65% y el ANFO, el primero que tendrá la finalidad de servir como iniciador o cebo y el segundo que servirá para poder rellenar toda la longitud del taladro perforado.

En la siguiente tabla se mostrará las características técnicas del explosivo que se está utilizando para realizar la voladura.

Tabla 14: Características técnicas del explosivo utilizado

| Características técnicas del explosivo | und | SUPERFAM DOS (ANFO) | Semexsa 65 % |
|--|-------------------|---------------------|--------------|
| Densidad relativa | g/cm ³ | 0.8 | 1.12 ± 3 % |
| Velocidad de detonación | m/s | 3000 ± 300 | 4200 ± 200 |
| Presión de detonación | Kbar | 51 | 94 |
| Energía | cal/g , KJ/kg | 932 | 3433 |
| Volumen normal de gases | l/kg | 1001 | 1015 |
| Potencia relativa en peso | % | 100 | 92 |
| Potencia relativa en volumen | % | 100 | 127 |
| Sensibilidad al fulminante | | no es sensible | N°8 |
| Resistencia al agua | | no muy buena | buena |

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.1 Carguío de taladros

El trabajo del carguío explosivo de los taladros se realiza primeramente limpiando los taladros con las cucharillas que

vienen a ser varillas de fierro y en los extremos llevan un doblado tipo gancho para poder retirar los detritos que se encuentra dentro de los taladros perforados. Es muy importante quitar todos los detritos del taladro ya que estos pueden ocasionar cortes en los accesorios de voladura como los (faneles) y también puede afectar al momento de introducir el cartucho de explosivo como cebo por que no se va llegar a tener un adecuado acoplamiento en toda la longitud del taladro con el Anfo.

Para introducir los cartuchos de explosivo que servirán como cebo se utilizan los atacadores que son palos hechos de madera con diámetro menor a los taladros perforados, es muy importante realizar un buen atacado ya que esto permitirá tener un buen acoplamiento de los cartuchos con el Anfo en todo el taladro y así no generar fallas en el disparo de voladura.

4.1.4.2 Voladura

La operación de la voladura como también la perforación es de vital importancia al momento de interactuar con el macizo rocoso. Son diversos objetivos que se llega a tener con la voladura, por ejemplo:

- Una buena fragmentación del macizo rocoso.
- Avance lineal óptimo a lo esperado.
- Mantener buena geometría de la labor sin sobre roturas.
- Reducción de costos en la operación de voladura.

Por ello para cumplir con todos estos objetivos se debe tener en cuenta varios factores donde los principales son:

- El explosivo utilizado.
- El diseño de malla de perforación.
- El estudio geomecánico del macizo rocoso.

En los frentes de trabajo se está utilizando actualmente como explosivo las dinamitas que sirven como iniciador dentro del taladro y como carga explosiva se está utilizando el Anfo que rellena por completo la longitud del taladro perforado.

Los accesorios de voladura que se utilizan para dar paso a la iniciación de la voladura son el fulminante N° 8, los faneles, el pentacord, el carmex y mecha rápida.

Los horarios de disparo en el frente de trabajo son: 5:45 am y 5:45 pm.

4.1.4.3 Cálculo de factores de voladura

- **Avance por disparo:**

Tabla 15: Avance por disparo con la voladura anterior

| CONTROL DE OPERACIONES | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| NIVEL | LABOR | TURNO | SUPERVISOR | PERFORISTA | LONGITUD DE BARRENO | AVANCE (m) |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.56 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |

| | | | | | | |
|-----------------|--------|-------|-------|-------------|---|---------------|
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.56 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.56 |
| 1700 | Cx 620 | noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.56 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.60 |
| 1700 | Cx 620 | Noche | Poma | Juvenal | 6 | 1.58 |
| 1700 | Cx 620 | Día | Prado | Cesar hanco | 6 | 1.56 |
| PROMEDIO | | | | | | 1.58 m |

Fuente: Elaboración propia

- **Volumen roto:**

$V = \text{área de la sección} \times \text{avance por disparo}$

$$V = 4.62 \text{ m}^2 \times 1.58 \text{ m}$$

$$V = 7.30 \text{ m}^3$$

- **Tonelaje roto:**

$T = \text{Volumen} \times \text{Pe}$

$$T = 7.30 \times 2.8$$

$$T = 20.44 \text{ t}$$

- **Factor de potencia (kg/t):**

$$FP = \frac{\text{kg de explosivo total}}{\text{toneladas metricas extraidas}}$$

$$FP = \frac{29.62}{20.44}$$

$$FP = 1.45 \text{ kg/t}$$

- **Eficiencia de voladura:**

$$EP(\%) = \frac{\text{avance real}}{\text{longitud promedio perforado por taladro}} * 100\%$$

$$EP(\%) = \frac{1.58}{1.67} * 100\%$$

$$EP(\%) = 95 \%$$

4.1.5 Operaciones complementarias del ciclo de minado

4.1.5.1 Limpieza

Para poder realizar esta actividad se debe ventilar como mínimo una hora la labor que ha sido disparado con las ventiladoras eléctricas, para poder así esparcir o eliminar los gases generados producto de la voladura. Una vez bien ventilado la labor los trabajadores pueden ingresar con normalidad sin estar expuestos a gasearse, luego se realiza el regado de la carga volada para sí poder minimizar o disminuir el polvo en suspensión.



Ilustración 8: Ventilación de la labor con ventiladora eléctrica

Fuente: Elaboración propia

También se debe de lavar los hastiales y techo de la labor para poder identificar fracturas y las rocas sueltas generados al realizar la voladura. El desatado de rocas es muy importante y debe ser bien hecho, ya que al realizar la voladura el macizo rocoso se encuentra inestable por lo que se encuentra gran cantidad de rocas sueltas expuestas que deben ser eliminadas con las barretillas de desatado para así evitar riesgos de desprendimiento de rocas a los trabajadores. Una vez realizada todas estas actividades anteriormente se comienza con la limpieza de la carga.

La limpieza del material fragmentado o carga volada se realizará mediante una pala neumática y carros mineros con capacidad de 1.5 tn.



Ilustración 9: Limpieza con pala neumática

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2 Acarreo

El acarreo del material fragmentado se realiza con 3 equipos, que vienen a ser la pala neumática, los carros mineros U35 y una locomotora a batería. Para poder realizar esta actividad se tienen 1 maestro y 2 ayudantes, donde el maestro se encarga de operar la pala neumática para el acarreo de la carga en los carros mineros, los ayudantes se encargan de empujar los

carros mineros cargados hasta la zona de cambio, ahí uno de los ayudantes se encarga de llevar devuelta un carro minero vacío a la labor para continuar con el acarreo y el otro ayudante se encarga de enganchar los carros mineros que van llegando.

En ese mismo lugar se encuentra la locomotora para poder trasladar el material hacia superficie, la locomotora se encarga de llevar como máximo 9 carros mineros por viaje, esto debido a que las labores no son muy amplias por lo que podrían chocar los carros mineros en los hastiales y sufrir descarrilamientos. Por la limpieza total de la labor se llegan a extraer entre 24 y 27 carros mineros cargados de material fragmentado.



Ilustración 10: Acarreo de material - carros mineros cargados

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 11: Extracción a superficie con locomotora a batería

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.3 Sostenimiento

Realizando el estudio de geomecánica del macizo rocoso podemos determinar que el tipo de roca donde se está trabajando actualmente va desde una roca mala a roca dura es muy variado el terreno que se tiene en esta zona a comparación de otras zonas donde se puede llegar a tener solo roca dura donde no se necesita realizar sostenimiento. Presentan gran cantidad de fracturas en el macizo rocoso por lo que se evaluaron varias alternativas de sostenimiento entre ellas están los cuadros de madera y las cimbras, estos tipos de sostenimiento son adecuados para el tipo de roca que se tiene, el sostenimiento se realizara cuando se le requiere como se pudo ya describir anteriormente la roca es muy variada puede mantener en gran longitud una roca mala y necesitaría de inmediato sostenimiento como también una roca regular o también de forma variado de tramo en tramo.

Pero evaluar los costos que implican realizar la instalación de un sostenimiento pudimos observar que el sostenimiento con cimbras es demasiado costoso a comparación con los costos de sostenimiento con cuadros de madera de acuerdo al tipo de roca que tenemos es preferible realizar cualquiera de estos dos tipos de sostenimiento.

Tabla 16: Precios de instalación de sostenimiento

| Tipo de sostenimiento | precio/mt (S/) |
|----------------------------------|----------------|
| Instalación de cuadros de madera | 165.00 |
| Instalación de cimbras | 293.00 |
| Instalación de split set | 132.00 |

Fuente: Elaboración propia

Es por ello que se está utilizando los cuadros de madera del tipo cónico como sostenimiento en el desarrollo del cruceo 620, con el fin de evitar colapsos de labores, riesgos de desprendimiento de rocas, etc.

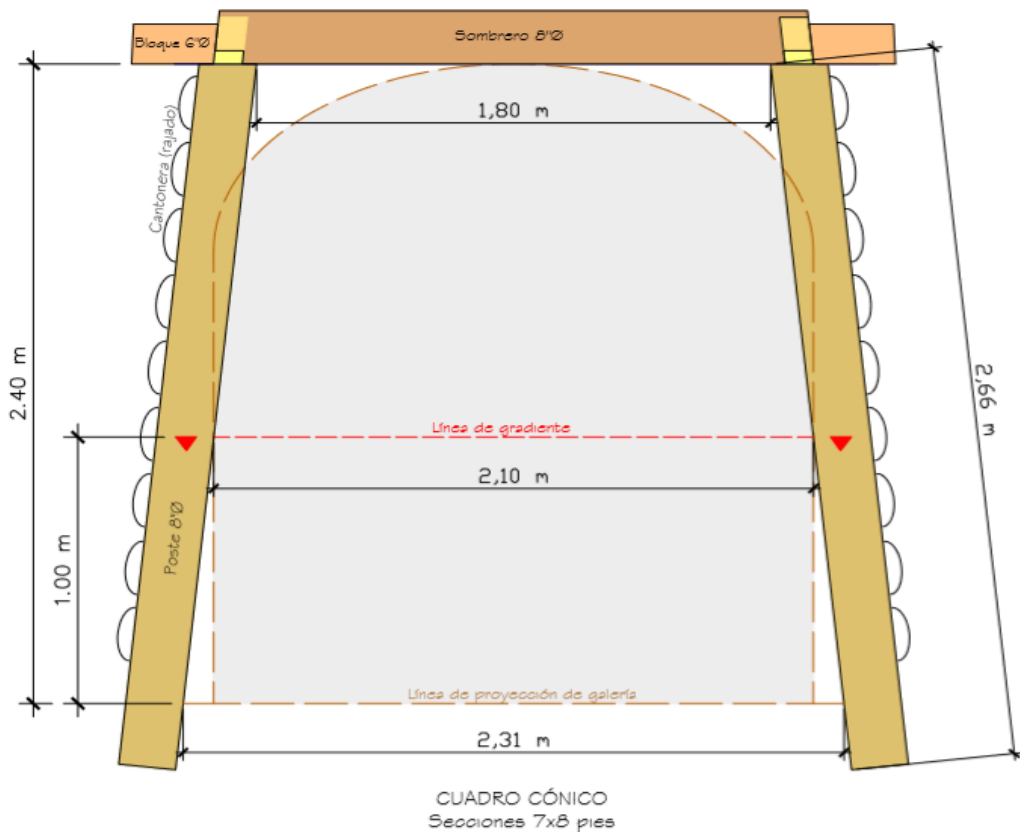


Ilustración 12: Sostenimiento con cuadro de madera - tipo cónico

Fuente: Área de Geomecánica – Compañía Minera Caravelí S.A.C.

4.2 Discusión de resultados (optimización de la voladura)

4.2.1 Costo de la voladura con la nueva malla de perforación

Cálculo de los costos de voladura

A) Explosivo (emulnor 1000)

- Costo de un cartucho = S/. 0.62
- Cantidad de cartuchos utilizados en el frente = 60

$$\text{costo total} = 0.62 \times 60$$

$$\text{costo total} = \text{s}/.37.20$$

B) Explosivo (emulnor 3000)

- Costo de un Kg = S/. 0.70
- Cantidad de cartuchos utilizados en el frente = 102

$$\text{costo total} = 0.70 \times 102$$

$$\text{costo total} = \text{s}/.71.40$$

C) Carmex (1.8 mts)

- Costo de una pieza = S/. 1.77
- Cantidad piezas utilizados en el frente = 27

$$\text{costo total} = 1.77 \times 27$$

$$\text{costo total} = \text{s}/.47.79$$

D) Mecha rápida

- Costo por un metro = S/. 1.23
- Longitud de Pentacord utilizado en el frente = 10 m

$$\text{costo total} = 1.23 \times 10$$

$$\text{costo total} = \text{s}/.12.30$$

En la siguiente tabla se describirá los costos que se tienen actualmente al utilizar el nuevo explosivo que viene a ser el Emulnor 1000 y 3000, también la disminución de los accesorios de voladura al utilizarlo en el frente de trabajo Cx-620.

Tabla 17: Resumen de los costos de voladura con el nuevo explosivo y accesorios de voladura

| Explosivos y Accesorios de Voladura | und | S/. / und | und. / taladro | costo total (S/.) | (S/. / metro) | (US\$ / metro) |
|--|------------|------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| Emulnor 1000 1"x8' | Cart. | 0.62 | 60 | 37.20 | 24.00 | |
| Emulnor 3000 1"x8' | Cart. | 0.70 | 110 | 77.00 | 49.68 | |
| Carmex 6' (1.8 mts) | Pza | 1.77 | 27 | 47.79 | 30.83 | |
| Carmex 7' (2.1 mts) | Pza | 1.80 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Fanel 4.0 mt MS/LP | Pza | 3.73 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Cordón detonante (Pentacord) | Mt | 0.69 | 0 | 0 | 0.00 | |
| Mecha rápida | Mt | 1.23 | 10 | 12.30 | 7.94 | |
| Costo total de voladura | | | | | 112.45 | 34.08 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Malla de perforación propuesta

4.2.2.1 Fórmula y cálculo de número de taladros

$$N^{\circ}_{\text{taladros}} = \left(\frac{P}{dt} \right) + (C * S) \quad (\text{según holmberg})$$

Donde:

S: Sección del túnel

P: Perímetro de la sección del túnel, que se obtiene con la siguiente fórmula:

$$P = \sqrt{S} \times 4$$

Dt: Distancia entre los taladros de la circunferencia o periféricos que usualmente es de:

Tabla 18: Parámetro de distancia entre taladros

| Dureza de roca | Distancia entre taladros (m) |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Tenaz | 0.50 a 0.55 |
| Intermedia | 0.60 a 0.65 |
| Friable | 0.70 a 0.75 |

Fuente: Manual de Voladura, EXSA 2011

C: Coeficiente o factor de roca, usualmente de:

Tabla 19: Parámetro de coeficiente de roca

| Dureza de roca | Coeficiente de roca (m) |
|-----------------------|--------------------------------|
| Tenaz | 2.00 |
| Intermedia | 1.50 |

| | |
|---------|------|
| Friable | 1.00 |
|---------|------|

Fuente: Manual de Voladura, EXSA 2011

Cálculo:

$$S = \frac{2}{3}BH + \frac{H}{18B} \left(\frac{H^2}{3} + 4B^2 \right)$$

$$S = \frac{2}{3} * 2.1 * 2.4 + \frac{2.4}{18(2.1)} \left(\frac{2.4^2}{3} + 4 * 2.1^2 \right)$$

$$S = 4.62 \text{ m}^2$$

$$P = \sqrt{S} * 4$$

$$P = \sqrt{5.04} * 4$$

$$P = 8.58 \text{ m}$$

$$dt =$$

0.5 m (Roca intermedia a dura , para darnos un mayor n° de taladros)

$$C = 2.0 \text{ m (Roca intermedia a dura)}$$

$$N^{\circ}_{\text{taladros}} = \left(\frac{8.58}{0.5} \right) + (2.0 * 4.62)$$

$$N^{\circ}_{\text{taladros}} = 27 \text{ taladros}$$

Fundamentando que se realizara la perforación de 2 taladros adicionales esto con el fin de tener una mejor distribución de taladros en el frente de trabajo para no tener inconvenientes en los resultados de la voladura. Por lo que, de los 29 taladros perforados 2 taladros serán de alivio y estarán situados en el arranque y así solo 27 taladros serán cargados con carga explosiva.

4.2.2.2 Cálculo del burden y espaciamiento

A) Cálculo del diámetro equivalente

$$D2 = D1 * \sqrt{n}$$

$$D2 = 0.038 * \sqrt{2}$$

$$D2 = 0.054 \text{ m}$$

Tabla 20: Fórmulas para el cálculo de burden y espaciamento

| SECCIÓN DEL CORTE | VALOR DE BURDEN | LADO DE LA SECCIÓN |
|-------------------|--------------------------|--------------------|
| PRIMERA | $B_1 = 1,5 D_1$ | $B_1 \sqrt{2}$ |
| SEGUNDA | $B_2 = B_1 \sqrt{2}$ | $1,5 B_2 \sqrt{2}$ |
| TERCERA | $B_3 = 1,5 B_2 \sqrt{2}$ | $1,5 B_3 \sqrt{2}$ |
| CUARTA | $B_4 = 1,5 B_3 \sqrt{2}$ | $1,5 B_4 \sqrt{2}$ |

Fuente: Manual de Voladura, EXSA 2011.

