

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



TESIS

**Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en
la Minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Jhosmell George ARTEAGA ESPINOZA

Asesor: Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

Cerro de Pasco – Perú – 2021

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



TESIS

**Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en
la Minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO
PRESIDENTE

Mg. Wenceslao Julio LEDESMA VELITA
MIEMBRO

Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por darme la salud y sabiduría para poder lograr mis objetivos dentro de la universidad.

A mis padres de todo corazón, Bartolomé y Havila quienes fueron el cimiento para la formación de mi vida profesional.

RECONOCIMIENTO

La presente investigación fue posible, por la confianza de mis padres y personas que me motivaron, aconsejaron para el inicio de la elaboración de la presente tesis.

Reconocimiento a la Minera Marsa, por la oportunidad de trabajo, ya que durante mi permanencia en la empresa se desarrolla la investigación, con el apoyo del área de planeamiento. Así mismo al área de producción mina, mi área de trabajo el cual hizo posible el reforzamiento de mis conocimientos previos.

A mis docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas, quienes hicieron posible mi formación profesional.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, “MINADO SELECTIVO PARA EXPLOTAR VETAS ANGOSTAS DE ORO EN LA MINERA MARSAS S.A. PATAZ – REGIÓN LA LIBERTAD” se presenta un análisis para minimizar la dilución del mineral en las vetas de oro y mejorar la estabilidad de las cajas mediante el método de explotación selectiva, considerando los parámetros necesarios como es el caso de la dilución del mineral, la dimensión de los equipos, la geomecánica, performance de los equipos de perforación, consumo de explosivos, los tiempos de tareas, etc. Para así obtener la productividad de la explotación de las vetas de oro, principalmente se evaluaron las mallas de perforación y el método selectivo en función de la recuperación; dicha evaluación se lleva a cabo en zonas donde se presentan vetas de oro con una potencia menor a 30 cm. de la Mina Marsa.

En estos escenarios se lleva a cabo un plan a mediano donde se incluye la geomecánica, método de minado, servicios auxiliares, sostenimiento y ventilación los cuales influirán en la recuperación del mineral económico.

Para la optimización de la malla de perforación, se identifica la dureza del mineral, longitud del banco, sección del área a perforar y el tipo de explosivo a utilizar con la finalidad de obtener buena productividad en la recuperación del mineral.

Palabras clave: Minado selectivo, Vetas de oro, dilución, estabilidad de cajas

EL AUTOR.

ABSTRACT

In the present research work, “SELECTIVE MINING TO EXPLOIT NARROW VINES OF GOLD IN LA MINERA MARSA S.A. PATAZ - LA LIBERTAD REGION” presents an analysis to minimize the dilution of the mineral in the gold veins and improve the stability of the boxes by means of the selective exploitation method, considering the necessary parameters such as the mineral dilution, the equipment size, geomechanics, performance of drilling equipment, explosives consumption, task times, etc. In order to obtain the productivity of the exploitation of the gold veins, mainly the drilling meshes and the selective method were evaluated based on the recovery; This evaluation is carried out in areas where there are gold veins with a power of less than 30 cm. from the Marsa Mine.

In these scenarios, a medium plan is carried out that includes the geomechanics, mining method, auxiliary services, support and ventilation, which will influence the economic mineral recovery.

For the optimization of the drilling mesh, the hardness of the mineral, length of the bank, section of the area to be drilled and the type of explosive to be used are identified in order to obtain good productivity in the recovery of the mineral.

Keywords: Selective mining, Gold veins, dilution, box stability.

THE AUTHOR.

INTRODUCCIÓN

La Minera Marsa S.A. es una Empresa Minera, dedicada a la extracción, concentración y comercialización del oro. Actualmente La Empresa se encuentra en profundización de varios niveles es una mina de explotación subterránea que produce minerales de oro.

El yacimiento de oro está siendo explotado utilizando los métodos convencionales de corte y relleno ascendente, el de cámaras y pilares; como parte de la ampliación de sus operaciones la minera Marsa, tiene planeado incrementar la producción de su Mina, con la profundización de sus labores mineras mediante una rampa principal para viabilizar la extracción del mineral, transporte de personal, materiales, servicios y otros. Para lograr el objetivo de incrementar la producción de la Mina.

En tal sentido con el laboreo de exploración, desarrollo y preparación, teniendo como misión: incrementar las reservas, profundizar la mina y garantizar una producción sostenida; Así mismo se tiene la presencia de vetas, que poseen valores económicos, por lo cual es necesario aplicar un método de minado selectivo para su explotación, que sea factible técnica y económicamente productivo.

El Autor.

INDICE

DEDICATORIA
RECONOCIMIENTO
RESUMEN
ABSTRACT
INTRODUCCION
INDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema.....	23
1.4. Formulación de los objetivos.....	23
1.5. Justificación de la investigación.....	24
1.6. Limitaciones de la investigación	24

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	25
2.2. Bases teóricas – Científicas	27
2.3. Definición de términos básicos	44
2.4. Formulación de Hipótesis.....	47
2.5. Identificación de las variables	47
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	48

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	49
3.2. Métodos de investigación	50
3.3. Diseño de la investigación.....	50
3.4. Población y muestra	50

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	51
3.7. Tratamiento estadístico.....	52
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación..	52
3.9. Orientación ética.....	52

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo	54
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	61
4.3. Prueba de hipótesis	65
4.4. Discusión de resultados	65

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXO

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En la extracción de los minerales, uno de los factores más importantes es la productividad diaria dentro del minado, uno de los más importantes es la recuperación de los cuerpos minerales con buena ley por un determinado método de explotación, muchas veces resultan ser muy importantes para no diluir las leyes y cumplir con el programa de las toneladas de mineral diarias o mensuales.

En los últimos años los objetivos de las empresas mineras son de incrementar su producción diaria, para lo cual la recuperación de los minerales es importante.

Actualmente en la Mina Marsa se viene realizando trabajos de extracción en diferentes niveles; los Métodos de Minado son el de corte y relleno ascendente, cámaras y pilares; un adecuado diseño en el método de extracción va ayudar a evitar la dilución, sobre rompimiento de la zona explotada; finalmente obtener una buena ley y mayor estabilidad de la sección de la labor. Normalmente se tiene

dilución del mineral, sobre excavación y área explotada desestabilizada por un mal diseño de mallas de perforación y de extracción.

El Método de corte y relleno ascendente en el avance de los subniveles con una sección de 2.4 m. x 2.5 m. en vetas de potencia menor a 30 cm. se produce una alta dilución desestabiliza las cajas y el método de explotación de cámaras y pilares, en secciones de vetas menores a 30 cm. de potencia también se tiene una alta dilución y desestabilización de las cajas. Se puede notar que estos métodos no son los adecuados para la extracción de vetas menores a 30 cm. de potencia

En base a estas observaciones realizadas se propone la presente investigación para poder minimizar la dilución del mineral y también mejorar la estabilidad de las cajas de las vetas.