B) Cálculo del burden y espaciamento Uno:

$$B_1 = 1.5 * D_2$$

$$B_1 = 1.5 \times 0.054$$

$$B_1 = 0.10 \text{ m}$$

$$E_1 = B_1 \times \sqrt{2}$$

$$E_1 = 0.10 \times \sqrt{2}$$

$$E_1 = 0.13 \text{ m}$$

C) Cálculo del burden y espaciamento Dos:

$$B_2 = B_1 \times \sqrt{2}$$

$$B_2 = 0.10 \times \sqrt{2}$$

$$B_2 = 0.13 \text{ m}$$

$$E_2 = 1.5 \times B_2 \times \sqrt{2}$$

$$E_2 = 1.5 \times 0.13 \times \sqrt{2}$$

$$E_2 = 0.29 \text{ m}$$

D) Cálculo del espaciamento de los hastiales:

$$E = \frac{\text{longitud del hastial}}{N - 1}$$

$$E = \frac{2.00 \text{ m}}{4 - 1}$$

$$E = 0.67 \text{ m}$$

E) Cálculo del espaciamento de la corona:

K = 15 a 16, el espaciamento va en función del diámetro del taladro (Pearson 1973).

$$E = K \times D1$$

$$E = 15 \times 0.038 \text{ m}$$

$$E = 0.57 \text{ m}$$

F) Cálculo del espaciamento del arrastre:

$$E = \frac{\text{ancho} - 2 \times 0.10}{N - 1}$$

$$E = \frac{2.10 - 2 \times 0.10}{4 - 1}$$

$$E = 0.63 \text{ m}$$

G) Cuadro de burden y espaciamento:

Fundamentando que el cálculo del burden y espaciamento de forma teórica arrojaron las siguientes dimensiones por lo que fueron utilizados en campo es decir para perforar el frente de trabajo Cx-620, pero se tuvo inconvenientes al momento de la voladura donde se presentaron fallas como el de no llegar al avance programado y también de que el disparo sople o no se complete por que los taladros han sido perforados muy cerca. Por lo que se optó por incrementar las dimensiones de separación entre los taladros y la distancia de los taladros hacia la cara libre. Y así tener una mejor distribución de taladros y sobre todo completar la voladura de manera eficiente en todo el frente de trabajo.

Tabla 21: Burden y espaciamento

| Descripción | | Teórico (m) | Práctico (m) |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|
| primer cuadrante | burden | 0.10 | 0.20 |
| | espaciamento | 0.13 | 0.32 |
| segundo cuadrante | burden | 0.13 | 0.40 |
| | espaciamento | 0.29 | 0.70 |
| hastiales | burden | 0.70 | 0.70 |
| | espaciamento | 0.67 | 0.80 |

| | | | |
|----------|---------------|------|------|
| corona | burden | 0.40 | 0.50 |
| | espaciamiento | 0.57 | 0.53 |
| arrastre | burden | 0.30 | 0.35 |
| | espaciamiento | 0.63 | 0.70 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3 Diseño del arranque de la nueva malla de perforación

La nueva malla de perforación que se está proponiendo utiliza como su arranque la forma conocida de cruz o romboidal, donde todos los taladros tienen el mismo diámetro (corte quemado). En total se tendrán distribuidos en toda la nueva malla de perforación 29 taladros de los cuales 2 servirán como taladros de alivio y el resto serán taladros cargados con explosivo.

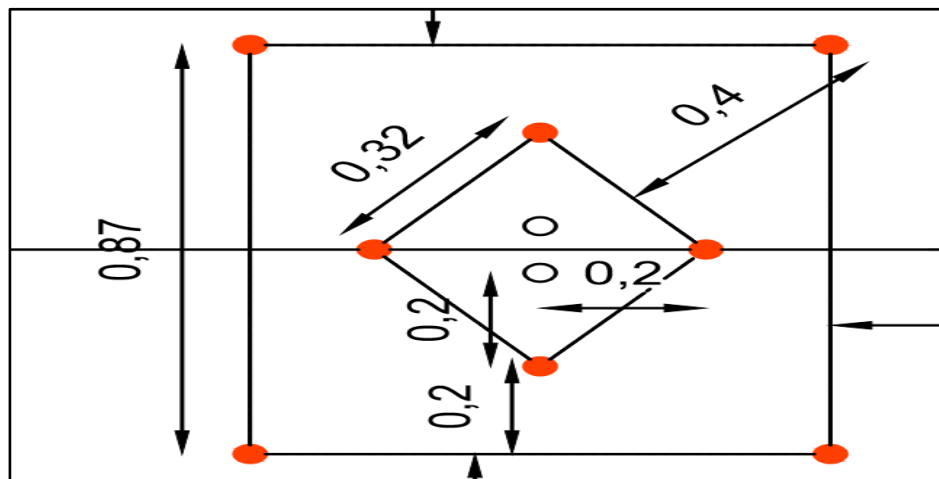


Ilustración 13: Diseño del arranque en la nueva malla de perforación

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.4 Estructura de precio unitario con la nueva malla de perforación

Tabla 22: Estructura del precio unitario - nueva malla de perforación

| ESTRUCTURA de COSTOS del CRUCERO 620, 7 x 8 pies CONVENCIONAL | | | | | | | | |
|--|---------------------------|---------------|----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------|-----------------|
| 1- | MANO DE OBRA | Cant | Salario (S/.) | Total | %B.B.S.S | S/. x Disparo | S/. / m | US\$ / m |
| | Personal Directo. | | | | | | | |
| | Perforista | 1 | 65.00 | 67.83 | 106.59% | 140.13 | | |
| | Ayudante Perforista | 1 | 55.00 | 57.83 | 106.59% | 119.47 | | |
| | Comprensorista | 1 | 58.00 | 60.83 | 106.59% | 125.67 | | |
| | Peón Mina | 1 | 50.00 | 52.83 | 106.59% | 109.14 | | |
| | TOTAL MANO DE OBRA | | | | | 494.41 | 312.92 | 94.82 |
| 2- | PERFORACIÓN | Unidad | P.U S/. | V.U. pies | P.Perf | S/. x Disparo | S/. / m | US\$ / m |
| | Broca cónica de 38 mm | pp | 110.34 | 350.00 | 116.00 | 36.57 | | |
| | Broca cónica de 40 mm | pp | 110.34 | 350.00 | 58.00 | 18.28 | | |
| | Barreno de 2 pies | pp | 245.55 | 1200.00 | 58.00 | 11.87 | | |
| | Barreno de 4 pies | pp | 279.24 | 1200.00 | 58.00 | 13.50 | | |
| | Barreno de 6 pies | pp | 339.57 | 1200.00 | 58.00 | 16.41 | | |
| | Manguera de 1/2" (25m) | m | 137.75 | 150.00 | 1.00 | 0.92 | | |
| | Manguera de 1" (25m) | m | 356.50 | 150.00 | 1.00 | 2.38 | | |
| | Aceite de perforación | Gln | 31.48 | 600.00 | 116.00 | 6.09 | | |
| | TOTAL PERFORACIÓN | | | | | 106.01 | 67.10 | 20.33 |
| 3- | EQUIPOS | Unidad | V.U | Precio US\$ | Precio S/. | | | |
| | Perforadora (Jack leg) | pies | 90000.00 | 9333.00 | 30798.90 | | | |
| | Comprensora 375 CFM | hr | 10000.00 | 15800.00 | 52140.00 | | | |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.5 Nueva malla de perforación propuesta

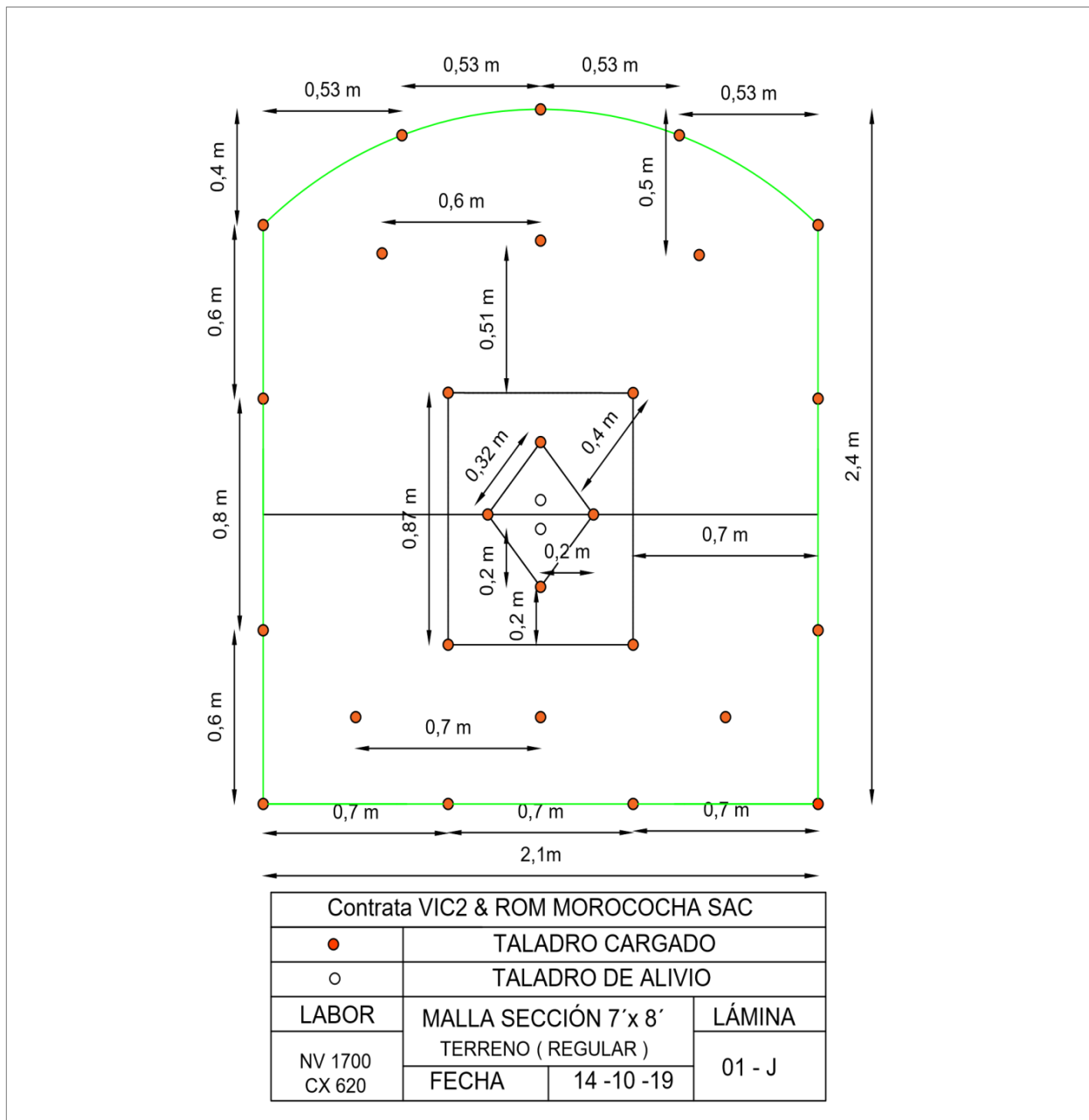


Ilustración 14: Nueva malla de perforación

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Factor de carga explosiva

Es un parámetro importante ya que nos permitirá calcular cuánto de explosivo se debe utilizar en el frente de trabajo, para nosotros sería en el desarrollo del crucero 620 y así lograr obtener una buena voladura.

4.2.3.1 Distribución nueva de carga explosiva

En la siguiente tabla se mostrará la distribución de carga explosiva en los taladros perforados en la nueva malla de perforación.

- Cálculo de la longitud de carga

$$\text{longitud de carga} = \frac{2}{3} \times \text{longitud de perforación}$$

$$\text{longitud de carga} = \frac{2}{3} \times 1.67$$

$$\text{longitud de carga} = 1.20 \text{ m}$$

- Cálculo del n° de cartuchos por taladro

$$\text{n° cartuchos} = \frac{\text{long. de carga}}{\text{long. del explosivo}}$$

$$\text{n° cartuchos} = \frac{1.20}{0.203}$$

$$\text{n° cartuchos} = 6 \text{ cartuchos}$$

- Cálculo de los kg de explosivo por taladro

$$\text{kg de explosivo} = \text{n° de cartuchos} \times \text{P.E del explosivo (kg)}$$

$$\text{kg de explosivo} = 6 \times 0.11$$

$$\text{kg de explosivo} = 0.66 \text{ Kg}$$

- Cálculo de los kg de explosivo para el arranque

$$\text{kg de explosivo} = \text{kg de explosivo por taladro} + (\text{kg de explosivo por taladro} \times 30\%) \times \text{n° de taladros}$$

$$\text{kg de explosivo} = [0.66 + (0.66 \times 30\%)] \times 4$$

$$\text{kg de explosivo} = 3.52 \text{ Kg}$$

- **Cálculo de los kg de explosivo para las ayudas y sobreayudas**

kg de explosivo = kg de explosivo x n° de taladros en las ayudas y sobreayudas

$$\text{kg de explosivo} = 0.66 \times 10$$

$$\text{kg de explosivo} = 6.60 \text{ Kg}$$

- **Cálculo de los kg de explosivo para los cuadradores**

kg de explosivo = kg de explosivo por taladro x n° de taladros en cuadradores

$$\text{kg de explosivo} = 0.66 \times 4$$

$$\text{kg de explosivo} = 2.64 \text{ Kg}$$

- **Cálculo de los kg de explosivo para la corona**

kg de explosivo = kg de explosivo por taladro x n° de taladros en el arranque

$$\text{kg de explosivo} = 0.66 \times 5$$

$$\text{kg de explosivo} = 3.30 \text{ Kg}$$

- **Cálculo de los kg de explosivo para el arrastre**

kg de explosivo = kg de explosivo por taladro x n° de taladros en el arranque

$$\text{kg de explosivo} = 0.66 \times 4$$

$$\text{kg de explosivo} = 2.64 \text{ Kg}$$

Tabla 23: Distribución de carga en la nueva malla de perforación

| DISTRIBUCIÓN DE CARGA | Número de taladros | Emulnor 1000 (cartuchos) | Emulnor 3000 (cartuchos) | Kilos de explosivo | Dimensión del cartucho |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|
| Alivios | 2 | | | | |
| Arranque | 4 | 0 | 32 | 3.52 | 1" x 8' |
| Ayuda | 4 | 0 | 24 | 2.64 | 1" x 8' |
| Sobreayudas | 6 | 24 | 12 | 3.96 | 1" x 8' |
| Cuadrador | 4 | 16 | 8 | 2.64 | 1" x 8' |
| Corona | 5 | 20 | 10 | 3.30 | 1" x 8' |
| Arrastres | 4 | 0 | 24 | 2.64 | 1" x 8' |
| N° taladros cargados | 27 | 60 | 110 | 18.70 | |
| N° taladros | 29 | | | | |

TOTAL

18.70 Kg

Fuente: Elaboración propia

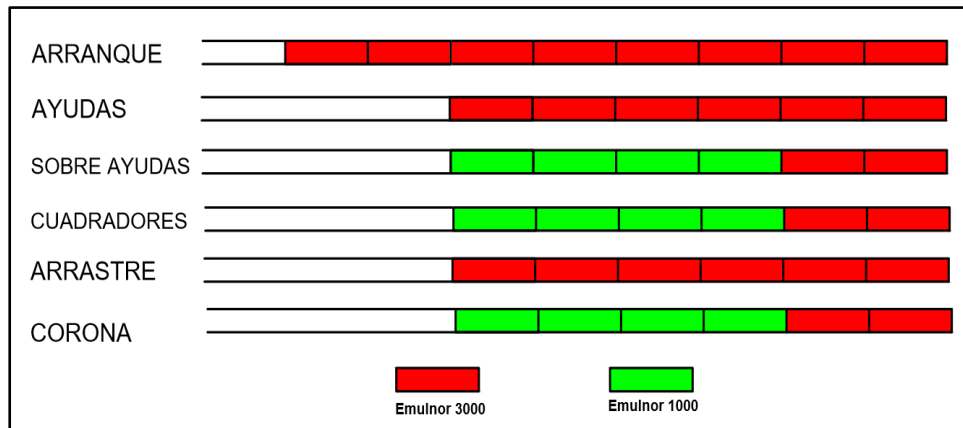


Ilustración 15: Distribución de la columna explosiva

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 Cálculo del nuevo factor de carga

- **Volumen:**

$V = \text{área de la sección} \times \text{avance por disparo}$

$V = 4.62 \text{ m}^2 \times 1.55 \text{ m}$

$V = 7.16 \text{ m}^3$

Tabla 24: Carga explosiva nueva

| tipo de explosivo | kilos de explosivo (kg) |
|-------------------|-------------------------|
| Emulnor 1000 | 6.60 |
| Emulnor 3000 | 12.10 |
| Total | 18.70 |

Fuente: Elaboración Propia

- **Factor de carga (kg/m³):**

$$FC = \frac{\text{kg de explosivo total}}{\text{volumen}}$$

$$FC = \frac{18.70}{7.16}$$

$$FC = 2.61 \text{ kg/m}^3$$

- **Factor de carga (kg/m):**

$$FC = \frac{\text{Kg de explosivo total}}{\text{metros de avance}}$$

$$FC = \frac{18.70}{1.55}$$

$$FC = \mathbf{12.07 \text{ kg/m}}$$

4.2.4 Aplicación de nuevo explosivo

Con el nuevo diseño de malla de perforación ya propuesto, se empieza con escoger el tipo de explosivo adecuado para la voladura, es por ello que cambiaremos el Superfam Dos (ANFO) por Emulnor de 1000 y 3000 para poder rellenar la columna explosiva del taladro perforado.

En la siguiente tabla se describirá las características técnicas del nuevo explosivo que se estará utilizando para realizar la voladura en el crucero 620.

Tabla 25: Características técnicas del nuevo explosivo

| Características técnicas del nuevo explosivo | und | EMULNOR 1000 | EMULNOR 3000 |
|--|-------------------|--------------|--------------|
| Densidad relativa | g/cm ³ | 1.13 ± 0.1% | 1.14 ± 0.1 |
| Velocidad de detonación | m/s | 5600 ± 300 | 5700 ± 300 |
| Presión de detonación | Kbar | 95 | 93 |
| Energía | Kcal/g | 785 | 920 |
| Volumen normal de gases | l/kg | 920 | 880 |
| Potencia relativa en peso | % | 87 | 102 |
| Potencia relativa en volumen | % | 120 | 142 |
| Sensibilidad al fulminante | | N°8 | N°8 |
| Categoría de humos | | primera | primera |
| Resistencia al agua | | excelente | excelente |

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.1 Cálculo de parámetros de voladura

- Avance por disparo:

Tabla 26: Avance por disparo con el nuevo explosivo

| CONTROL DE OPERACIONES | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| DÍA | NIVEL | LABOR | TURNO | SUPERVISOR | PERFORISTA | LONGITUD DE BARRENO | AVANCE (m) |
| 1 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.54 |
| 2 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 3 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.50 |
| 4 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.54 |
| 5 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 6 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.54 |
| 7 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.56 |
| 8 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.52 |
| 9 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.50 |
| 10 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 11 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.54 |
| 12 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.54 |
| 13 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.50 |
| 14 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.52 |
| 15 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.56 |
| 16 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.50 |
| 17 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.56 |
| 18 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 19 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.50 |
| 20 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.50 |
| 21 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.56 |
| 22 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.54 |
| 23 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.52 |
| 24 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.52 |
| 25 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.50 |
| 26 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 27 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.54 |
| 28 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Juvenal | 6 | 1.56 |
| 29 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.56 |
| 30 | 1700 | Cx 620 | Día | Hilario | Alanya | 6 | 1.52 |
| PROMEDIO | | | | | | | 1.55 m |

Fuente: Elaboración propia

- **Volumen roto:**

$V = \text{área de la sección} \times \text{avance por disparo}$

$$V = 4.62 \text{ m}^2 \times 1.55 \text{ m}$$

$$V = 7.16 \text{ m}^3$$

- **Tonelaje roto:**

$T = \text{Volumen} \times \text{Pe}$

$$T = 7.16 \times 2.8$$

$$T = 20.05 \text{ t}$$

- **Factor de potencia (kg/t):**

$$FP = \frac{\text{kg de explosivo total}}{\text{toneladas metricas extraidas}}$$

$$FP = \frac{18.70}{20.05}$$

$$FP = 0.93 \text{ kg/t}$$

- **Eficiencia de voladura:**

$$EP(\%) = \frac{\text{avance real}}{\text{longitud promedio perforado por taladro}} * 100\%$$

$$EP(\%) = \frac{1.55}{1.67} * 100\%$$

$$EP(\%) = 94 \%$$

4.3 Comprobación de hipótesis.

4.3.1 Comprobación de la hipótesis general

Primeramente, se pudo realizar la mejora en los costos de voladura, es decir se pudo reducir los costos que implicaban realizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, para poder realizar esto se realizaron varios cambios entre los principales fueron el de diseñar una nueva malla de perforación y el de reemplazar los explosivos que estaban usando por otros con características similares que generen una buena voladura a menor costo.

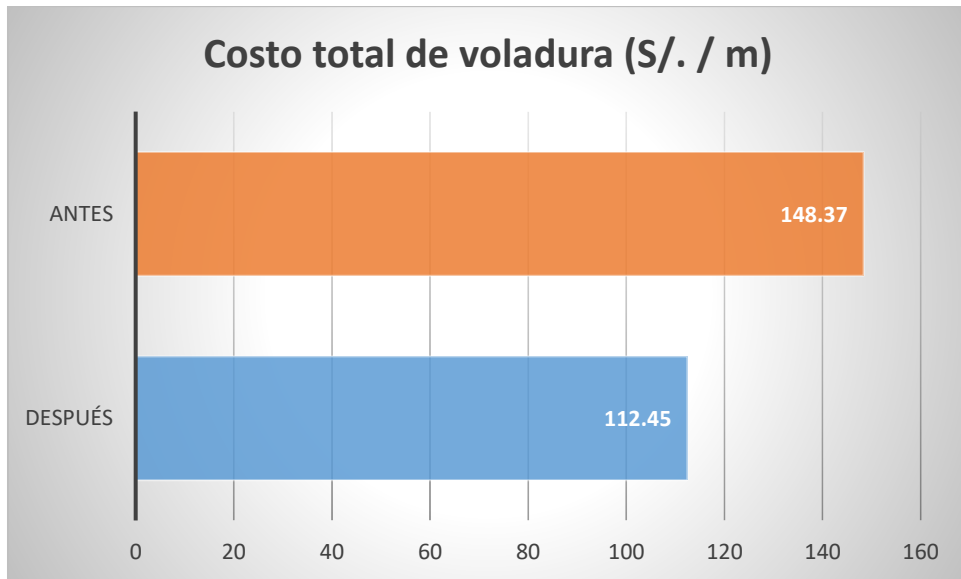


Ilustración 16: Costo de voladura de antes y después

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Comprobación de la hipótesis específica “a”

Los cambios que se realizaron fue en la malla de perforación donde se pudo reducir el número de taladros, pasando de 37 taladros que se tenía en la malla de perforación anterior a 29 taladros en el nuevo diseño de malla de perforación.

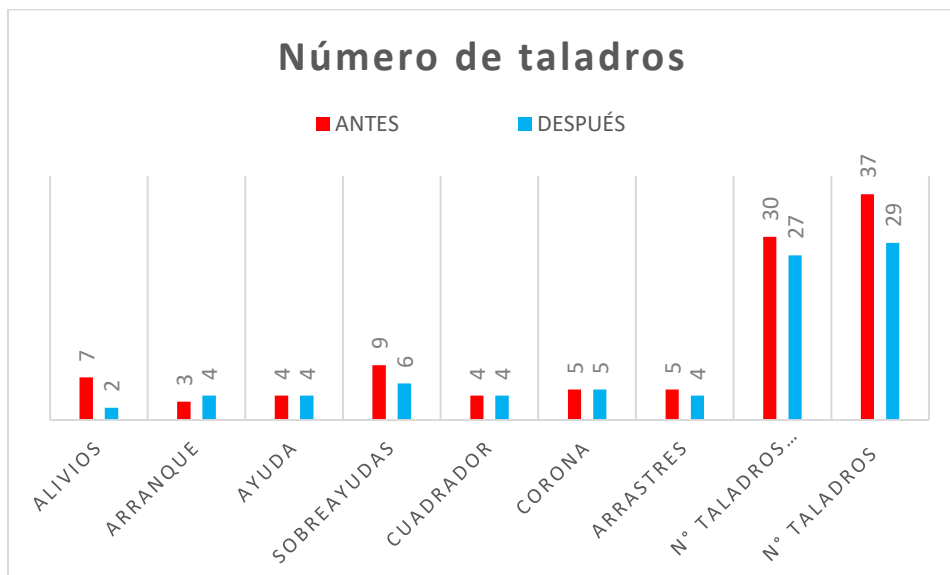


Ilustración 17: Comparación de números de taladros de antes y después

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Comprobación de la hipótesis específica “b”

Al realizar un nuevo diseño de malla de perforación y reducir el número de taladros, esto trajo consigo la disminución en la carga explosiva del mismo modo también se logró reducir los factores de voladura que vienen a ser el factor de carga y el factor de potencia.

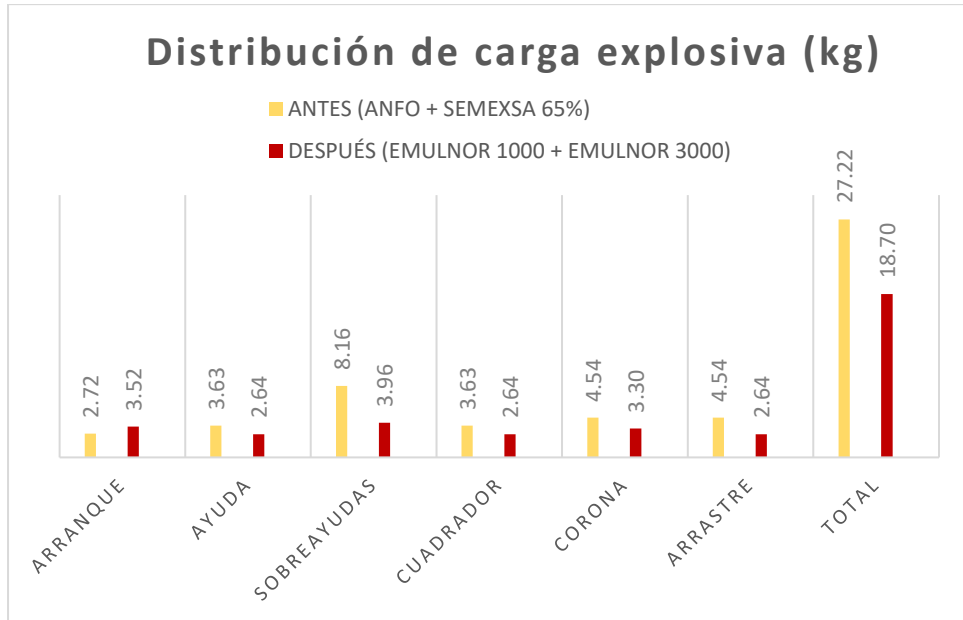


Ilustración 18: Distribución de carga explosiva de antes y después

Fuente: Elaboración propia

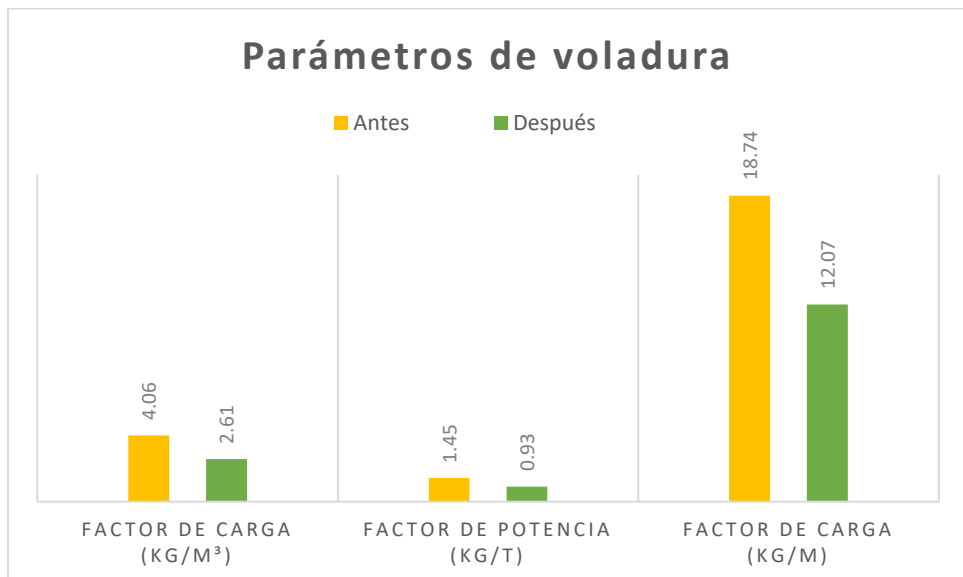


Ilustración 19: Parámetros de voladura de antes y después

Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Comprobación de la hipótesis específica “c”

Otra de las mejoras que se pudo lograr fue el de reducir el costo de uso de accesorios de voladura. Por otro lado, se elevan los costos de uso de explosivos, pero serán compensados los costos al momento de calcular el costo total por metro avanzado.

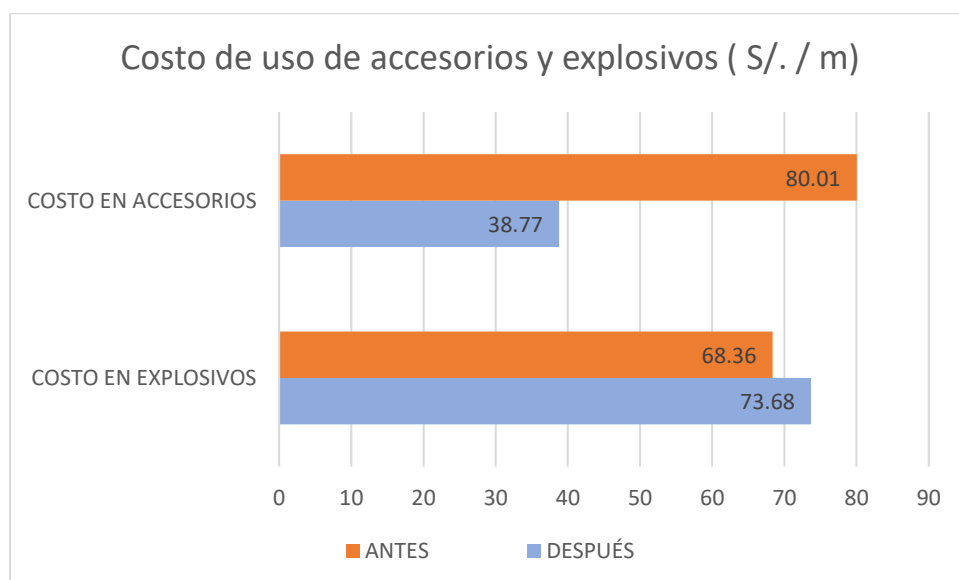


Ilustración 20: Costo del uso de accesorios y explosivos

Fuente: Elaboración propia

Después de haber analizado nuestra investigación del antes y después con respecto a la operación de la voladura y obteniendo resultados respectivos de ambos casos pudimos determinar que al realizar distintos cambios como en el nuevo diseño de la malla de perforación, la disminución del factor de carga explosiva que se necesita para poder realizar la voladura en el frente de trabajo en nuestro caso es en el desarrollo del Cx-620 y también en el remplazo del explosivo por otro con características similares que nos permita mejores resultados. Todo esto conlleva a cumplir con nuestro objetivo que fue en la reducción de costos de voladura de forma eficiente.

4.4 Aporte de la investigación

Se pudo realizar la optimización de la voladura para la reducción de los costos en el desarrollo del Cx-620 a través de:

- Los diferentes cambios al momento de realizar la preparación e iniciación de la voladura, como del remplazo de los explosivos que se utilizaban

anteriormente que vienen a ser el Anfo y Dinamita (Semexsa 65%) por otros con características similares como son las emulsiones (Emulnor 1000 y 3000). también el uso de los accesorios de voladura en donde se reemplaza el uso de (Faneles y Pentacord) por la utilización del (Carmex y Mecha rápida). todo esto con la finalidad de mejorar varios parámetros de la voladura. “ Fundamentando que para ello se debe realizar un buen amarre en la secuencia de salida, así como los faneles tienen milisegundos de retardo para así poder disparar los taladros en forma secuencial en nuestro caso lo que se realiza es el amarre de los carmex introducidos en cada taladro con la mecha rápida también de forma secuencial, pero de manera conjunta es decir realizar el amarre de todos los taladros solo del arranque, luego el amarre de los taladros de las ayudas y cuadradores, por último el amarre de los taladros de la corona y de los taladros del arrastre. para poder así tener una iniciación de la voladura de manera secuencial”.

- La implementación de un nuevo diseño de malla de perforación que permitió reducir el número de taladros perforados que se tenía anteriormente y así reducir la carga explosiva que se necesita para poder realizar la voladura en el frente.
- La reducción del factor de carga explosiva que se genera propiamente al reducir los números de taladros en la malla de perforación. Todo esto con la finalidad de utilizar menor cantidad de carga explosiva la necesaria para la voladura en el frente de trabajo y la obtención de buenos resultados.
- El cambio en los accesorios de voladura y la utilización de un nuevo explosivo en el frente de trabajo con mejores características permitieron realizar la voladura en el Cx-620 de manera eficiente, también se pudo reducir el costo del uso de accesorios de voladura a comparación de los costos que se tenían anteriormente.

CONCLUSIONES

1. Según los cálculos en la Tabla N° 08 y Tabla N° 17 sobre los costos de voladura. Si antes para realizar la voladura en el Cx-620 se llegaba a tener unos costos equivalentes a (S/. / m) 148.37, ahora actualmente el costo para poder realizar la voladura en el frente de trabajo viene a ser de (S/. / m) 112.45. Por lo cual concluyo que se llegó a optimizar la voladura y reducir los costos en el Cx-620 de manera eficiente.
2. Con el cuadro comparativo del antes y después del número de taladros en la Ilustración N° 17. Con el diseño de malla de perforación anteriormente se tenía que perforar 37 taladros donde solo 30 taladros eran cargados con explosivo, pero ahora con la implementación del nuevo diseño de malla de perforación se tienen que perforar 29 taladros y solo 27 serán cargados con explosivo. Por ello concluyo que se ha optimizado el diseño de malla de perforación para el Cx-620.
3. En la Tabla N° 12 y Tabla N° 23 se puede observar la cantidad de explosivo necesario de antes y después para realizar la voladura. Por lo que se concluye, para poder disparar el frente de trabajo anteriormente se necesitaba de 29.62 kg de explosivo, pero ahora para poder realizar la voladura solo se necesita de 18.70 kg de explosivo. Por lo tanto, el factor de carga explosiva que era de 4.06 kg/m³ pasa a ser de 2.61 kg/m³, indicándonos que se ha optimizado el factor de carga en el Cx-620.
4. Se puede observar en la Ilustración N° 20 los costos del uso de accesorios de voladura de antes y después. Al utilizar antes como accesorios de voladura como el Fanel, Pentacord, Carmex y Mecha Rápida se llegaba a tener unos costos de 80.01 (S/. / m), pero ahora con la disminución de accesorios de voladura y con la utilización solo del Carmex y la Mecha Rápida se llegan a tener unos costos de 38.77 (S/. / m). Por lo cual concluyo que se ha optimizado la voladura y reducido los costos del uso de accesorios de voladura en el Cx-620.
5. Con los nuevos resultados obtenidos se capacitó al personal de los diferentes cambios que se están dando en los estándares y parámetros ya establecidos. Como el uso de un nuevo diseño de malla de perforación, la utilización de un nuevo explosivo, la disminución en el uso de accesorios de voladura. Para ello

se tendrá una supervisión constante en el Cx-620, para poder guiar, explicar, corregir y responder inquietudes o dudas que quizás tengan los trabajadores al momento de realizar sus actividades.