1.2. Delimitación de la investigación

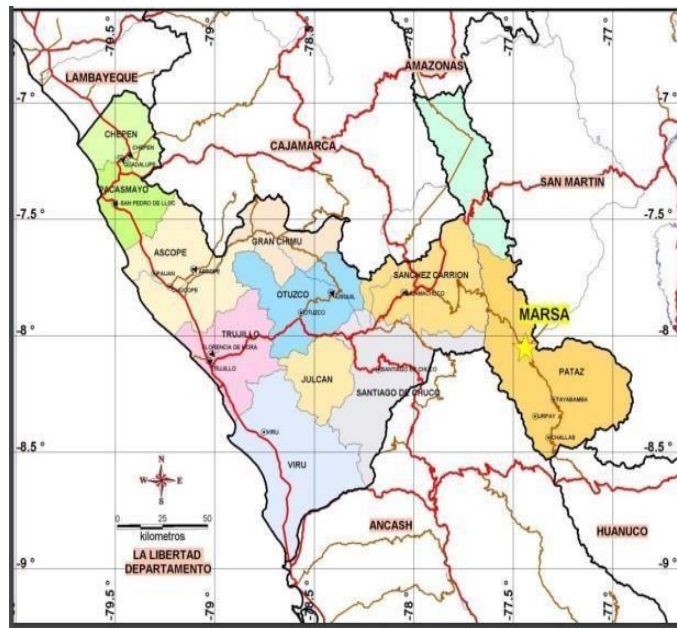
El presente trabajo se ha realizado en las instalaciones de la Minera Aurífera Marsa S.A., viene desarrollando sus operaciones dentro del Batolito de Pataz en el flanco sur. Explota vetas de bajo ángulo que varía de 10° a 45°. Realiza exploración y desarrollo con labores convencionales en el orden de 1847 m/mes (Promedio mensual de los últimos tres años).

La Planta de Beneficio trata 1,250 TMS/día, con ley de cabeza cercano a 12 a 14 gr/Tn. de oro. Por lo que nos ha interesado hacer un estudio para mejorar la selectividad de las operaciones de producción con la finalidad de establecer las condiciones de explotación, para ello, se ha preparado el presente estudio de investigación que nos servirá como herramienta y pasos para realizar un trabajo ordenado y selectivo de operaciones y que puede alcanzar como experiencia a otras unidades mineras productoras de oro del País.

1.2.1. Ubicación y accesibilidad

La minera Marsa se encuentra Ubicado en la sierra de la: Región La Libertad – Provincia de Pataz. Su acceso de la capital por vía terrestre es a Trujillo, La libertad, provincia de Pataz y la mina Marsa. También se tiene acceso por vía aérea Lima, Trujillo, Marsa.

Figura N° 1: Plano de Ubicación y Acceso.



Fuente: Área de ingeniería Minera Marsa.

1.2.2. Geología regional y local

En el territorio del distrito minero de Parcoy, en el Batolito de Pataz, se encuentra el depósito mineral conocido como «El Gigante», donde MARSA desarrolla sus operaciones. Está emplazado en rocas intrusivas granitoides de la edad Paleozoica. Constituido por filones de cuarzo con concentraciones de sulfuros, la concentración de mineral se presenta en forma de un cuerpo mineralizado (ore shoot) controlado por estructuras del tipo lazo cimoide.

1.2.3. **Paragénesis del yacimiento**

Geología- geología regional-estratigrafía: La columna estratigráfica del área está constituida en la parte inferior por rocas antiguas del complejo metamórfico. Sobre esta yacen en discordancia angular sedimentos continentales y marinos pertenecientes al Paleozoico y Mesozoico. En la parte superior también en discordancia angular se exponen derrames y piroclásticos pertenecientes a los volcánicos lavasen. Un intrusivo granodiorítico corta las rocas sedimentarias y llega hasta la parte inferior de los volcánicos.

A continuación, se expresa una descripción generalizada de las formaciones que aparecen en la región.

a. Complejo del Marañón; (pe – Cm.): Es una formación potente de rocas metamórficas que afloran ampliamente en la cordillera central.

En la región estudiada ocupan una faja que se extiende de NE a SE por más de 100 Km. de largo. Hacia el SE, se ensancha considerablemente.

El espesor de esta formación puede llegar hasta los 2,000 mt. En este complejo metamórfico se distinguen tres unidades, una inferior representada por mica esquistos; otra media compuesta por meta andesitas esquistosas y otra superior caracterizada por

filitas negras y pizarras. Las dos últimas unidades son las de mayor distribución en la zona.

A este complejo se le ubica una edad Precambriano y Cambriano.

b. Grupo Ambo; (Ci - a): Pertenece a este grupo un afloramiento ubicado en el lado SE de la zona.

La litología consiste en areniscas y lutitas con intercalaciones de conglomerados, con su espesor total de 200 mt. que se observa en Taurija y Urpay(Tayabamba).

La edad asignada a este grupo es el Missisipiano medio.

c. Grupo Copacabana; (Pi - c): Cerca de Chagual afloran unas calizas algo arenosas, estratificadas en capas delgadas entre las cuales son comunes las intercalaciones de lutitas negras a limonitas. Estas rocas pertenecen al Grupo Copacabana y son de edad Pérmico Inferior.

d. Grupo Mitu; (Ps - m): Rocas de este grupo se han encontrado en afloramientos aislados dentro de la provincia, la encontramos entre Vijus - Chagual - Pías y entre Huaylillas - Tayabamba. Consta de areniscas y conglomerados de color rojo oscuro, estratificados en capas delgadas, que yacen en discordancia paralela sobre el grupo Copacabana y Ambo. A este grupo se la asigna una edad aproximada entre Permiano Medio o Superior.

e. Grupo Pucará; (Tji - p): Este grupo se compone de calizas con chert que superyacen con discordancia angular o erosional a las unidades descritas arriba.

Se le encuentra al oeste de Buldibuyo, en el flanco oriental del valle del Marañón. Su edad ha sido determinada por Wilson y Reyes y corresponde al Noriano y Sinemuriano.

f. Grupo Goyllarisquizga; (Ki - g): En la región estudiada el grupo está compuesto por areniscas grises, marrones y rojizas de grano medio a grueso, que corresponde a la denominada Facies de Plataforma por haberse depositado sobre el Geo-Anticlinal del Marañón (Benavides, 1956).

Estas Facies tienen un grosor variable de 50 a 150 mt. y se localizan en Huaylillas y Quiches (Tayabamba). A este grupo se le asigna una edad Neocomiana Aptiana.

g. Formación Crisnejas; (Ki - cr): Una secuencia de calizas y margas que afloran en el área del valle del Maraón, ha sido denominado “Formación Crisnejas” por Benavides (1956). Esta tiene un espesor de 200 mt. con una litología parecida a la de la Formación Chulec, pero con una menor proporción de calizas. La edad de esta formación es Albiano Medio.

h. Formación Rosa; (Ki - r): Esta formación sobryace discordantemente a la Formación Crisnejas y está compuesta de conglomerados y areniscas rojas que se asemejan en cierto modo a las areniscas de la Formación Goyllarisquizga, pero se distinguen de esta última por su asociación con conglomerados gruesos. Afloran principalmente en el cuadrángulo de Patáz entre las quebradas de Yalén y Aserradero.

La edad ha sido determinada por Benavides (1956) con Albiano Superior – Cenomaniano Inferior con las siguientes características:

i. volcánicos Lavasen; (Tm - Vi): El sector oriental de la región estudiada está cubierto por un manto de volcánicos jóvenes a los cuales Wilson, en 1964, denominó Volcánicos Lavasen. Litológicamente éstos constan de un miembro inferior compuesto por derrames andesíticos de color gris oscuro, grano fino, a veces microporfiríticos; y un miembro superior conformado de tufos y piroclásticos de composición dacítica. Se estima que estos volcánicos alcanzan un grosor máximo de 1,500 mt. , correspondiendo los primeros 800 a 900 mt. el miembro inferior. Los afloramientos de estas formaciones han dado lugar a escarpados terrenos,

a farallones, y en general a una topografía agreste, suavizada en las partes altas por la erosión glaciaria.

1.2.4. Metodo de explotación.

La forma del tajeo puede variar según el método de explotación diseñado, en todos los casos el avance se mide mediante el volumen fracturado (in situ). Actualmente se tiene como métodos de explotación:

- Método de Corte y Relleno Ascendente.
- Método de Cámaras y Pilares.
- Método de Explotación Selectivo Circado.
-

El nivel de producción del mineral es de 1,500 TMS/día, con ley promedio de 11 gr./Tn., siendo el Cut-off operacional en 6.64 gr/Tn.

- Corte y relleno ascendente

Durante el avance ascendente de la producción, se deja pilares de 3m x 5m, adyacente a las chimeneas principales y un puente de 3m x 20m paralela a la galería.

Geometría del yacimiento

Forma Irregular

- Potencia: variable; >0.50 m.
- Buzamiento: 30° - 0°
- Altura litostática: 200 m - 600 .

Parámetros Geométricos del Método.

- o Dimensiones del sub block (m), 20 x 30
- o N° de cortes horizontales 5
- o Longitud de cortes horizontales (m): 14
- o Ancho de cortes horizontales (m): 5
- o Altura de cortes horizontales (m): 1.20 m
- o Dimensión de los Pilares temporales (m): 3 x 5 y 3 x 20

Eficiencias.

- o Rendimiento: 2.50 m³/tarea (con winche): 1.25 m³/tarea (limpieza. manual)
- o Factor de carga (L.F): 0.88 Kg/m³
- o Factor de perforación: 3.57 m/m³
- o Tonelaje / taladro: 1.22 TM / taladro.

Costo del método C & R.: US \$ 32.06/TM.

- **Cámaras y pilares**

Definido el block rectangular de mineral por chimeneas y galerías, a partir de un subnivel base, se divide el tajeo en cámaras alternadas por pilares rectangulares de 3 m de ancho.

Las cámaras tienen la dirección del buzamiento y altura que depende de la potencia de la veta. Una vez que la cámara llega al nivel superior, se retorna desquinchando y sosteniendo los hastiales para completar el ancho de diseño.

Geometría del yacimiento.

Forma: Tabular e irregular

- Potencia: Variable; 0.30 cm a 2.5 m
- Buzamiento: Sub horizontales; 10° a 30°
- Altura litostática: 200 m - 700 m.

Parámetros Geométricos del Método.

- Dimensiones del sub block (m): 20x30
- Número de cortes verticales: 4
- Ancho de cortes verticales (m): 3
- Ancho de cámara (m): 14
- Número de Pilares: 3
- Dimensiones de los pilares temporales (m): 3 x 30, 3 x 20

Eficiencias.

- Rendimiento: 2.00 m³ /tarea (con winche): 1.11 m³ /tarea (limpieza manual)
- Factor de carga (L. F): 1.22 Kg./m³
- Factor de Perforación: 4.61 m/m³
- Producción por taladro: 0.94 TM / taladro
- Costo de método C & P.: US \$ 37. 51 / TM.

1.2.5. Método de explotación selectivo “Circado”

Es el Método de minado del estudio y mejorado como se describe a continuación; Se aplica este método para zonas mineralizadas con potencia de veta angosta (< 0.30 cm) y altos valores de mineral. En una primera etapa se arranca el mineral y luego el desmonte pudiendo

invertir esta secuencia de acuerdo a las condiciones de dureza del mineral y el desmonte así mismo la geometría que presenta el yacimiento y la veta propiamente.

Geometria del yacimiento.

Forma: Irregular

- Potencia: variable; <0.50m
- Buzamiento: variable
- Altura litostatica: 200m – 600m.

Parámetros Geométricos del Método.

- Dimensiones del sub block (m):20 x 30

Eficiencias

- Rendimiento:1.11m³/tarea (con winche)0.83 m³/tarea (l/manual)
- Factor de carga (L.F): 1.43 Kg./m³
- Factor de perforación: 5.85m/m³
- Tonelaje/ taladro:0.75Tm/taladro.Costo del método Circado:
US \$ 59.97/TM

1.2.6. Limpieza y acarreo de minerales.

En tajos la limpieza se realiza con winches de arrastre de dos tamboras de motor eléctrico de 15 HP, que permiten un mejor rendimiento en el ciclo de minado, en algunos casos la limpieza es en forma manual con carretillas y carros mineros hasta depositar en las tolvas de extracción.

En frentes la limpieza se realiza con Palas Neumáticas Eimco 12B, y 21 de capacidades 0.155m³, 0.198m³ respectivamente. La extracción de desmonte o mineral de interior mina hasta las bocaminas lugar donde están las tolvas principales, se realiza con locomotoras a batería de 1.5 y 3 toneladas que jalan 12 a 20 carros mineros (U34).

El transporte de las tolvas principales (Bocaminas) a la tolva de gruesos (Planta de tratamiento) se realiza con volquetes de 20 toneladas de capacidad.

1.2.7. Sostenimiento.

La masa rocosa ha sido clasificada por el índice Q y el índice RMR, los tipos de roca determinados son: A, B, C y D.

Las propiedades físicas y de resistencia de la roca han sido estimadas a partir de ensayos de laboratorio y del índice de resistencia geológico GSI.