RECOMENDACIONES

1. Si con la investigación presente y su aplicación se ha podido optimizar la voladura y reducir los costos a (S/. /m) 112.45, recomiendo que se podría hacer mejores análisis y evaluaciones en los diferentes estándares y parámetros concernientes a la operación de la voladura para así seguir optimizando.
2. Si se pudo lograr la optimización del diseño de malla de perforación reduciendo los taladros cargados con explosivo de 30 a 27, entonces recomiendo que se debe realizar constantemente evaluaciones geomecánicas en el macizo rocoso, pruebas de ensayo - error con el fin de diseñar mallas de perforación con el número de taladros suficientes acorde al tipo de terreno que se llegue a presentar.
3. Si se logró reducir la cantidad de carga explosiva utilizada y optimizar así el factor de carga explosiva pasando a ser de 4.06 kg/m^3 a 2.61 kg/m^3 , recomiendo que se debería de realizar el análisis oportuno de cada taladro y la cantidad de explosivo que se debe introducir en cada uno de manera eficiente tomando en consideración el tipo de macizo rocoso donde se trabaja.
4. Como vimos en trabajo de investigación se realizó la optimización de los accesorios de voladura y del tipo de explosivo para poder realizar la voladura reemplazando el ANFO y Semexsa 65% por el Emulnor 1000 y 3000, recomiendo que se podría evaluar otros tipos de accesorios de voladura y de explosivo con diferentes composiciones y mejores características con el fin de obtener mejores resultados en la voladura a menores costos, pero para ello se debe realizar diferentes evaluaciones en los parámetros de voladura.
5. Realizar una planificación para poder adecuar al personal de trabajo a los diferentes cambios que se están dando, se debe hacer cumplir que el perforista realice la perforación del Cx-620 con el nuevo diseño de malla de perforación, también que realicen un buen carguío de los taladros perforados con el nuevo explosivo y utilicen de manera correcta los accesorios de voladura para no tener complicaciones al momento de realizar el disparo y obtener buenos resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JAUREGUI AQUINO, Oscar Alberto. Reduccion de los Costos Operativos en Mina, Mediante la Optimizacion de los Estandares de las Operaciones Unitarias de Perforacion y Voladura. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 2009.
2. BARRIGA REYNOSO, Augusto Hernan. Diseño e Implementación de Malla de Perforación para Optimizar la Voladura en la Mina San Genaro de la CIA. Minera Castrovirreyna. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas, UNSA. Arequipa, 2015.
3. GUILLEN GUERRERO, Mario Percy. Reducción del Factor de Carga y Optimización de Costos con la Aplicación de Corte Cilíndrico en Arranque de Labores de Avance en Roca Sedimentaria Marga – Mina Animon - IESA. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas, UNSA. Arequipa, 2018.
4. CHIPANA TITO, Rudy Milton. Diseño de Perforación y Voladura para Reducción de Costos en el Frente de la Galería Progreso de la Contrata Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, 2015.
5. GAONA GONZALES, Aderling Jesús. Optimización de la Voladura, Mina La Virgen de la Compañía Minera San Simón S.A - Huamachuco Trujillo. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional de Piura. Piura, 2015.
6. CACERES NAVARRO, Ludtwin. Optimización de la Perforación y Voladura con Nuevo Diseño de Malla en el Crucero 10014 de la Empresa Minera Marsa. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, 2017.
7. LARA BALTAZAR, Oscar Rafael. Diseño de Malla de Perforación para Optimizar la Voladura en la Unidad Carahuacra de la Compañía Minera Volcan S.A.A. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, 2013.
8. COMPAÑIA MINERA CARAVELÍ S.A.C. Área de Topografía, Geología, Geomecánica, Planeamiento, Producción, Costos. Arequipa : s.n., 2019.
9. RAMIREZ OYANGUREN, Pedro ; ALEJANO MONGE, Alejandro. Mecánica de Rocas - Fundamentos e Ingeniería de Taludes. Madrid, 2004.

10. S. POLIMENI, Ralph ; J. FABOZZI, Frank ; H. ADELBERG, Arthur. Contabilidad de Costos. Colombia : 3ra Edición, 1989.
11. EXSA. Manual Práctico de Voladura. Perú : 4ta Edición, 2011.
12. J. KONYA , Calvin ; ALBARRÁN N., Enrique. Diseño de Voladuras. México, 1998.
13. LÓPEZ JIMENO, Carlos. Manual de Perforación y Voladura de Rocas. Madrid, 2003.
14. HERRERA HERBERT, Juan, CASTILLA GÓMEZ, Jorge y BERNAOLA ALONSO, José. Perforación y Voladura de Rocas en Minería. Madrid, 2013.
15. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. ; FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA-LUCIO, P. Metodología de la Investigación. México : 6ta edición, 2014.

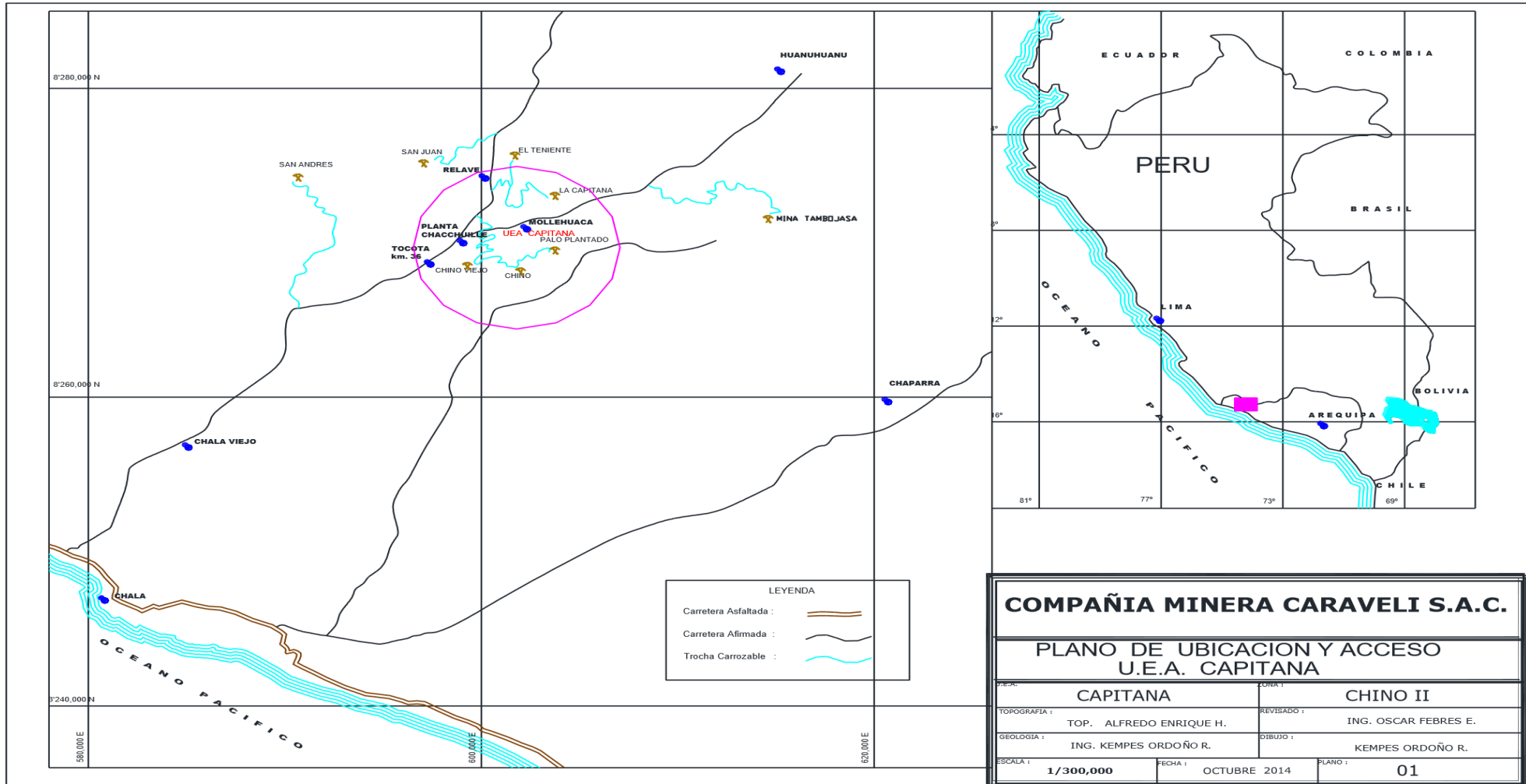
ANEXOS

TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE LA VOLADURA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL DESARROLLO DEL CRUCERO 620, PROYECTO DE EXPLORACIÓN ESPERANZA VI, U.E.A. CAPITANA - COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C.

| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS GENERAL | VARIABLES |
|---|--|---|--|
| ¿Cuál es la optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana ? | Determinar la optimización de la voladura para la reducción de costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana. | La optimización de la voladura permitirá reducir los costos en el desarrollo del crucero 620, Proyecto de Exploración Esperanza VI, U.E.A. Capitana. | <p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> OPTIMIZACIÓN DE LA VOLADURA</p> <p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL DESARROLLO DEL CRUCERO 620</p> |
| PROBLEMAS ESPECIFICOS | OBJETIVOS ESPECIFICOS | HIPÓTESIS ESPECIFICA | |
| ¿Cuál es el nuevo diseño de malla de perforación tomando en consideración el número de taladros que permita optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana ? | Determinar un nuevo diseño de malla de perforación tomando en consideración el número de taladros que permita optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana. | La determinación de un nuevo diseño de malla de perforación tomando en consideración el número de taladros permitirá optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana. | <p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN</p> <p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> NÚMERO DE TALADROS</p> |
| ¿Cuál es la cantidad del nuevo explosivo a utilizar como factor de carga que permita optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana ? | Determinar la cantidad del nuevo explosivo a utilizar como factor de carga que permita optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana. | La determinación de la cantidad del nuevo explosivo a utilizar como factor de carga permitirá optimizar la voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana. | <p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> CANTIDAD DE NUEVO EXPLOSIVO</p> <p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> FACTOR DE CARGA</p> |
| ¿Cuál es el costo total del uso del nuevo explosivo y accesorios que permita reducir el costo de voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana ? | Determinar el costo total del uso del nuevo explosivo y accesorios que permita reducir el costo de voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana. | La determinación del costo total del uso del nuevo explosivo y accesorios permitirá reducir el costo de voladura en el desarrollo del crucero 620, U.E.A. Capitana. | <p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> COSTO TOTAL DE NUEVO EXPLOSIVO Y ACCESORIOS</p> <p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> COSTO DE VOLADURA</p> |

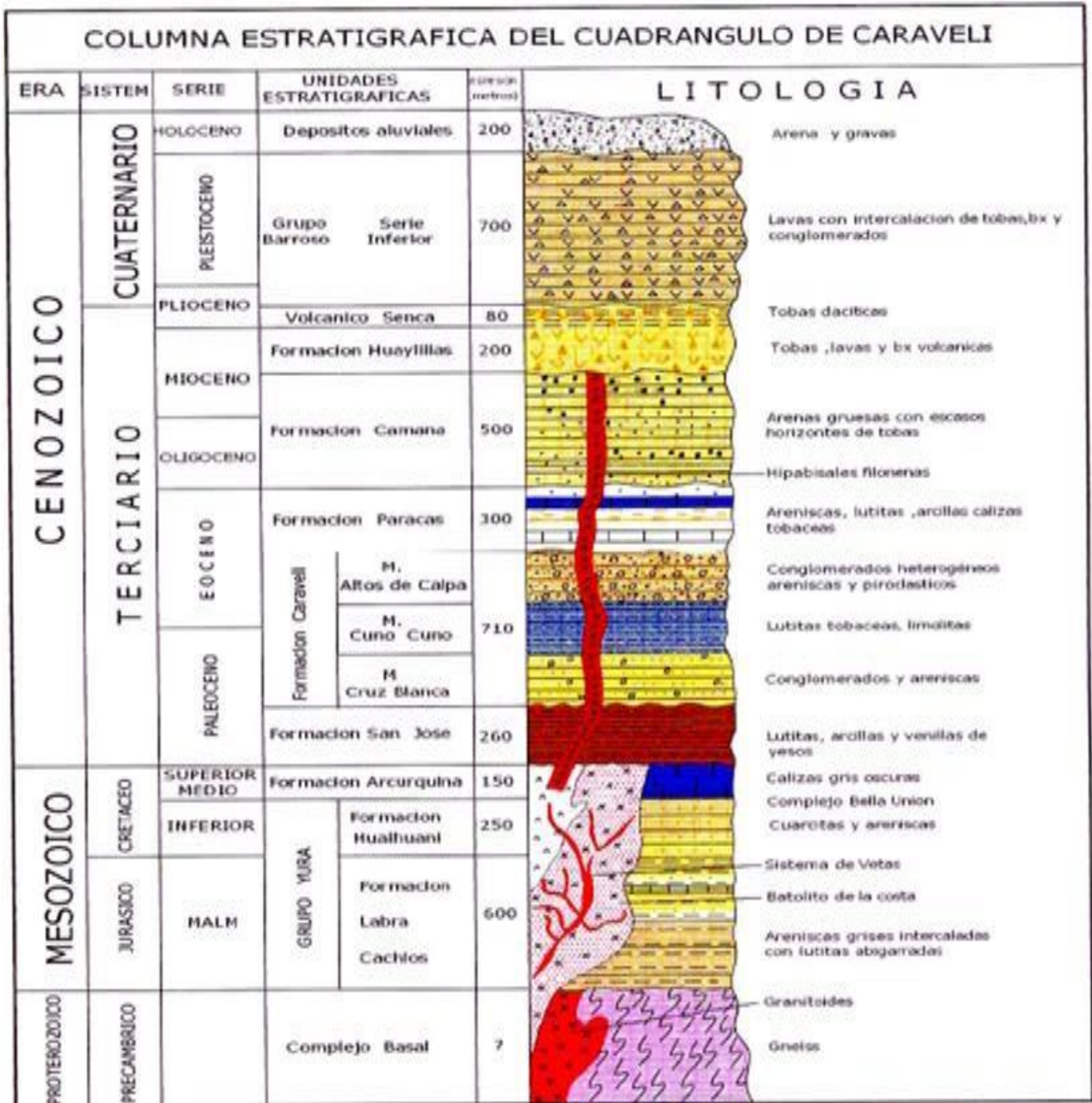
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Plano de Ubicación de la U.E.A. Capitana - Compañía Minera Caravelí S.A.C.