El criterio de falla empleado es el de Hoek-Brown. El sistema adecuado de sostenimiento temporal está constituido por los elementos:

- Puntales de madera.
- Gatas hidroneumáticas.
- Pernos de anclaje.

Aplicando finalmente el Relleno Hidráulico en los tajos vacíos, su principal objetivo es evitar colapsos, subsidencias y permite recuperar los puentes y pilares de mineral. Las propiedades y características del relleno hidráulico son las siguientes:

- Densidad de pulpa: 1900 gr./lt.
- Velocidad crítica: 2.59 m/s

- Velocidad de percolación: 18.78 cm/hr
- Diámetro de tubería (troncal): 4”f
- Energía para el transporte: gravedad
- Diferencia de altura (Planta -Tajeo): 800 m
- Resistencia al cabo de 3 meses: 5 Kg. /cm².

1.2.8. Perforación y voladura.

Los equipos de perforación son perforadoras livianas tipo Jack-leg. La longitud de barrenos es de 5, 6 y 8 pies con 34, 36 y 38 mm de diámetro de inserto y/o brocas. En la voladura, se emplean dinamitas semigelatinas con potencia relativas de 45% y 65% y dinamitas pulverulentas de 45% y 65% en las coronas.

Las ratios de perforación y voladura son:

- Factor de voladura en lineales es 2.18 kg/m³ y en tajos 1.04 kg/m³
- Factor de perforación en lineales es 7.10 m/m³ y en tajos 3.92m/m³
- Rendimientos en lineales es 36.76 cm/hg y en tajos 2.20 Tn/hg.

1.2.9. Desarrollo, exploración y preparación

Todas estas labores se realizan por medio de labores de avance lineal (m), también se les llama labores lineales, en 3 dimensiones. Se caracteriza por avanzar en forma lineal, por la geometría y dimensión (sección) que se realiza este trabajo, se han diferenciado en las siguientes labores: Frentes, chimeneas verticales, chimeneas inclinadas, chimeneas pilotos, subniveles y estocadas.

a) Frentes: Dentro de este grupo podemos tener diferenciado varias labores, básicamente el trabajo es el mismo, pero diferencian por el objetivo que cumplen cada labor:

- Cortada; Labor que empieza desde superficie hasta interceptar una estructura mineralizada.

- Cruceros; Labor que cumple la función de avanzar hasta interceptar algún objetivo

como: estructura mineralizada, otra labor, etc. (son generalmente de veta a veta).

- Galería; Labor que se avanza a lo largo de la estructura mineralizada.

- By Pass; Labor que comunica dos labores, específicamente labores lineales (frentes); generalmente para dar más eficiencia al servicio.

Especificaciones técnicas de los Frentes:

- Sección Standard: 7' x 8' (2.1 x 2.4m).

- Sobre excavación: +10% máximo.

- Gradiente: 5/1000

- Radio de curvatura: 5.0 m(externo), para locomotora de 1.5 Toneladas.

- Trocha: 500mm.

- Durmientes: Long. 1.0m C/ 1.0m.

b) Chimeneas Verticales: Labor que se realiza en forma ascendente, la limpieza del material roto es por caída libre; caen a la tolva o Chute instalada en el punto de inicio (de un frente).

Especificaciones técnicas:

- Objetivo: Echaderos de mineral o desmonte, ventilación, Servicios, etc.

- Sección Standard: 4' x 4' (1.20 x 1.20m), rectangular.

- Inclinación: Según proyecto.
- Puntal de avance: Cada 1.0 m.

c) Chimeneas Piloto; Labor que generalmente se inicia en un tajo, sub nivel y/o chimenea inclinada, la limpieza se realiza empleando mano de obra, cuyo objetivo es interceptar estructura al techo de la labor.

Especificaciones técnicas:

- objetivo: Exploración al techo de la labor.
- Sección Standard: 4' x 4' (1.20 x 1.20m), rectangular.
- Inclinación: Según proyecto.
- Puntal de avance: Cada 1.0 m.
- Longitud máxima: 10 metros.

d) Chimeneas Inclinadas: Labor que se realiza en forma ascendente sobre estructura, la limpieza del material roto se realiza empleando mano de obra. Especificaciones técnicas:

- Objetivo: Exploración, desarrollo y/o preparación.
- Sección Standard: 5' x 5' (1.50 x 1.50m), rectangular.
- Inclinación: Buzamiento de la veta, sobre estructura.

e) Subniveles; Labor que se realiza en forma horizontal siguiendo el rumbo de la veta, la limpieza del material roto se realiza empleando mano de obra. Especificaciones técnicas:

- Objetivo: Preparaciones y exploraciones.
- Sección Standard: 4' x 6' (1.20 x 1.80m).
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.

1.2.10. Planeamiento y reservas de mineral

En las exploraciones y desarrollo, la política de MARSA es mantener el nivel de reservas, para lograr este objetivo se desarrolla un agresivo programa mensual de avances lineales de alrededor de 2 mil metros. Las exploraciones son vitales para encontrar y renovar nuestras reservas.

Este agresivo programa de exploraciones con labores mineras se viene ejecutando desde la cota 3220 hacia cotas más profundas, actualmente ya estamos explorando en la cota 2570. Estos programas junto a los programas de perforación diamantina de largo alcance permiten incrementar nuevas áreas de exploración y una reevaluación de las áreas más antiguas.

En años anteriores las reservas y la producción provenían del sistema Esperanza que es una estructura con rumbo NNW – SSE y buzamiento NE, pero adicionalmente se tienen identificadas 14 estructuras al piso de Esperanza con el mismo rumbo y buzamiento. Con la profundización realizada en los últimos años se han interceptado las vetas Cabana 2, Cabana 3 y Daniela con valores de oro superiores al promedio de ley de las reservas actuales y que pertenecen a este sistema de estructuras paralelas. Adicionalmente también se ha interceptado la veta Valeria que es una estructura tensional con valores de oro superiores. Los resultados que se vienen obteniendo son muy alentadores y esto ha permitido que manteniendo el programa de exploraciones las reservas se incrementen sustancialmente. Actualmente nuestras reservas alcanzan para una producción de 10 años. Con respecto al potencial de reservas las expectativas de mineralización económica son muy altas.

1.2.11. Seguridad y salud ocupacional

Contamos internamente con el Sistema Integral de Seguridad y Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad (SISSOMAC), que está orientado a gestionar y manejar de manera ordenada, objetiva y sistemática la prevención de accidentes laborales, enfermedades ocupacionales, contaminación ambiental, además de un mejoramiento cualitativo de los servicios que ofrece a sus trabajadores. Nos proporciona una estructura determinada para la acción y el establecimiento de objetivos y metas específicas, procurando cumplir en estos temas con los más altos estándares ambientales, de seguridad, salud ocupacional y calidad.