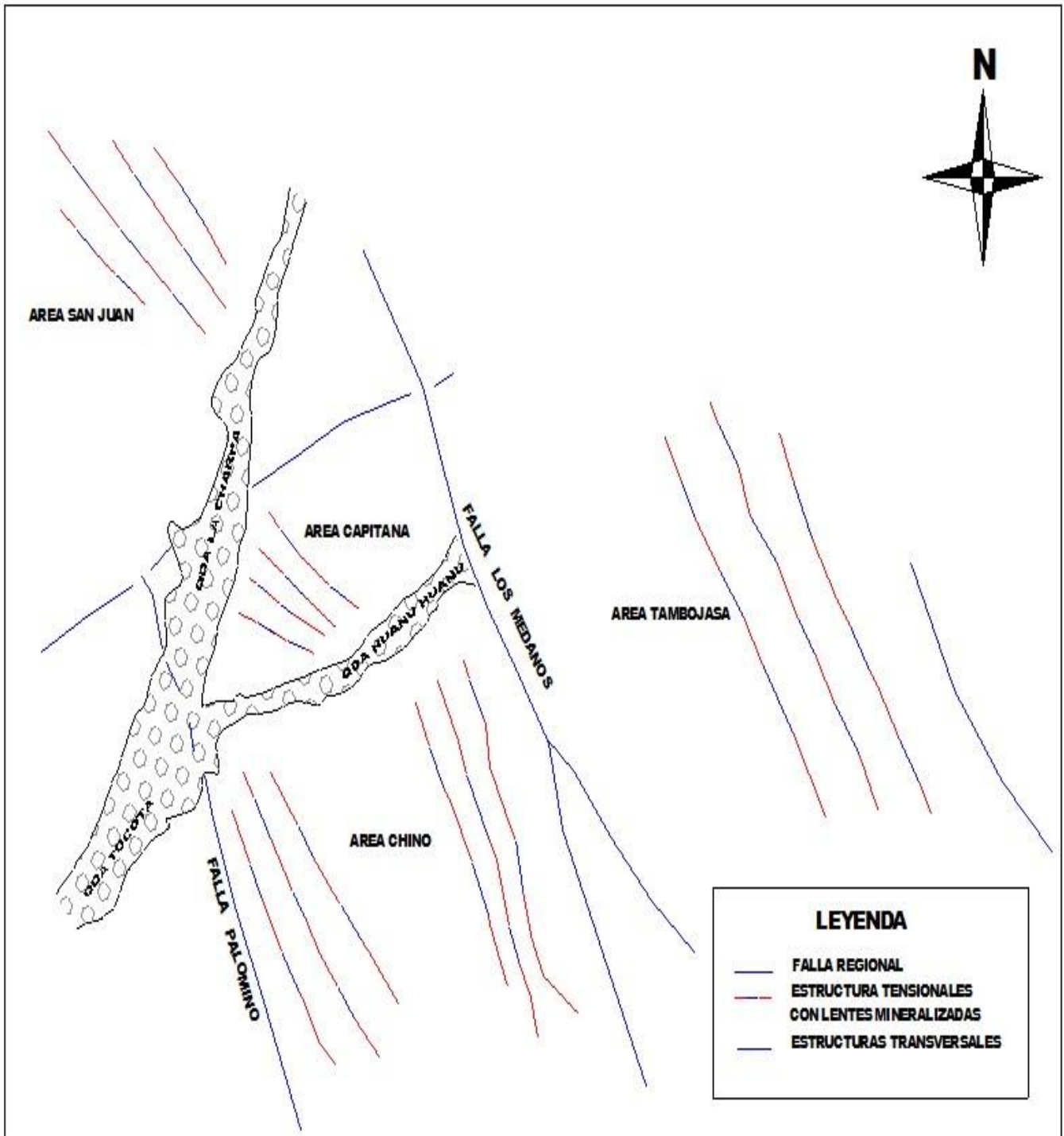
Fuente: Área de Topografía – Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 3: Columna estratigráfica del cuadrángulo Caravelí



Fuente: Área de Geología - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 4: Geología estructural del cuadrángulo de Caravelí



Fuente: Área de Geología - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 5: Plano Geológico del Proyecto Esperanza II y VI



| LEYENDA | | | |
|---------|--------------------------|--|---------------|
| | Veta de Cuarzo - Calcita | | Bocamina |
| | Veta de Oxido de Hierro | | Botaderos |
| | Fracturamiento | | Linea de Riel |
| | Falla | | Inferidas |
| | Veta | | Inferidas |
| | | | Labores |

| | | | |
|-------------------|---|----------|------------------|
| | HUANU HUANU - CARAVELI - AREQUIPA | | GEOLOGÍA |
| | PLANO: | | Ing. A. Alvarez. |
| REVISADO: | GEOLOGÍA SUPERFICIAL (U.E.A. CAPITANA) | | TOPOGRAFIA: |
| Ing. O. Febres E. | | | Top. A.E. H. |
| APROBADO: | DATUM: | ZONA: | FECHA: |
| Ing. R. Huaman S. | SISTEMA WGS 84 | CHINO II | JULIO, 2019 |
| | | | ESCALA: 1/2,000 |
| | | | PLANO: 01 |

Fuente: Área de Planeamiento – Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 6: PETS - corte y relleno en tajos

| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CON LIMPIEZA A LAMPA, PICO Y CARRETILLA | | UEA CAPITANA |
| | Código: L-MIN-21 | Versión: 01 | |
| | Fecha de elaboración: 2007/02/18 | Página: 1 de 3 | |

1. OBJETIVO

Establecer o uniformizar las dimensiones de los blocks y secuencia de explotación por el método de corte y relleno ascendente con limpieza a lampa, pico y carretilla, identificando los peligros evaluando y controlando los riesgos.

2. ALCANCE

Aplica a todos los tajos con vetas angostas y pequeños cuerpos.

3. REFERENCIAS LEGALES Y OTRAS NORMAS

- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. N° 024-2016-EM Art. 234 y 236
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo D. S. 005-2012 TR.
- Reglamento Interno de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
- PETS. De mina.

4. ESPECIFICACIONES DEL ESTÁNDAR

LABORES DE DESARROLLO Y PREPARACIÓN

- Galería superior e inferior de 60m de longitud con sección de 1.80mx1.80m (6'x6') ó 2.10mx2.40m (7'x8') que servirán como acceso, vías para el ingreso de equipos, materiales y acarreo de mineral.
- Chimeneas de block con sección de 2.40mx1.20m (8'x4') en ambos extremos del block. Que estarán provistos de tolva-camino y servirán como acceso al tajo.
- La potencia de la veta será $\leq 0.90m$.
- El puente entre la galería y el sub nivel será de 3.00m.
- Sub nivel base de sección 0.90mx1.80m a lo largo del block.
- Chimenea a cada 20m para echadero de mineral con sección de 1.20mx1.20m en todo el block. Las chimeneas estarán provistas de tolvas y comunicadas al nivel superior, a su vez servirán como servicio (ventilación y relleno).
- Instalar parrilla de riel de 1.20mx1.20m según estándar a las chimeneas que se utilizarán como echadero de mineral.
- La numeración de la primera chimenea de block en avanzada será el número del tajo con alas 1, 2 y 3.
- El tajo queda preparada y dividida en 03 alas de 20m cada una.

| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CON LIMPIEZA A LAMPA, PICO Y CARRETILLA | | UEA CAPITANA |
| | Código: L-MIN-21 | Versión: 01 | |
| | Fecha de elaboración: 2007/02/18 | Página: 2 de 3 | |

REALCE

- 4.10. Iniciar perforando a partir de la chimenea que será la cara libre con taladros verticales o subverticales de 4 ó 5 pies paralelos al buzamiento de la veta, con mallá según estándar. En la voladura considerar el camino para la salida del personal.
- 4.11. Si la calidad de roca de las cajas encajonantes y la veta son: LF/R, FIR, MF/R se realizará sin soporte o con split set/puntal de seguridad ocasionalmente instalados.
- 4.12. Concluido con el corte del tajo hasta una altura de 3.00m se prepara para relleno proyectando con cuadros las tolvas camino y las tolvas a 1.90m.
- 4.13. Se rellenará hasta la altura de los cuadros quedando una luz de 1.80m.
- 4.14. El relleno será material detritico estéril producto del descaje o proveniente de las labores de exploración del nivel superior (galerías con veta estéril, by pass, cruceros, ventanas etc.)
- 4.15. Concluido el ciclo de relleno se inicia con el siguiente corte del tajo.

BRESTING (Talladros horizontales)

- 4.16. Si la calidad de roca de las cajas y la veta son: MF/P se avanzará con taladros horizontales empleando como sostenimiento split set/puntales de seguridad, instalados sistemáticamente a 1.00m ó 1.20m (según estándar) y si la calidad de roca es MF/MP se avanzará con taladros horizontales empleando como sostenimiento cuadros completos o cuadros cojos espaciados a 1.20m o 1.50m.
- 4.17. El ciclo de trabajo será perforación de todo el frente, disparo de la caja piso para relleno, luego disparo del mineral, limpieza del mineral y sostenimiento (método de circado), se continuará de la misma manera hasta concluir con el corte a lo largo del tajo.
- 4.18. El relleno será material detritico estéril producto del descaje o proveniente de las labores de exploración del nivel superior (Galerías con veta estéril, by pass, cruceros, ventanas etc.)
- 4.19. Concluido con el corte se inicia con el siguiente corte del tajo.

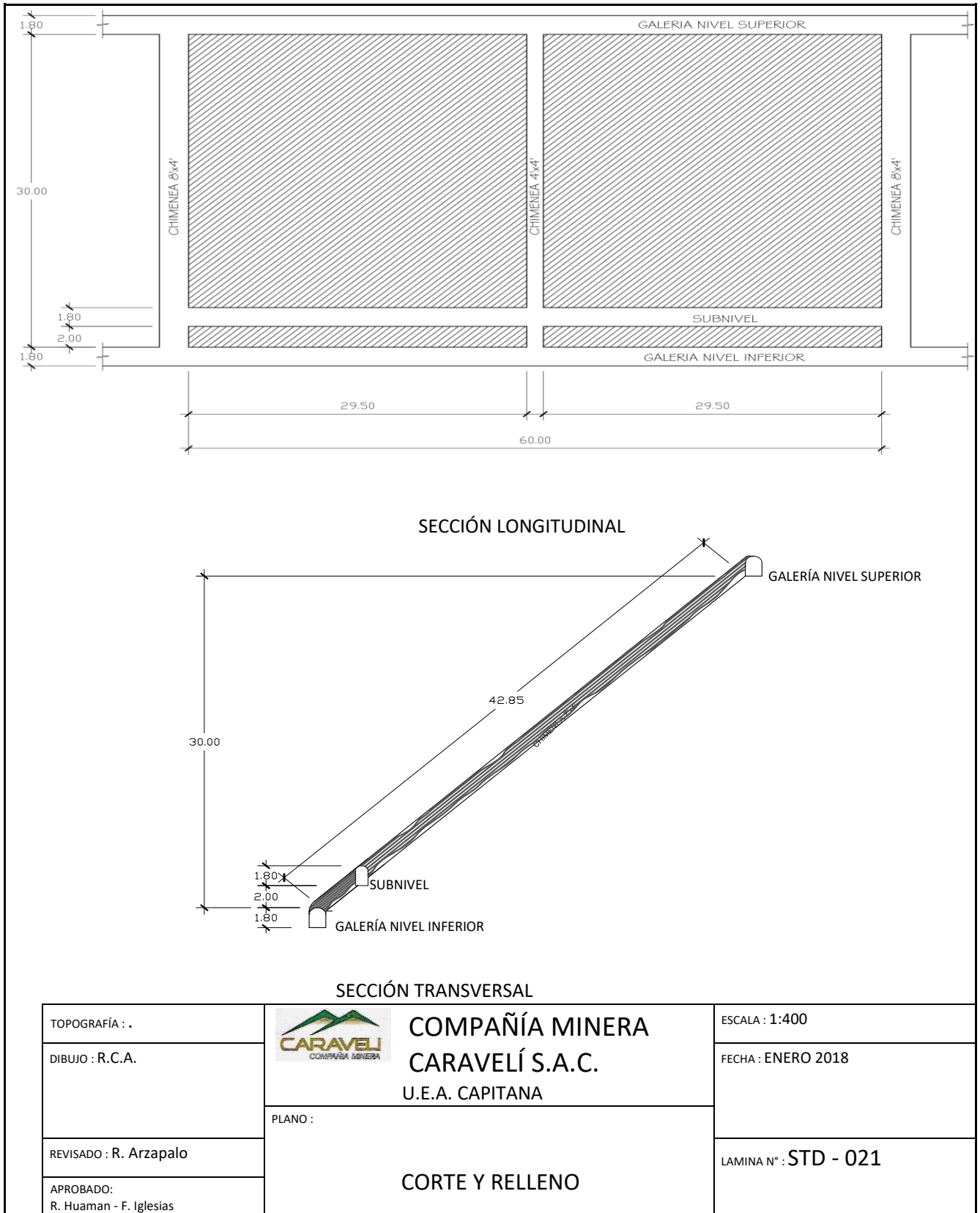
5. RESPONSABLES

- Jefe de Zona.
- Supervisión de la Empresa Contratista Minera.
- Maestro perforista y ayudante.

| PREPARADO POR: | REVISADO POR: | REVISADO POR: | APROBADO POR: |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| Ing. Gabriel Carrasco Azari | Ing. Rodolfo Acapala Chagua | Ing. Hélio Iglesias Arzuán | Ing. Héctor Huastán Santibáñez |

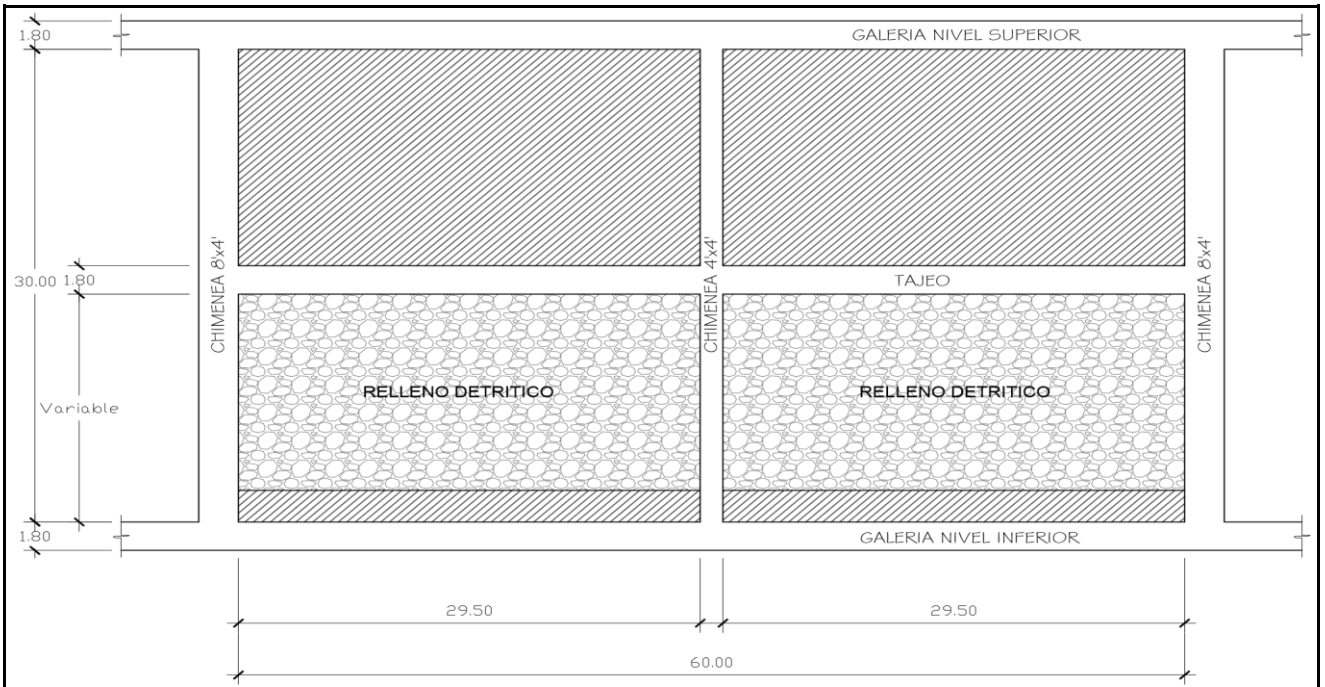
Fuente: Área de Producción – Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 7: Corte y Relleno en tajos - etapa I

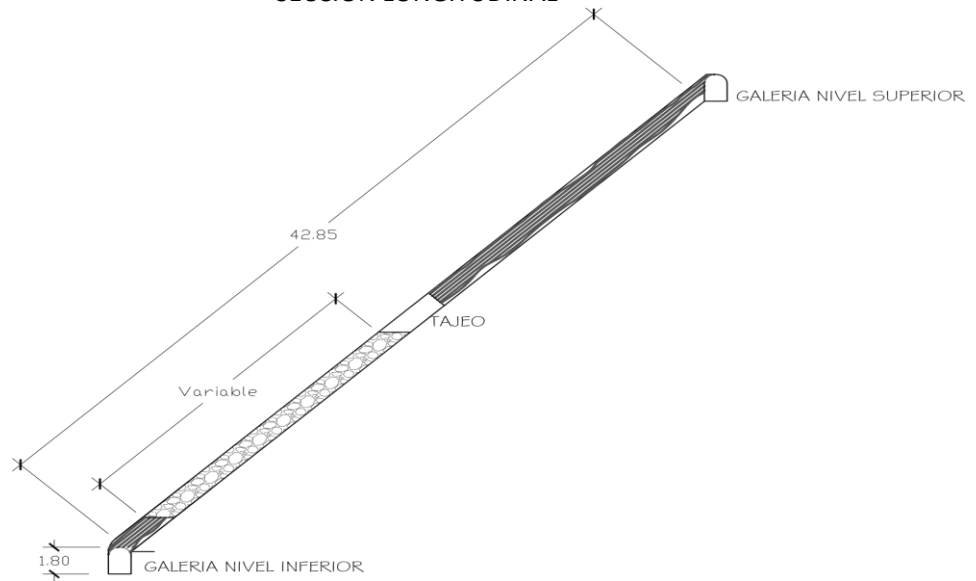


Fuente: Área de Producción - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 8: Corte y Relleno en tajos - etapa II



SECCIÓN LONGITUDINAL

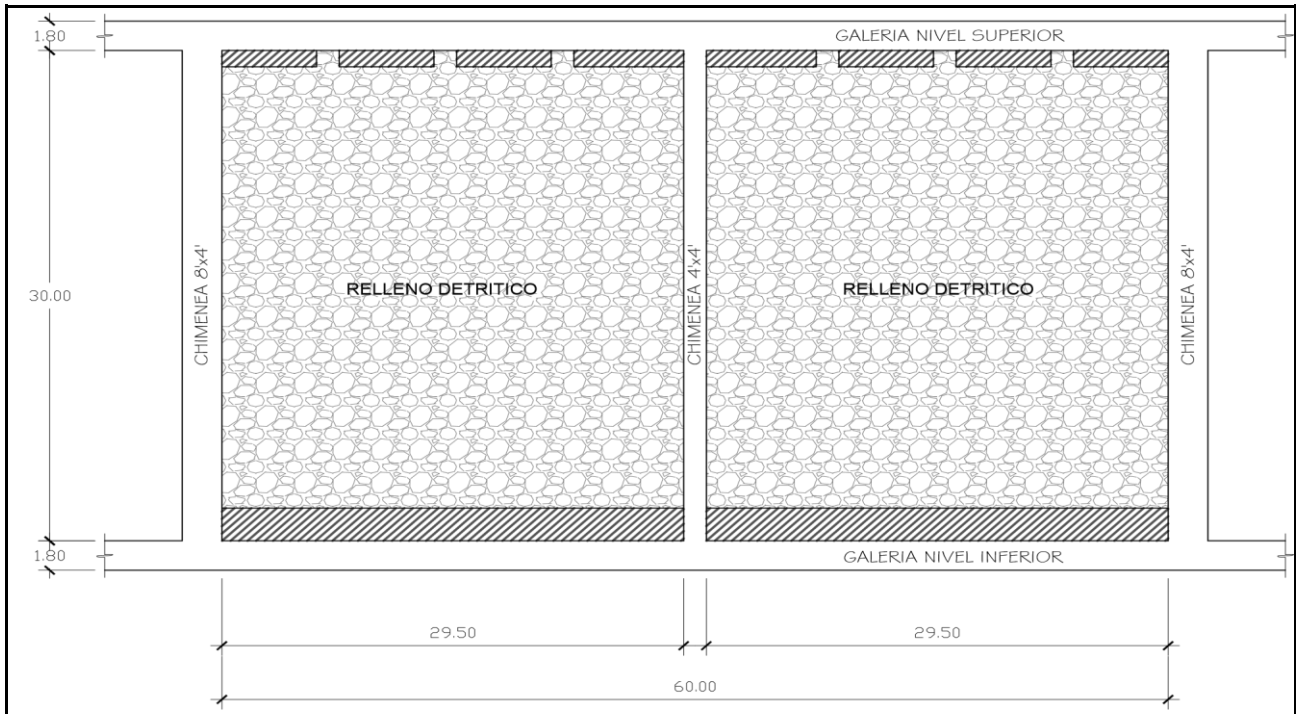


SECCIÓN TRANSVERSAL

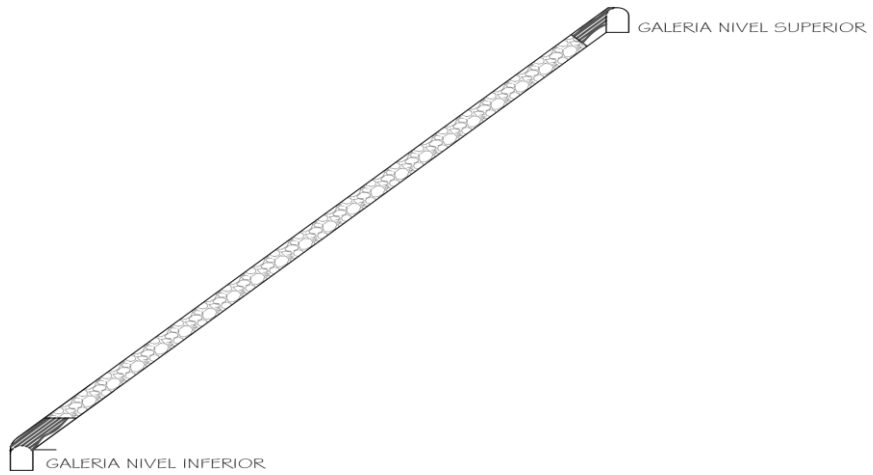
| | | |
|--------------------------------------|---|------------------------------|
| TOPOGRAFÍA : . |  COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C. U.E.A. CAPITANA | ESCALA : 1:400 |
| DIBUJO : R.C.A. | | FECHA : ENERO 2018 |
| REVISADO : R. Arzapalo | PLANO: CORTE Y RELLENO | LAMINA N° : STD - 021 |
| APROBADO: R. Huaman - F. Iglesias | | |

Fuente: Área de Producción - Compañía Minera Caravelí S.A.C.


Anexo 9: Corte y Relleno en tajos - etapa III



SECCIÓN LONGITUDINAL






SECCIÓN TRANSVERSAL

| | | |
|--------------------------------------|--|-----------------------|
| TOPOGRAFÍA : . |  <p>CIA. MINERA CARAVELÍ S.A.C. U.E.A. CAPITANA</p> | ESCALA : 1:400 |
| DIBUJO : R.C.A. | | FECHA : ENERO 2018 |
| REVISADO : R. Arzapalo | PLANO: | LAMINA N° : STD - 021 |
| APROBADO: R. Huaman - F. Iglesias | CORTE Y RELLENO | |

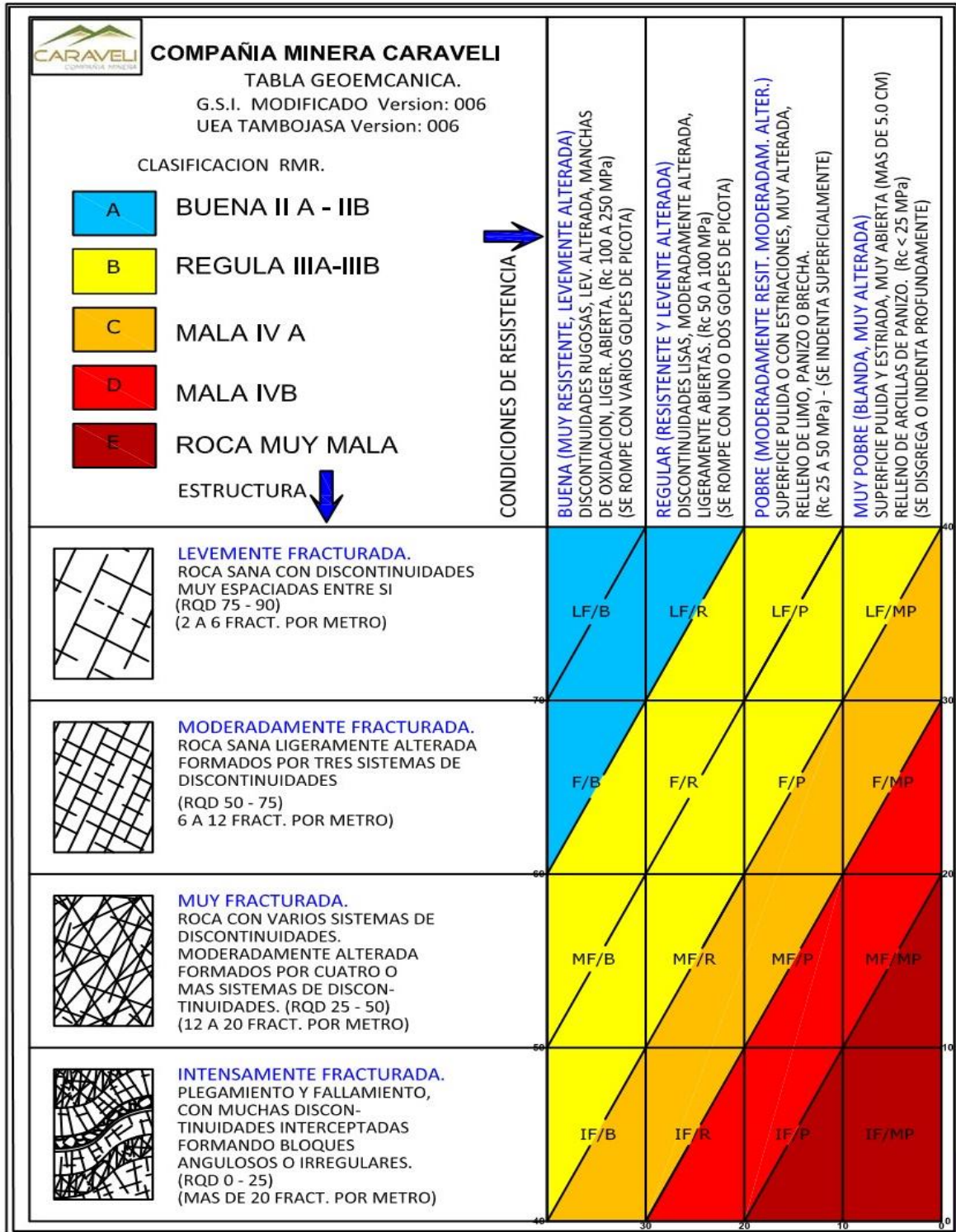
Fuente: Área de Producción - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 10: PETS - preparado de cebos con dinamita

| | | |
|---|--|---|
|  | PETS | |
| | PETS-MIN-04 | VERSIÓN: 02 |
| | ÁREA DE MINA | |
| PREPARACIÓN DE CEBOS CON DINAMITA | | |
| OBJETIVOS: | Normar la correcta preparación de cebos de cartuchos de dinamita, Fulminante y Mecha cumpliendo estrictamente el procedimiento escrito de trabajo seguro. | |
| DESCRIPCIÓN: | Es una actividad que consiste en la preparación de un cartucho de dinamita, de tal manera que este quede en contacto con el fulminante y luego debe ser introducido en el fondo del taladro. | |
| ALCANCE: | El estándar contempla desde la recepción del explosivo (dinamita y carmex) el cebado de la prima al cartucho de dinamita hasta el inicio del carguío de la labor a disparar. | |
| REFERENCIA: | Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional DS 055-2010-EM; Art. 260, Art. 07 Reglamentos Interno de Seguridad y Salud Ocupacional de la unidad. Manuales de voladura. | |
| RESPONSABLES: | Jefe de Turno Supervisor Maestro perforista | |
| REQUISITOS y/o PARÁMETROS: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Punzón de cobre o madera • Los orificios de los cartuchos serán de 6 mm De diámetro y una profundidad de 5 cm. (tipo trenzado) • Longitud de las mechas de seguridad 7` con fulminantes y conectores • Dinamitas de 65% y/o 45% de 7/8 x 7" dependiendo del tipo de roca. • El cebado se realizará 15 minutos antes del carguío en la misma labor, y solo se preparará la cantidad de cebos necesarios. <p>Se prepara la cantidad de cebos necesarios a utilizar y para realizar el cebado se debe ubicar en un lugar seguro.</p> | | |
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: | APROBADO POR: |
|  |  |  |
| Ing. Rafael Canasa Acero Supervisor de Mina | Ing. Rodolfo Arzapalo Chagua Jefe de Mina | Ing. Félix Iglesias Arévalo Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional |
| FECHA: 29/01/2018 | FECHA: 29/01/2018 | FECHA: 30/01/2018 |

Fuente: Área de Perforación y Voladura - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 11: Tabla de valorización geomecánica - GSI



Fuente: Área de Geomecánica - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 12: Precios Unitarios Compañía Minera Caravelí S.A.C.



PRECIO DE MATERIALES, HERRAMIENTAS, OTROS Y VIDA ÚTIL.

| DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO | UNIDAD | P.U. | VIDA ÚTIL | |
|----------------------------------|--------|------|-------------------|------|
| | | S/ | V.U. | UND. |
| Explosivos y Accesorios. | | | | |
| SEMEXA DE 45% 7/8 x 7" | | 1.29 | precio : c/unidad | |
| SEMEXA DE 65 % 7/8 x 7" | | 1.35 | precio : c/unidad | |
| ANFO (SUPERFAM DOS) | | 2.48 | precio : c/kilo | |
| EMULNOR 1000 1 x 8" | | 0.62 | precio : c/unidad | |
| EMULNOR 3000 1 x 8" | | 0.70 | precio : c/unidad | |
| EMULNOR 5000 1 x 8" | | 0.81 | precio : c/unidad | |
| MININEL DE 2.10 MT | | 3.31 | precio : c/unidad | |
| FANEL DE PERIODO LARGO DE 2.8 MT | | 3.38 | precio : c/unidad | |
| FANEL DE PERIODO LARGO DE 4 MT | | 3.73 | precio : c/unidad | |
| CARMEX DE 1.8 MT | | 1.77 | precio : c/unidad | |
| CARMEX DE 2.1 MT | | 1.80 | precio : c/unidad | |
| MECHA RÁPIDA | | 1.23 | precio : c/metro | |
| CORDÓN DETONANTE (Pentacord) | | 0.69 | precio : c/metro | |

| Aceros de Perforación | | | | |
|----------------------------------|-------|---------|--------|----|
| Barreno Integral de 4' | Pieza | 303.27 | 600 | pp |
| Barreno Integral de 6' | Pieza | 339.90 | 600 | pp |
| Barreno Cónico de 2 pies | Pieza | 245.55 | 600 | pp |
| Barreno Cónico de 4 pies | Pieza | 279.24 | 1000 | pp |
| Barreno Cónico de 5 pies | Pieza | 324.28 | 1000 | pp |
| Barreno Cónico de 6 pies | Pieza | 339.57 | 1000 | pp |
| Barreno Cónico de 8 pies | Pieza | 415.80 | 1000 | pp |
| Barra de 4' para rimadora | Pieza | 465.30 | 1000 | pp |
| Barra de 6' para rimadora | Pieza | 518.10 | 1000 | pp |
| Barra de 8' para rimadora | Pieza | 537.90 | 1000 | pp |
| Broca de 36 mm | Pieza | 103.62 | 350 | pp |
| Broca de 38 mm | Pieza | 110.34 | 350 | pp |
| Broca de 40 mm | Pieza | 110.34 | 350 | pp |
| Broca de 45 mm. Sandvik | Pieza | 225.49 | 2600 | pp |
| Shank adapter Sandvik | Pieza | 1051.41 | 16,500 | pp |
| Adaptador de Piloto R32 Sandvik | Pieza | 895.98 | 9000 | pp |
| Manguera de Carguio | mt. | 34.55 | 40000 | pp |
| Broca Rimadora 4`` Pulg. Sandvik | Pieza | 742.86 | 4000 | pp |

Fuente: Área de Costos – Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 13: Facturación del consumo de materiales - octubre 2019



COMPAÑIA MINERA CARAVELI S.A.C
 AV. PABLO CARRIQUIRRY 691 URB. EL PALOMAR
 LIMA - LIMA - SAN ISIDRO
 Tele/fax: (051) 476-6863 / 475-1662 / 224-3433

RUC: 20126702737

FACTURA ELECTRÓNICA

Nro. F001-00000888

SEÑOR(ES) : EMPRESA DE SERVICIOS MULTIPLES VIC2 & ROM MOROCOCHA SAC

DIRECCIÓN : MZA. B LOTE. 03 ASOC EL PARAISO (1/2 CDRA DE EX MINISTERIO DE AGRICULTURA) LIMA - LIMA - ATE, LIMA - LIMA - ATE VITARTE

EMITIDO : 31-OCT-2019

RUC : 20547615621

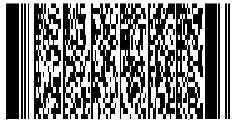
GUIAS DE REMISIÓN :

| CANT. | U/M | DESCRIPCIÓN | P. UNITARIO | IMPORTE |
|----------|-----|--|----------------|-----------|
| 150.00 | GLN | SUMINISTROS DIVERSOS PET | 10.5179333333 | 1,577.69 |
| 150.00 | GLN | SUMINISTROS DIVERSOS PET | 10.5179333333 | 1,577.69 |
| 20.00 | UND | BROCA CONICA DE 38 MM 7776-4438-B48 | 109.944 | 2,198.88 |
| 4.00 | UND | BARRA CONICA DE 4' | 280.675 | 1,122.70 |
| 10.00 | PAR | BOTA DE JEBE | 87.359 | 873.59 |
| 48.00 | UND | ANTEOJO CON MALLA P/PERFORISTA GG-50 | 24.77375 | 1,189.14 |
| 200.00 | UND | TAPON DE OIDO 1270 3M | 3.0375 | 607.50 |
| 60.00 | PAR | BOTA DE JEBE | 87.3585 | 5,241.51 |
| 30.00 | UND | CASCO MSA TIPO SOMBRERO VERDE PL/PC | 33.714 | 1,011.42 |
| 60.00 | UND | BARBIQUEJOS SIN MENTONERA | 1.2083333333 | 72.50 |
| 30.00 | PZA | RESPIRADOR MEDIA CARA 3M 7502/37082 | 80.101 | 2,403.03 |
| 200.00 | PAR | GUANTE DE CUERO | 11.4802 | 2,296.04 |
| 70.00 | UND | CORREA DE SEGURIDAD PORTALAMPARA NYLON | 9.0232857143 | 631.63 |
| 20.00 | UND | PANTALON DE JEBE | 60.7115 | 1,214.23 |
| 576.00 | UND | CARTUCHO PARA POLVO 3M 7093 | 9.7559895833 | 5,619.45 |
| 12.00 | UND | OREJERA PARA CASCO SOUND CONTROL SH NRR 25db MSA | 116.6533333333 | 1,399.84 |
| 48.00 | UND | PINTURA EN SPRAY VARIOS | 4.3991666667 | 211.16 |
| 50.00 | KGS | CARBON DE PIEDRA | 0.9482 | 47.41 |
| 18.00 | UND | LAMPA TIPO CUCHARA | 17.3094444444 | 311.57 |
| 8.00 | UND | COMBA 6 LBS | 31.9725 | 255.78 |
| 4.00 | UND | COMBAS DE 12 LIBRAS | 61.3 | 245.20 |
| 4.00 | PZA | "LLAVE STILLSON 14"" | 36.7675 | 147.07 |
| 10.00 | UND | "MANGO PARA PICO TORNEADO 36"" | 5.842 | 58.42 |
| 60.00 | KGS | ALAMBRE DE AMARRE # 14-16 | 3.5831666667 | 214.99 |
| 6.00 | UND | PICO CON MANGO | 19.5483333333 | 117.29 |
| 60.00 | UND | FLEXOMETRO 5 mts | 14.8838333333 | 893.03 |
| 4.00 | UND | CARRETILLA REFORZADA INTERIOR MINA | 116.7925 | 467.17 |
| 55.00 | GLN | ACEITE MOBIL ALMO 529 (TEXACO ARIES 150) | 30.0916363636 | 1,655.04 |
| 10.00 | UND | BARRA CONICA DE 4' | 279.241 | 2,792.41 |
| 4.00 | UND | BARRA CONICA DE 5' | 324.275 | 1,297.10 |
| 5101.00 | PZA | SUMINISTROS DIVERSOS EMUL 5000 1X8 216 | 0.8073946285 | 4,118.52 |
| 44858.00 | PZA | SUMINISTROS DIVERSOS EMUL 3000 1X8 228 | 0.7009530073 | 30,994.77 |
| 14798.00 | PZA | SUMINISTROS DIVERSOS EMUL 1000 1X8 230 | 0.6194512772 | 9,610.58 |
| 5916.00 | PZA | "SUMINISTROS DIVERSOS EMUL 3000 DE 11/4"" X 16"" | 2.210576403 | 13,077.77 |
| 3360.00 | PZA | "SUMINISTROS DIVERSOS EMUL 1000 DE 11/4"" X 16"" | 1.9563333333 | 6,348.16 |



Emitido a través de





| | | | | |
|----------|-----|----------------------------------|---------------|-----------|
| 12778.00 | PZA | SUMINISTROS DIVERSOS CAR 1.8 Mts | 1.7710026608 | 22,962.10 |
| 488.00 | PZA | SUMINISTROS DIVERSOS CAR 2.1 MTS | 1.8039877049 | 1,367.37 |
| 4650.00 | MTS | SUMINISTROS DIVERSOS MR Z-18 | 1.2341182796 | 5,566.60 |
| 1500.00 | MTS | SUMINISTROS DIVERSOS CD 3P | 0.693632 | 939.48 |
| 1447.00 | PZA | FANEL 4.0 MT MS / LP | 3.72887975121 | 5,337.69 |
| 50.00 | GLN | SUMINISTROS DIVERSOS PET ** | 10.845 | 542.25 |

SON: CIENTO SESENTA Y TRES MIL QUINIENTOS SESENTA Y SEIS Y 61/100 SOLES

S.E.ú.O

Resumen: Y2ckG9uyFZfoYv9AspYbjKt00vQ=

| | |
|--------------|---------------|
| SUB-TOTAL | S/ 138,615.77 |
| IGV (18.00%) | S/ 24,950.84 |
| TOTAL | S/ 163,566.61 |



Emitido a través de



CANCELADO

Lima, 31 de octubre de 2019

Fuente: Área de Costos - Compañía Minera Caravelí S.A.C.