Sistema de Gestión de Calidad Iso 9001:2008. Se realiza el análisis de las muestras minerales, las aguas y las soluciones cianuradas, tomando en cuenta un estricto control de leyes a lo largo del proceso productivo. Gracias a un laboratorio equipado y moderno, y al personal debidamente calificado, se asegura la fiabilidad de los resultados de acuerdo a los patrones internacionales y los estándares de otros laboratorios de prestigio.

Sistema de Gestión Ambiental Iso 14001:2004. Se ha previsto también la prevención y minimización de los impactos ambientales.

Como uno de los pilares del desarrollo de la empresa. Es un sistema que nos ha permitido gestionar nuestros procesos de forma más eficiente, logrando reducir significativamente el consumo de los recursos naturales como energía, madera y combustible. Se mejoró la gestión de los residuos

sólidos, se optimizó el control de afluentes, emisiones, y se mejoró la cultura ambiental a nivel organizacional.

Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional Ohsas 18001:2007. Brindar protección y bienestar a nuestros trabajadores a través del cumplimiento de los más altos estándares en seguridad y salud ocupacional es uno de los propósitos fundamentales de la empresa.

Se ha implementado el seguimiento de la norma internacional OHSAS 18001, y contamos con un «Plan de Emergencias de Seguridad», que contempla acciones preventivas y respuestas inmediatas a circunstancias peligrosas.

1.2.12. Responsabilidad social

La Cia. Minera Marsa, como empresa responsable y respetuosa de su marco legal cumple cabalmente con el pago del 30% del Impuesto a la renta, impuesto que es pagado directamente en Trujillo, el pago de regalías mineras, el aporte voluntario, dinero que es utilizado por el gobierno nacional y regional para el desarrollo del departamento de La Libertad.

MARSA opera de manera socialmente responsable y ha desarrollado una política de relaciones comunitarias basadas en el respeto y el diálogo permanente y transparente con las poblaciones vecinas.

Desde sus inicios, MARSA aspiró a generar un polo de desarrollo en la zona. Para ello, promueve diversos programas orientados a la reducción de los índices de pobreza, y a mejorar los niveles de salud, educación e infraestructura en las comunidades aledañas, entre otros, además MARSA

apoya el desarrollo de la economía local, promoviendo las compras en la zona tales como las carnes, verduras, entre otros.

Es política de MARSA comprar y adquirir productos y servicios preferentemente a los proveedores locales, mientras compitan en igualdad de condiciones de calidad, oportunidad y precio.

Asociación de MARSA es una organización no gubernamental sin fines de lucro. Tiene como finalidad promover el desarrollo sostenible de las comunidades del entorno de influencia de MARSA, en especial atención al anexo de la comunidad de Llacuabamba. Enmarcado dentro de sus compromisos como:

Misión: Contribuir al desarrollo económico, ambiental y social armónico de las comunidades de la influencia de las operaciones de MARSA, fortaleciendo el capital social de las comunidades y respetando la identidad cultural local.

Visión: Lograr el reconocimiento como una organización respetuosa de las comunidades y del medio ambiente, que contribuya a lograr el desarrollo sostenible:

- Valores
- Ética
- Transparencia
- Respeto a la diversidad
- Con responsabilidad
- Compromiso
- Finalidad de Asociación MARSA

Contribuir a crear un clima de confianza entre los comuneros, mejorando la relación de las comunidades, mostrando en todo momento que el desarrollo de la empresa se realiza con ética, transparencia, eficacia y eficiencia, respetando el medio ambiente y actuando siempre con responsabilidad social para generar y desarrollar el capital humano.

Responsabilidad Ambiental

La Cia Minera Marsa, tiene una política de responsabilidad ambiental orientada a prevenir y minimizar los impactos medio ambientales y de concientizar a sus trabajadores hacia el cuidado del medio ambiente. Para ello se ha desarrollado los siguientes ejes medio ambientales:

Monitoreos ambientales

Contamos con un programa de monitoreo ambiental, diseñado y ejecutado regularmente, con el fin de garantizar su eficiente desempeño ambiental. Así, se monitorea la calidad del agua, aire, suelos y ruidos con la finalidad de prever y minimizar cualquier impacto ambiental.

Manejo de residuos sólidos

Contamos con un "Plan de manejo de Residuos Sólidos", que se actualiza anualmente con el fin de mejorar la gestión integral de los residuos provenientes de las operaciones mineras, además de garantizar un ambiente saludable para sus trabajadores y las comunidades de su entorno. Ello ha permitido optimizar la utilización de los recursos naturales y minimizar los impactos negativos al ambiente.

Control de efluentes y emisiones

Para mitigar los efectos ambientales, se ha implementado una serie de sistemas de tratamiento que obedecen a estudios técnicos y de ingeniería. Contamos con plantas de tratamiento de aguas residuales de minas, procesos metalúrgicos, aguas residuales domésticas y sistemas de control de sedimentos e hidrocarburos. Las emisiones de gases, de material particulado y de ruido son controladas a través de sistemas específicos que cumplen con minimizar posibles impactos al medio ambiente.

Salud.

Entre los diversos programas sociales emprendidos por MARSА en el sector salud, se desarrolló el «Programa madre, niño, vida», cuyo objetivo es erradicar la desnutrición en la comunidad campesina de Llacuabamba beneficiando a más de 500 niños menores de 5 años y madres gestantes y lactantes, logrando reducir la anemia y la desnutrición en un 80%; la «Feria de alimentos ricos en fuentes de hierro», en la que participaron alrededor de 150 madres y niños buscando erradicar específicamente la anemia. El «Programa vaso de leche», cuyos beneficiarios son los escolares de los distritos de Llacuabamba, La Soledad, Parcoy y la Municipalidad de Parcoy, quienes reciben más de 2500 raciones diariamente para complementar su nutrición; el Programa de salud femenina», una campaña ginecológica que busca prevenir trastornos y enfermedades degenerativas y oncológicas entre la población de Llacuabamba. Además, MARSА contó con la colaboración de la misión Caritas Felices, gracias a la cual se operó a 76 personas de labio leporino, paladar hendido y otras malformaciones congénitas.

La Cia. Minera Marsa, colabora con los programas de salud que desarrolla el Centro Médico de Llacuabamba construido con el aporte voluntario de MARSA, el cual cuenta con modernos equipos que hacen más eficaz la atención de los pacientes.

Educación.