Anexo 14: Formato de control de operaciones por día

| CONTROL DE OPERACIONES | | | | | | | | |
|------------------------|-------|--------|-------|------------|------------|---------------------------|--------------------------|------------|
| DIA | NIVEL | LABOR | TURNO | SUPERVISOR | PERFORISTA | LONGITUD DE BARRENO (pie) | LONGITUD PERFORACION (m) | AVANCE (m) |
| 1 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.68 | 1.58 |
| 2 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.66 | 1.60 |
| 3 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.68 | 1.56 |
| 4 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.66 | 1.58 |
| 5 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.64 | 1.60 |
| 6 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.68 | 1.56 |
| 7 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.66 | 1.60 |
| 8 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.68 | 1.58 |
| 9 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.66 | 1.60 |
| 10 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.68 | 1.60 |
| 11 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.64 | 1.60 |
| 12 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.68 | 1.56 |
| 13 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.64 | 1.60 |
| 14 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.68 | 1.58 |
| 15 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.64 | 1.60 |
| 16 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.68 | 1.56 |
| 17 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.66 | 1.60 |
| 18 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.68 | 1.58 |
| 19 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.68 | 1.56 |
| 20 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.68 | 1.58 |
| 21 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.64 | 1.58 |
| 22 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.68 | 1.60 |
| 23 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.66 | 1.56 |
| 24 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.66 | 1.60 |
| 25 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.64 | 1.56 |
| 26 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.70 | 1.60 |
| 27 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.68 | 1.56 |
| 28 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | JUVENAL | 6 | 1.70 | 1.58 |
| 29 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.68 | 1.56 |
| 30 | 1700 | CX 620 | DIA | HILARIO | ALANYA | 6 | 1.70 | 1.60 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Control de costo total por metro avanzado anteriormente

CONTROL DE CONSUMO DE EXPLOSIVO ANTERIORMENTE

| DIA | SEMEXSA 65% (Cart) | | ANFO (Kg) | | CARMEX DE 6 pies (1.8) | | FANEL UNI | | MECHA RAPIDA (MTS) | | PENTACORD (MTS) | | COSTO DE EXPLOSIVOS (S/.) | | COSTO DE ACCESORIOS DE VOLADURA (S/.) | | COSTO TOTAL (S/. / m) | |
|-----|--------------------|-------|-----------|-------|------------------------|-------|-----------|-------|--------------------|-------|-----------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------------------|-------|-----------------------|--------|
| | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE |
| 1 | 30 | 30 | 18.3 | 18.3 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.2 | 0.3 | 15 | 14 | 54.36 | 54.36 | 79.77 | 79.41 | 134.13 | 133.77 |
| 2 | 30 | 30 | 18.0 | 18.6 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.2 | 0.5 | 16 | 12 | 53.89 | 54.83 | 80.21 | 78.69 | 134.09 | 133.52 |
| 3 | 30 | 30 | 18.5 | 18.3 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.3 | 0.2 | 16 | 18 | 54.67 | 54.36 | 80.28 | 81.08 | 134.96 | 135.44 |
| 4 | 30 | 30 | 18.2 | 18.0 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.3 | 0.4 | 16 | 16 | 54.20 | 53.89 | 80.28 | 80.36 | 134.48 | 134.25 |
| 5 | 30 | 30 | 18.0 | 18.4 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.4 | 0.5 | 14 | 14 | 53.89 | 54.51 | 79.49 | 79.57 | 133.37 | 134.08 |
| 6 | 30 | 30 | 18.3 | 18.2 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.2 | 0.2 | 14 | 17 | 54.36 | 54.20 | 79.33 | 80.64 | 133.69 | 134.84 |
| 7 | 30 | 30 | 18.5 | 18.4 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.2 | 0.2 | 14 | 15 | 54.67 | 54.51 | 79.33 | 79.77 | 134.00 | 134.28 |
| 8 | 30 | 30 | 18.2 | 18.3 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.4 | 0.2 | 14 | 12 | 54.20 | 54.36 | 79.49 | 78.46 | 133.69 | 132.82 |
| 9 | 30 | 30 | 18.4 | 18.5 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.4 | 0.4 | 17 | 15 | 54.51 | 54.67 | 80.80 | 79.93 | 135.31 | 134.60 |
| 10 | 30 | 30 | 18.2 | 18.0 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.2 | 0.4 | 17 | 16 | 54.20 | 53.89 | 80.64 | 80.36 | 134.84 | 134.25 |
| 11 | 30 | 30 | 18.5 | 18.4 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.5 | 0.3 | 15 | 18 | 54.67 | 54.51 | 80.00 | 81.16 | 134.67 | 135.67 |
| 12 | 30 | 30 | 18.3 | 18.2 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.5 | 0.3 | 16 | 14 | 54.36 | 54.20 | 80.44 | 79.41 | 134.80 | 133.61 |
| 13 | 30 | 30 | 18.1 | 18.5 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.2 | 0.2 | 16 | 17 | 54.04 | 54.67 | 80.21 | 80.64 | 134.25 | 135.31 |
| 14 | 30 | 30 | 18.0 | 18.2 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.5 | 0.2 | 15 | 15 | 53.89 | 54.20 | 80.00 | 79.77 | 133.89 | 133.97 |
| 15 | 30 | 30 | 18.5 | 18.4 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.4 | 0.4 | 15 | 14 | 54.67 | 54.51 | 79.93 | 79.49 | 134.60 | 134.00 |
| 16 | 30 | 30 | 18.2 | 18.1 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.4 | 0.5 | 12 | 17 | 54.20 | 54.04 | 78.62 | 80.88 | 132.82 | 134.92 |
| 17 | 30 | 30 | 18.4 | 18.0 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.4 | 0.5 | 12 | 18 | 54.51 | 53.89 | 78.62 | 81.31 | 133.13 | 135.20 |
| 18 | 30 | 30 | 18.3 | 18.0 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.3 | 0.4 | 12 | 16 | 54.36 | 53.89 | 78.54 | 80.36 | 132.89 | 134.25 |
| 19 | 30 | 30 | 18.1 | 18.4 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.5 | 0.5 | 14 | 16 | 54.04 | 54.51 | 79.57 | 80.44 | 133.61 | 134.95 |
| 20 | 30 | 30 | 18.2 | 18.2 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.5 | 0.3 | 14 | 15 | 54.20 | 54.20 | 79.57 | 79.85 | 133.77 | 134.05 |
| 21 | 30 | 30 | 18.5 | 18.2 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.2 | 0.3 | 14 | 12 | 54.67 | 54.20 | 79.33 | 78.54 | 134.00 | 132.74 |
| 22 | 30 | 30 | 18.4 | 18.4 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.5 | 0.3 | 17 | 15 | 54.51 | 54.51 | 80.88 | 79.85 | 135.39 | 134.36 |
| 23 | 30 | 30 | 18.2 | 18.5 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.4 | 0.4 | 17 | 14 | 54.20 | 54.67 | 80.80 | 79.49 | 135.00 | 134.16 |
| 24 | 30 | 30 | 18.0 | 18.3 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.4 | 0.4 | 16 | 14 | 53.89 | 54.36 | 80.36 | 79.49 | 134.25 | 133.85 |
| 25 | 30 | 30 | 18.3 | 18.3 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.3 | 0.2 | 15 | 15 | 54.36 | 54.36 | 79.85 | 79.77 | 134.20 | 134.13 |
| 26 | 30 | 30 | 18.4 | 18.0 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.3 | 0.2 | 17 | 17 | 54.51 | 53.89 | 80.72 | 80.64 | 135.23 | 134.53 |
| 27 | 30 | 30 | 18.2 | 18.4 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.2 | 0.4 | 17 | 12 | 54.20 | 54.51 | 80.64 | 78.62 | 134.84 | 133.13 |
| 28 | 30 | 30 | 18.1 | 18.6 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.5 | 0.3 | 15 | 15 | 54.04 | 54.83 | 80.00 | 79.85 | 134.05 | 134.68 |
| 29 | 30 | 30 | 18 | 18.3 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.2 | 0.5 | 16 | 12 | 53.89 | 54.36 | 80.21 | 78.69 | 134.09 | 133.05 |
| 30 | 30 | 30 | 18.3 | 18.3 | 2 | 2 | 30 | 30 | 0.3 | 0.2 | 15 | 14 | 54.36 | 54.36 | 79.85 | 79.33 | 134.20 | 133.69 |

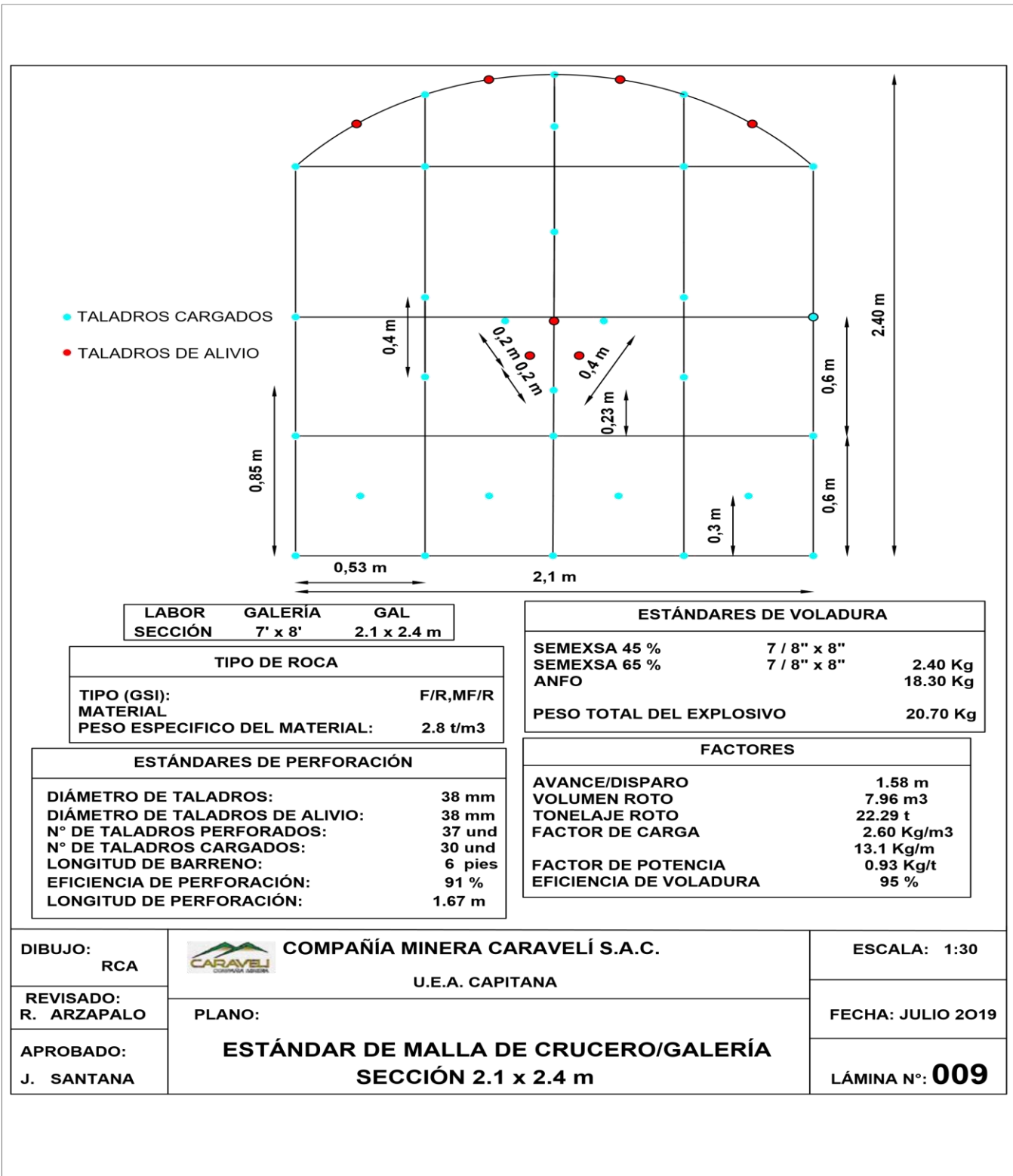
Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Control de costo total por metro avanzado actualmente

| CONTROL DE CONSUMO DEL NUEVO EXPLOSIVO | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|--------------|---------------------|--------------|-------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|--|--------------|------------------------------|--------------|
| | EMULNOR 1000 | | EMULNOR 3000 | | CARMEX DE 6 pies (1.8) | | MECHA RAPIDA (MTS) | | COSTO DE EXPLOSIVOS (S/.) | | COSTO DE ACCESORIOS DE VOLADURA (S/.) | | COSTO TOTAL (S/. / m) | |
| DIA | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE | DIA | NOCHE |
| 1 | 60 | 60 | 102 | 102 | 27 | 27 | 12 | 10 | 70.06 | 70.06 | 40.35 | 38.77 | 110.42 | 108.83 |
| 2 | 62 | 58 | 102 | 102 | 27 | 27 | 12 | 10 | 70.86 | 69.26 | 40.35 | 38.77 | 111.22 | 108.03 |
| 3 | 60 | 60 | 100 | 102 | 27 | 27 | 12 | 12 | 69.16 | 70.06 | 40.35 | 40.35 | 109.52 | 110.42 |
| 4 | 62 | 58 | 102 | 100 | 27 | 27 | 12 | 12 | 70.86 | 68.36 | 40.35 | 40.35 | 111.22 | 108.72 |
| 5 | 60 | 60 | 102 | 102 | 27 | 27 | 12 | 8 | 70.06 | 70.06 | 40.35 | 37.18 | 110.42 | 107.25 |
| 6 | 62 | 58 | 102 | 102 | 27 | 27 | 8 | 12 | 70.86 | 69.26 | 37.18 | 40.35 | 108.05 | 109.62 |
| 7 | 60 | 60 | 100 | 100 | 27 | 27 | 8 | 10 | 69.16 | 69.16 | 37.18 | 38.77 | 106.34 | 107.93 |
| 8 | 60 | 58 | 100 | 102 | 27 | 27 | 8 | 12 | 69.16 | 69.26 | 37.18 | 40.35 | 106.34 | 109.62 |
| 9 | 62 | 60 | 102 | 100 | 27 | 27 | 8 | 12 | 70.86 | 69.16 | 37.18 | 40.35 | 108.05 | 109.52 |
| 10 | 62 | 60 | 100 | 100 | 27 | 27 | 8 | 12 | 69.96 | 69.16 | 37.18 | 40.35 | 107.14 | 109.52 |
| 11 | 58 | 62 | 100 | 100 | 27 | 27 | 8 | 10 | 68.36 | 69.96 | 37.18 | 38.77 | 105.54 | 108.73 |
| 12 | 62 | 58 | 102 | 102 | 27 | 27 | 10 | 8 | 70.86 | 69.26 | 38.77 | 37.18 | 109.63 | 106.45 |
| 13 | 58 | 62 | 102 | 100 | 27 | 27 | 10 | 10 | 69.26 | 69.96 | 38.77 | 38.77 | 108.03 | 108.73 |
| 14 | 58 | 58 | 102 | 102 | 27 | 27 | 10 | 8 | 69.26 | 69.26 | 38.77 | 37.18 | 108.03 | 106.45 |
| 15 | 62 | 62 | 102 | 102 | 27 | 27 | 8 | 8 | 70.86 | 70.86 | 37.18 | 37.18 | 108.05 | 108.05 |
| 16 | 58 | 58 | 102 | 100 | 27 | 27 | 8 | 10 | 69.26 | 68.36 | 37.18 | 38.77 | 106.45 | 107.13 |
| 17 | 60 | 62 | 102 | 102 | 27 | 27 | 8 | 8 | 70.06 | 70.86 | 37.18 | 37.18 | 107.25 | 108.05 |
| 18 | 60 | 58 | 100 | 100 | 27 | 27 | 10 | 8 | 69.16 | 68.36 | 38.77 | 37.18 | 107.93 | 105.54 |
| 19 | 62 | 58 | 100 | 102 | 27 | 27 | 10 | 12 | 69.96 | 69.26 | 38.77 | 40.35 | 108.73 | 109.62 |
| 20 | 60 | 58 | 100 | 102 | 27 | 27 | 10 | 8 | 69.16 | 69.26 | 38.77 | 37.18 | 107.93 | 106.45 |
| 21 | 58 | 60 | 100 | 100 | 27 | 27 | 10 | 12 | 68.36 | 69.16 | 38.77 | 40.35 | 107.13 | 109.52 |
| 22 | 60 | 62 | 102 | 102 | 27 | 27 | 10 | 8 | 70.06 | 70.86 | 38.77 | 37.18 | 108.83 | 108.05 |
| 23 | 62 | 60 | 102 | 102 | 27 | 27 | 8 | 12 | 70.86 | 70.06 | 37.18 | 40.35 | 108.05 | 110.42 |
| 24 | 60 | 62 | 100 | 100 | 27 | 27 | 10 | 10 | 69.16 | 69.96 | 38.77 | 38.77 | 107.93 | 108.73 |
| 25 | 58 | 62 | 102 | 102 | 27 | 27 | 12 | 12 | 69.26 | 70.86 | 40.35 | 40.35 | 109.62 | 111.22 |
| 26 | 62 | 58 | 102 | 100 | 27 | 27 | 12 | 12 | 70.86 | 68.36 | 40.35 | 40.35 | 111.22 | 108.72 |
| 27 | 60 | 60 | 100 | 102 | 27 | 27 | 12 | 10 | 69.16 | 70.06 | 40.35 | 38.77 | 109.52 | 108.83 |
| 28 | 62 | 62 | 100 | 100 | 27 | 27 | 10 | 10 | 69.96 | 69.96 | 38.77 | 38.77 | 108.73 | 108.73 |
| 29 | 58 | 58 | 102 | 102 | 27 | 27 | 12 | 12 | 69.26 | 69.26 | 40.35 | 40.35 | 109.62 | 109.62 |
| 30 | 60 | 60 | 102 | 100 | 27 | 27 | 12 | 12 | 70.06 | 69.16 | 40.35 | 40.35 | 110.42 | 109.52 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17: Malla de perforación anterior