Se desarrollan programas de capacitación especializada a favor de los profesores de las diferentes comunidades campesinas de la Provincia de Pataz, como el

«Programa de alfabetización digital», y también programas dirigidos a los escolares como el «Programa de becas integrales de estudios superiores, universitarios y técnicos», que se otorga a los cuatro primeros puestos del Colegio José Carlos Mariátegui de la comunidad de Llacuabamba. Por otro lado, colabora con la donación de carpetas, computadores y diversos útiles escolares a las diversas instituciones educativas con el objetivo de contribuir a mejorar la calidad e infraestructura educativa. Además, la empresa viene asumiendo el pago de 31 docentes que prestan servicios en las comunidades de Llacuabamba, La Soledad, Parcoy, Lucumos, El Tambo, Cabrillas, Curaubamba, Pilancon, Pampa de la Espina, La Paccha, Buldibuyo y Tayabamba, beneficiando de esta forma a los educandos de los mencionados anexos.

Infraestructura.

La Minera Marsa, dentro de su política de responsabilidad social también desarrolla programas orientados a dotar y mejorar la infraestructura de la población de Llacuabamba. Así, desde el año 2008 viene funcionando la Posta Médica de Llacuabamba cuya construcción fue financiada por

MARSA y su equipamiento con cargo al aporte voluntario local. A fines de 2010 se concluyó la construcción del segundo piso de este centro de salud.

Asimismo, conjuntamente con el Grupo Regional Minero La Libertad y con los fondos del Aporte Minero Voluntario Regional, ha rehabilitado 106 kilómetros de carretera desde el puente Pallar hasta el puente Chagual. Por otro lado, se ha construido el local para la primera agencia de un banco comercial privado en el anexo de Llacuabamba, que ha permitido integrarnos al sistema financiero nacional, y así dinamizar las actividades económicas de la población, nuestros trabajadores y la empresa.

La comunidad campesina de Llacuabamba, se ha beneficiado con la construcción de la red de desagüe, gracias al apoyo que brindó MARSA conjuntamente con la Municipalidad de Parcoy. Hoy más de 1600 niños de la comunidad de Llacuabamba disfrutan del recientemente inaugurado "Parque Infantil Llacuabamba", que cuenta con una moderna infraestructura, en un adecuado espacio que permite el desarrollo recreacional en área ordenada y segura.

Además, MARSA colabora con proporcionar energía eléctrica a la Comunidad de Llacuabamba.

Agricultura y Forestación.

Se desarrolla el «Programa integral de desarrollo y promoción de la agricultura en la comunidad campesina de Llacuabamba», que tiene por objetivo el fomento de la actividad agrícola como una alternativa económica en el tiempo, mejorando el nivel de ingreso, promoviendo la seguridad alimentaria y la calidad de vida. Asimismo, también se lleva a

cabo el «Programa de forestación dirigido a la comunidad de Llacuabamba», cuya finalidad es la forestación de 20 hectáreas de terreno con plantones de eucalipto y pino, logrando con ello la estabilización de los suelos y el mejoramiento ambiental de la zona.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema Principal

¿En qué medida favorece el minado selectivo para explotar vetas de oro en la Minera Marsa S.A. Pataz – Región La Libertad?

1.3.2. Problemas Específicos

a. ¿Al determinar un método de minado selectivo, se podrá minimizar la dilución del mineral en la explotación de las vetas de oro de la Minera Marsa?

b. ¿Al evaluar un método de minado selectivo lograremos mejorar la estabilidad de las cajas en la explotación de las vetas de oro de la Minera Marsa?

1.4. Formulación de los objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar un método de minado selectivo para explotar vetas de oro en la minera Marsa S.A Pataz. Región la Libertad.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Aplicar un método de minado selectivo, para minimizar la dilución en la explotación de las vetas de oro en la Mina Marsa.

- b. Evaluar el método de minado selectivo para mejorar la estabilidad de las cajas en la explotación de las vetas de oro en la Mina Marsa.

1.5. Justificación de la investigación

Realizando una investigación de las Leyes en las cuáles son explotadas las vetas de oro del nivel cinco en la parte superior de la Mina Marsa y la factibilidad de mejorar las leyes y estabilidad de las cajas.

La presente investigación es de vital importancia ya que nos permitirá emplear un método de minado selectivo para la extracción de las vetas de oro, donde podremos tener una menor dilución en la extracción del oro, así mismo una mayor estabilidad de las cajas de dichas vetas.

El cual justifica debido a que va contribuir al desarrollo de la productividad de la minera Marsa; así mismo es de mucha importancia ya que será de evaluación para las otras empresas mineras que extraen este valioso mineral del oro.

1.6. Limitaciones de la investigación

En la ejecución del presente trabajo de investigación no hubo limitaciones en cuanto se refiere a la obtención de datos, ya que se nos brindó todas las facilidades otorgadas por parte del área de producción de la Minera marsa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Internacionales

La investigación de Kaushik Dey & Phalguni Sen (India escuela de minas) en los principios de “blastability” en el año (1979). Cuyo principal objetivo es el control de la dilución de los minerales y perfiles de las cajas de labores de explotación mediante las voladuras controladas y conseguir un tamaño adecuado de la granulometría que se ajusten a las necesidades, así mismo buscar alta productividad para reducir al mínimo el costo de la minería en general, aproximándonos a un buen resultado utilizando parámetros geomecánicos, un buen diseño y explosivos adecuados.

Investigación de Rene Wilfredo Ojeda Mestas, Ing. De Minas, España en el Diseño de Métodos de explotación Subterránea aplicando un Modelo Matemático de Áreas de Influencia del año (1998), realizado para ejecutar diseños óptimos sin la necesidad de realizar muchas pruebas de campo, y

en donde el objetivo es diseñar mallas de perforación y voladura subterránea, aplicando un modelo matemático de áreas de influencia y pronosticar el análisis de la fragmentación para determinar si es el óptimo para controlar la dilución del mineral y no desestabilizar las zonas periféricas del tajo.

2.1.2. Nacionales

Investigación de Marcañaupa Curo, Rodolfo, UNCP - Huancayo (2008) la investigación titulada: “Métodos de explotación aplicados a yacimientos de oro, Compañía Minera Aurífera Retamas”. El objetivo de la investigación es demostrar qué métodos son más productivos en la explotación de yacimiento de oro en la minera Poderosa. Llegando a conclusiones de que es necesario emplear diferentes métodos de acuerdo a formas que se presenta el oro.

SVS_ Ingenieros (2015), en su informe “Estudio geomecánico para el dimensionamiento, secuencia de tajeos de la mina Cerro Lindo”, Cuyo objetivo fué la preparación de un modelo geomecánico en tres dimensiones y establecer una metodología técnica, que constituya una herramienta para evaluar el dimensionamiento de ancho y largo de los tajeos así como la secuencia de minado y la optimización de la explotación de los minerales. Para lograr este objetivo SVS realizó una revisión y evaluación geomecánica mediante la recopilación de información proveniente de estudios anteriores los mismos que fueron validados mediante un análisis de la mineralización, este análisis indicó que era

necesario un mapeo de detalles de los tajeos y accesos así como ensayos de laboratorio complementarios.