| | | |
|---------------|-----------------|-----------------|
| LABOR SECCIÓN | GALERÍA 7' x 8' | GAL 2.1 x 2.4 m |
|---------------|-----------------|-----------------|

| | |
|-------------------------------|----------|
| TIPO DE ROCA | |
| TIPO (GSI): | F/R,MF/R |
| MATERIAL: | |
| PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL: | 2.8 t/m3 |

| | |
|---------------------------------|--------|
| ESTÁNDARES DE PERFORACIÓN | |
| DIÁMETRO DE TALADROS: | 38 mm |
| DIÁMETRO DE TALADROS DE ALIVIO: | 38 mm |
| N° DE TALADROS PERFORADOS: | 37 und |
| N° DE TALADROS CARGADOS: | 30 und |
| LONGITUD DE BARRENO: | 6 pies |
| EFICIENCIA DE PERFORACIÓN: | 91 % |
| LONGITUD DE PERFORACIÓN: | 1.67 m |

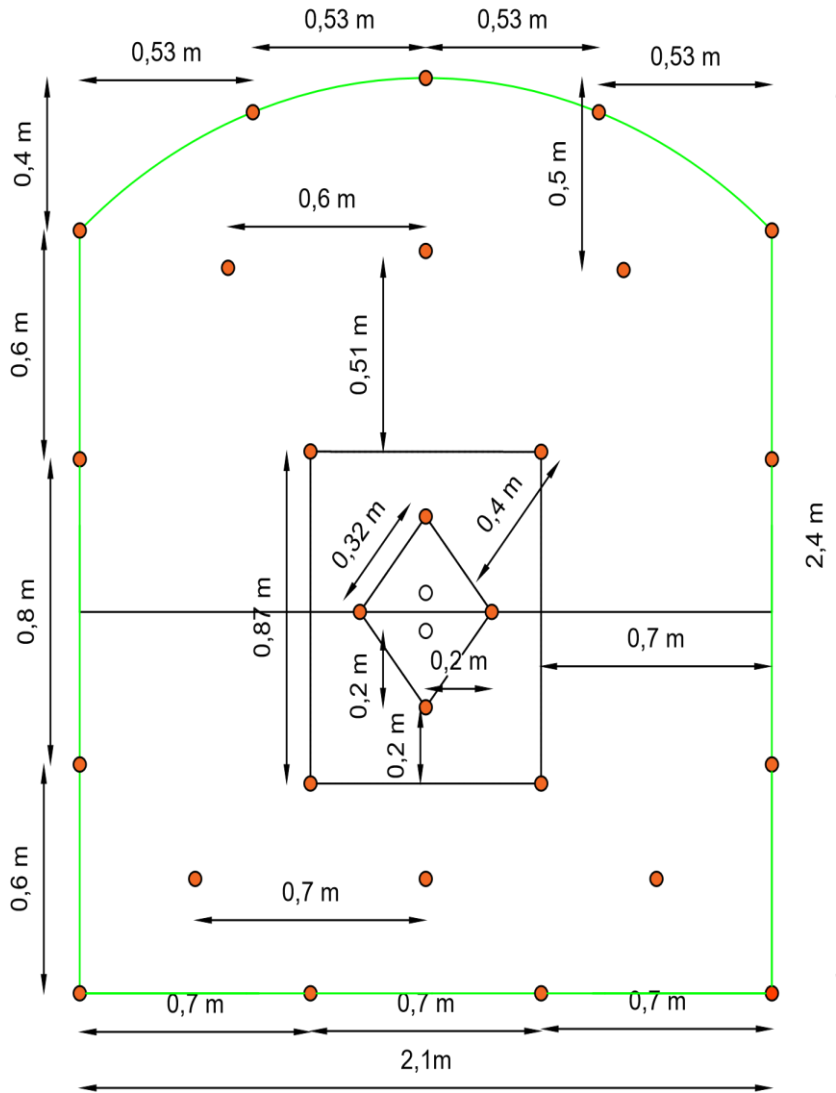
| | | |
|--------------------------|-------------|----------|
| ESTÁNDARES DE VOLADURA | | |
| SEMEXSA 45 % | 7 / 8" x 8" | |
| SEMEXSA 65 % | 7 / 8" x 8" | 2.40 Kg |
| ANFO | | 18.30 Kg |
| PESO TOTAL DEL EXPLOSIVO | | 20.70 Kg |

| | |
|------------------------|------------|
| FACTORES | |
| AVANCE/DISPARO | 1.58 m |
| VOLUMEN ROTO | 7.96 m3 |
| TONELAJE ROTO | 22.29 t |
| FACTOR DE CARGA | 2.60 Kg/m3 |
| | 13.1 Kg/m |
| FACTOR DE POTENCIA | 0.93 Kg/t |
| EFICIENCIA DE VOLADURA | 95 % |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| DIBUJO: RCA |  COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ S.A.C. U.E.A. CAPITANA | ESCALA: 1:30 |
| REVISADO: R. ARZAPALO | | PLANO: ESTÁNDAR DE MALLA DE CRUCERO/GALERÍA SECCIÓN 2.1 x 2.4 m |
| APROBADO: J. SANTANA | | LÁMINA N°: 009 |

Fuente: Área de Perforación y Voladura – Compañía Minera Caravelí S.A.C.

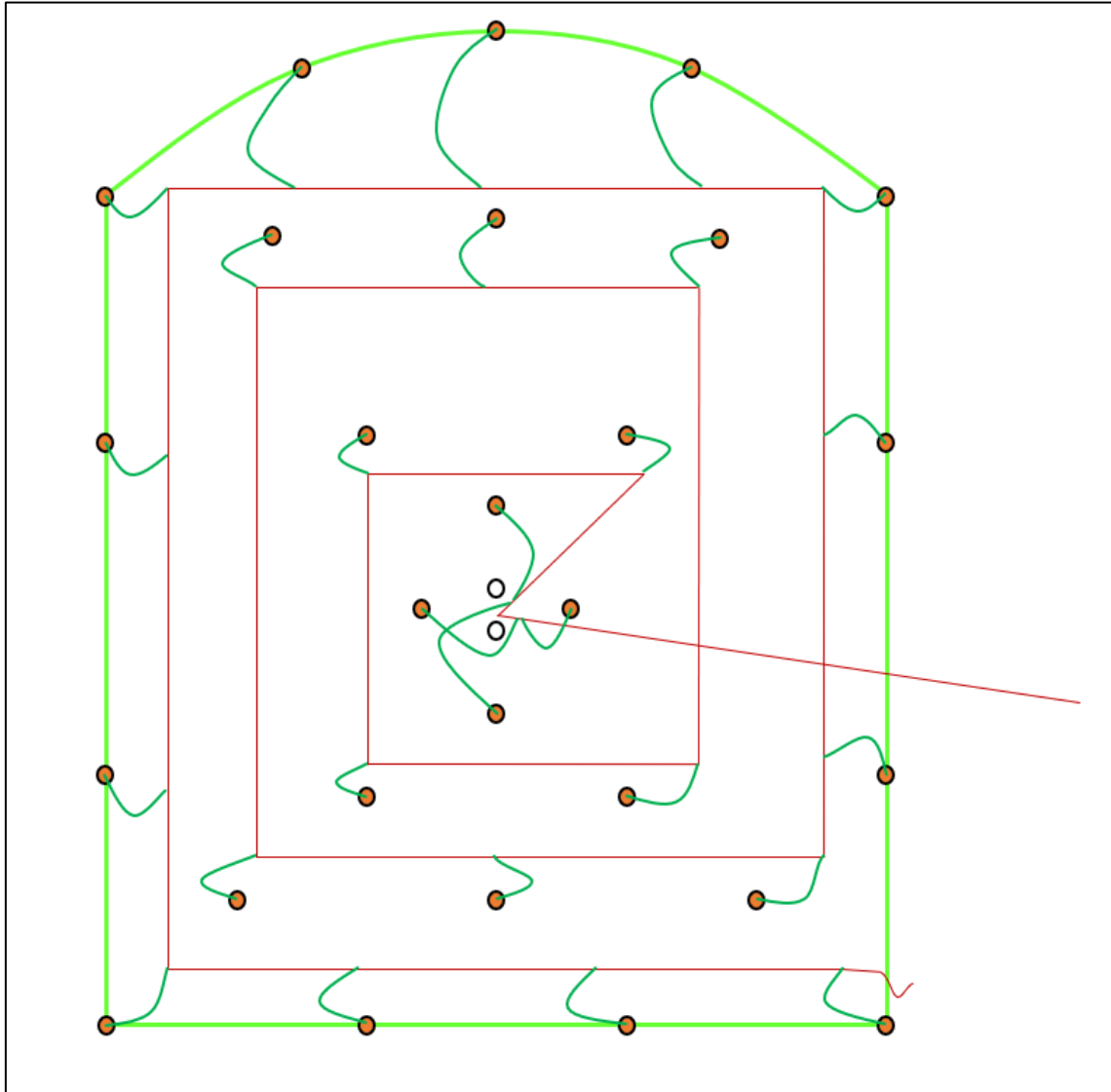
Anexo 18: Nueva malla de perforación



| Contrata VIC2 & ROM MOROCOCHA SAC | | |
|-----------------------------------|----------------------|--------|
| ● | TALADRO CARGADO | |
| ○ | TALADRO DE ALIVIO | |
| LABOR | MALLA SECCIÓN 7'x 8' | LÁMINA |
| NV 1700 | TERRENO (REGULAR) | 01 - J |
| CX 620 | FECHA | |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 19: Sistema de iniciación convencional de voladura



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20: Bocamina Nv 1700 - Esperanza II



Fuente: Elaboración propia

Anexo 21: Bocamina Nv 1700 - Esperanza VI



Fuente: Elaboración propia

Anexo 22: Pintado de malla de perforación anterior



Fuente: Elaboración propia

Anexo 23: Malla de perforación anterior



Fuente: Elaboración propia

Anexo 24: Accesorios de voladura utilizados anteriormente



Fuente: Elaboración propia

Anexo 25: Explosivo ANFO para el carguío de los taladros



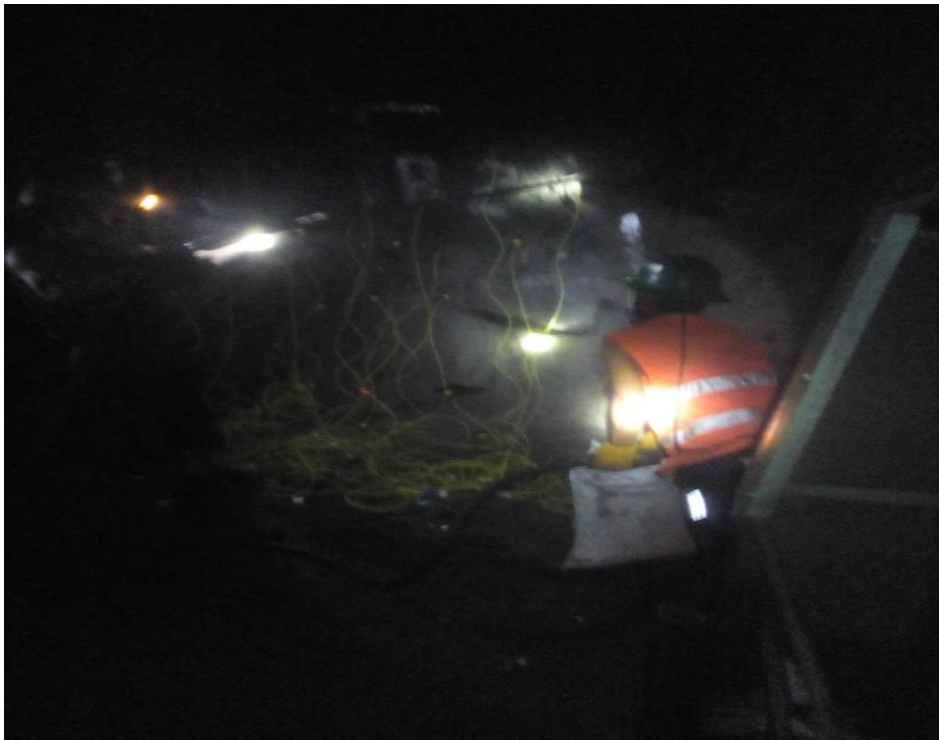
Fuente: Elaboración propia

Anexo 26: Desatado de los faneles para el carguío de los taladros con Anfo



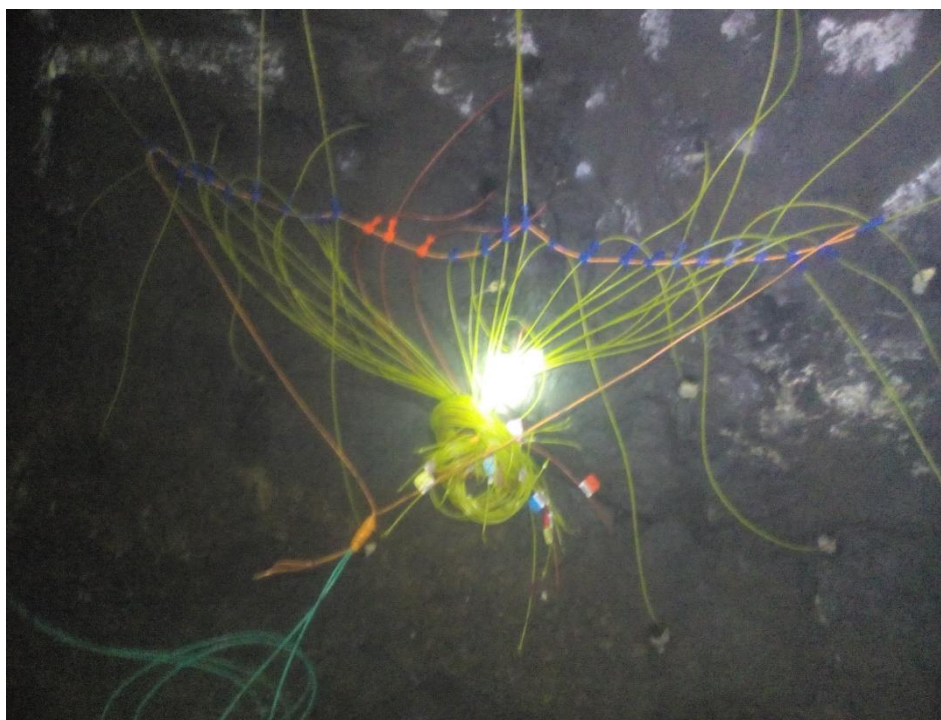
Fuente: Elaboración propia

Anexo 27: Carguío de los taladros con ANFO



Fuente: Elaboración propia

Anexo 28: Armado e Iniciación de la voladura anteriormente



Fuente: Elaboración propia

Anexo 29: Nuevo diseño de malla de perforación



Fuente: Elaboración propia

Anexo 30: Accesorios de voladura utilizados actualmente



Fuente: Elaboración propia

Anexo 31: Tipo de explosivo utilizado actualmente



Fuente: Elaboración propia

Anexo 32: Armado e Iniciación de la voladura actualmente



Fuente: Elaboración propia

Anexo 33: Chispeo del Cx-620



Fuente: Elaboración propia

Anexo 34: Pintado de malla de perforación en el Cx-620



Fuente: Elaboración propia

Anexo 35: Armado e Iniciación de la voladura en el Cx-620



Fuente: Elaboración propia