2.2. Bases teóricas – Científicas

2.2.1. Descripción de las vetas de la minera marsa

Las vetas mineralizadas tienen altura entre 4 a 30 metros, la longitud varía entre 120 a 150 metros, el ancho varía entre 1 a 1.40 metros, los hastiales tienen un RMR entre 40 y 50, la mineralización presenta un RMR entre 40 y 55, el mineral tiene un peso específico de 3.80, mientras el desmante tiene un peso específico de 2.60.

La mineralización es estratiforme, tanto en las "vetas mineralizadas", que se emplazan en la unidad superior del Horizonte prospectivo y las "Brechas Mineralizadas" que se ubican en la unidad inferior del mismo horizonte, la mineralización de Au es más importante, se encuentra como enargita y luzonita, es decir con altos contenidos de As. La mena consta de un reemplazamiento masivo de sulfuros y relleno de espacios abiertos, con ensamble de chertpirita – enargita - (luzonita) – alunita - caolinita, con menor proporción de covelita, bornita y trazas de Au nativo. La pirita es más o menos el 90% del total de los sulfuros, suele ser semi-masiva a masiva en las zonas mineralizadas y se presenta hasta en tres generaciones. La pirita 1, fina, masiva, penetrante, se presenta como reemplazamiento selectivo de niveles calcáreos en los "Mantos Mineralizados" o como matriz de los conglomerados, brechas sedimentarias e hidrotermales y eventualmente reemplazando algunos clastos de las denominadas "Brechas Mineralizadas". La pirita 11, es cristalizada, menos frecuente, aparentemente post-chert, se presenta como

relleno de espacios abiertos y es predecesora del relleno de enargita con cuarzo.

La pirita 111, es posterior a la enargita y se presenta como aureolas alrededor de ésta. La enargita junto con su polimorfo luzonita, constituye el mineral económico de Cu, se presentan como grandes cristales fibrosos que reemplazan también algunos niveles sedimentarios, o van relleno de espacios abiertos y vetillas; al microscopio, se ve reemplazando a la pirita. La covelita aparentemente hipógena, muy fina, se asocia a calcopirita y parece ser una fase tardía en la secuencia paragenética; El oro nativo, es escaso y tiene una granulometría muy fina -entre 4 y 10µm - y se asocia a enargita y tenantita, se presenta como inclusiones o relleno de cavidades, también es tardío en la paragénesis.

2.2.2. Minado por subniveles y Hundimiento

Definición 1; El tajeo por subniveles (Sublevel stoping, Blasthole o Longhole Stopping); es un método de minado de alta producción aplicable: "A cuerpos o vetas extensos, de buzamiento casi vertical y geometría regular que poseen un mineral y cajas competentes que requieren esporádicos o ningún soporte y el mineral roto fluye bajo la influencia de la gravedad".

Este método posee una fuerte inversión en la etapa de preparación, aunque dicho costo es compensado por el hecho que gran parte de la preparación es ejecutado en mineral. Dicho método no es selectivo, por lo que la geometría del cuerpo debe ser regular y bien definida.

La perforación de taladros es ejecutada con máquinas perforadoras de taladros largos. El uso eficiente de voladuras a gran escala hace del Tajeo por subniveles uno de los métodos de minado subterráneo de más bajo costo.

El sistema del cono, es una variante del método tradicional de tajeo por subniveles: no se construyen drawpoints o ventanas de extracción perpendiculares al rumbo de la veta en desmonte sino la veta se divide verticalmente a través de subniveles longitudinales al rumbo de la veta y se desarrolla un subnivel principal por encima de la galería inferior que sirva como drawpoint o labor de acarreo, pero en mineral. La secuencia de explotación es en retirada, disparando bloques de mineral en forma de escalera; en última instancia se dispara el puente de mineral entre la galería inferior y el subnivel principal."

Definición 2; Este método es conocido también con el término "Sublevel Stopping", es una aplicación de los principios de la voladura de banco a cielo abierto a las explotaciones subterráneas, consiste en el arranque del puente entre dos niveles de perforación en sentido descendente y ascendente. El sistema establece un único nivel base (nivel de extracción) para varios subniveles superiores. El mineral disparado cae por gravedad, siendo recepcionado en la zanja preparada para este efecto y posteriormente recuperado y transportado.

Generalmente cuando los cuerpos mineralizados presentan grandes dimensiones, éstos se dividen en dos o más tajeos para evitar el colapso o desprendimiento de las cajas, de estas formas se deja la explotación, ya

que, en esta fase existe menor riesgo de crear condiciones de inseguridad para el personal.

2.2.3. Método cut & fill

Flores, R. (2018) menciona que el método cut and fill es aplicada en cuerpos de forma tabular verticales o subverticales, de espesor variable desde unos pocos metros hasta 15 o 20 m, en algunos casos se prefiere a otras alternativas cuando la roca encajonante es de mala calidad. En cambio, la roca mineralizada debe ser estable, especialmente si se trata de cuerpos de gran espesor. El mineral extraído debe ser suficientemente valioso de modo que el beneficio obtenido por su recuperación compense los mayores costos del método.

El corte y relleno tiene un extenso rango de variaciones como resultado del minado selectivo, buena recuperación y practicabilidad bajo condiciones geomecánicas diversas, y se presta a la mecanización de la explotación.

Las técnicas de relleno que actualmente se disponen, pueden mejorar los aspectos técnicos y económicos de este método de minado, que frecuentemente ha reemplazado a otros métodos. En la Mina Marsa el C&F ascendente ha sido siempre el método de minado utilizado tanto en la modalidad convencional como en la modalidad mecanizada. El personal de la mina está bastante familiarizado con este método y tiene un buen dominio y experiencia en el mismo.

El método Cut &Fill debe ser un método de minado obligatorio a seguir utilizándose para la explotación de las partes de ensanchamiento de la

potencia de la veta que corresponden a cuerpos o bolsonadas mineralizadas que tienen contornos irregulares.

Criterios y parámetros de Diseño de explotación

Según el criterio UBC el proceso de jerarquización de los diferentes factores asociados a los diferentes métodos de minado subterráneo, indicó lo siguiente:

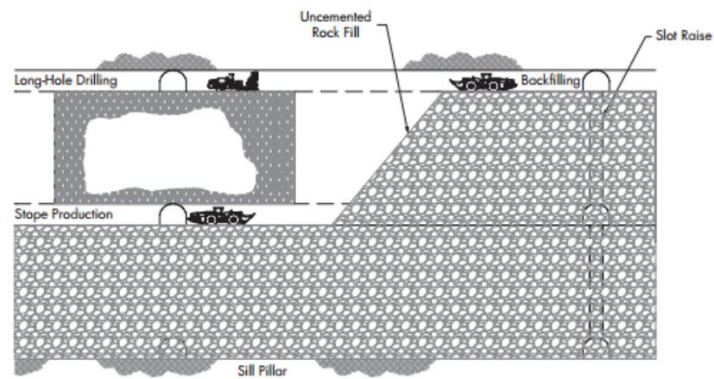
- El método de minado que se adapta mejor a las condiciones naturales encontradas, desde el punto de vista técnico, es el “corte y relleno” (Cut & Fill – C&F), para todo el rango de condiciones geomecánicas y potencias asociadas a la Veta.
- Sigue al C&F, el método de minado “subniveles con taladros largos” (Sublevel Stopping – SLS) para todo el rango de condiciones geomecánicas asociadas a Veta y para las potencias predominantes, exceptuando las partes más anchas correspondientes a cuerpos o bolsonadas que se presentan en esta estructura mineralizada.

Desde el punto de vista económico, en líneas generales se debe tratar de buscar la aplicabilidad de los métodos a un yacimiento mineral en el orden enumerado, e ir descartando hasta encontrar el método aplicable más económico.

2.2.4. Método bench and fill

Para Joquera (2015) El método de minado por banqueo y relleno (bench and fill) en el cual este método se aplica a cuerpos en vertical o casi verticales con la cual se logra una reducción en los costos de producción.

Figura N°2: Esquema Bench and Fill



Fuente: Jorquera (2015)

Los bancos incluyen la extracción inicial de un taladro y una unidad de extracción para todo el largo y ancho de un yacimiento. Se crea una ranura de banco entre los dos horizontes en un extremo de la persona mediante la ampliación de un aumento de corte situado cerca de la pared del pie del yacimiento. La ranura así creada se utiliza como un vacío de expansión en el que el resto de la banqueta se forma mediante la voladura secuencial de los orificios de producción. En la mayoría de los casos, los orificios de producción se perforan en anillos paralelos a la inmersión de la fuente entre las dos unidades. La minería se produce mediante el disparo secuencial de los anillos de producción en el vacío que se avanza y el mineral se elimina de forma remota desde el horizonte de extracción. La extracción de bancos se retira a cortes transversales centrales ubicados dentro de pilares permanentes de 40 m de ancho. Los cortes transversales tienen una orientación este-oeste y brindan acceso permanente a todos los yacimientos en un elevador de banco particular.

El desarrollo de vehículos convencionales de limpieza, así como de los de teletrabajo de carga y descarga (LHD) ha sido crucial para los bancos desde un punto de vista de seguridad cuando se está escondiendo debajo de la ceja. Los LHD se operan desde estaciones de control remoto ubicadas en áreas seguras. Las cámaras de video en color montadas en los vehículos brindan vistas frontal y posterior de manera continua durante todo el ciclo de limpieza. La banqueta y las áreas de tránsito están aisladas por barricadas ópticas en todas las entradas que detienen el vehículo si se interrumpe. Se utiliza una red de cable coaxial de alimentación de fugas en cada subnivel para transmitir las señales de video, datos y control entre el LHD y La estación de control.

Los topes de banco típicos se extienden sobre todo el ancho de la pieza y tienen una longitud promedio de 100 m junto con una pared inclinada sin soporte que sobresale, la pared colgante, desde 12 a 45 m de inclinación descendente. Tras la extracción de la longitud económica de un yacimiento, el vacío se llena con relleno de arena hidráulica o agregado al piso de la unidad de perforación, que se convierte en la nueva unidad de extracción en el siguiente levantamiento. El relleno hidráulico se prepara a partir de relaves desechados y se entrega a una densidad del 69% en peso de sólidos. El relleno hidráulico se distribuye a los topes a través de 150 m de tubos de relaves deslizados revestidos con caucho de m y orificios. El otro tipo de relleno, conocido localmente como "agregado". Es el producto de desecho de la preconcentración pesada-media de los minerales de la mina de plomo. Se transporta a las paradas a través de

pases alimentados por estrangulamiento y se entrega al destino final mediante unidades LHD.

El comportamiento predicho del muro colgante no soportado, la capacidad de perforar pozos con una desviación mínima y la ubicación de las unidades de acceso preexistentes se consideran al seleccionar las alturas de los bloques de banco. La secuencia de extracción para un bloque en particular se desarrolla después de considerar los requisitos de producción, las restricciones de acceso, la disponibilidad de relleno y el análisis de estrés de las secuencias mineras. En general, el acceso al bloque se realiza a través de disminuciones con servicios, aumentos de minerales y ventilación localizados cerca de cortes transversales centrales y dentro de pilares permanentes.

El método de Bench & Fill consiste de las siguientes operaciones:

- **Perforación**

Es la realización o la elaboración de huecos en el subsuelo, mediante equipos adecuados y brocas, utilizados en labores técnicas de prospección o exploración. La perforación se puede realizar por métodos de percusión, rotación o combinación de ambos. Para esta operación se utilizó el equipo Jumbo TL.

- **Voladura**

El proceso de voladura comprende el cargue de los huecos hechos en la perforación, con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma substancialmente

instantánea, para arrancar, fracturar o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma.

- **Voladura controlada**

Voladura en la cual cada hoyo es detonado en una secuencia progresiva para reducir las vibraciones y la dirección de proyección.

- **Limpieza**

Antes de proceder a la siguiente operación, debe verificarse que los túneles o subniveles inferior y superior (generados mediante las operaciones de perforación y voladura antes explicadas) estén limpios sin detritos. En este caso, para la labor de limpieza se emplearon los equipos Scoop y Dumper para el recojo de los residuos.

- **Sostenimiento de excavaciones**

Se realiza una fortificación o sostenimiento de las excavaciones mediante una malla electrosoldada más split set para tipo de roca regular. Para colocar la malla se utilizaron los equipos Small Scissor Bolter (perforación de pernos de anclaje) y el Robot Lanzador de concreto (para el shotcrete o lanzamiento de concreto).

- **Traslado de desmonte de excavaciones**

Una vez disparado el corte vertical a toda la longitud definida del tajeo según el tipo de roca, se extrae el mineral hacia los echaderos con los equipos Scoop y Dumper.

- **Explotación del tajo**

Esta operación es el conjunto de 3 suboperaciones tales como perforación, carguío y voladura. Una vez realizada la perforación del

tajo (sección a explotar), se va a realizar la carga de los residuos mediante los equipos Scoop y Dumper. Finalmente, se produce la voladura del tajo.

- **Transporte del mineral del tajo**

Al realizarse la voladura del tajo, se generan restos y mineral que requieren ser trasladados de la zona del tajo para poder realizar la siguiente operación. Esto se realiza mediante el uso de los equipos Scoop y Dumper.

- **Relleno del tajo (detrítico)**

Al culminar la limpieza del mineral roto, se procede inmediatamente al proceso de relleno con desmonte con ayuda del equipo Robot Lanzador de Concreto.

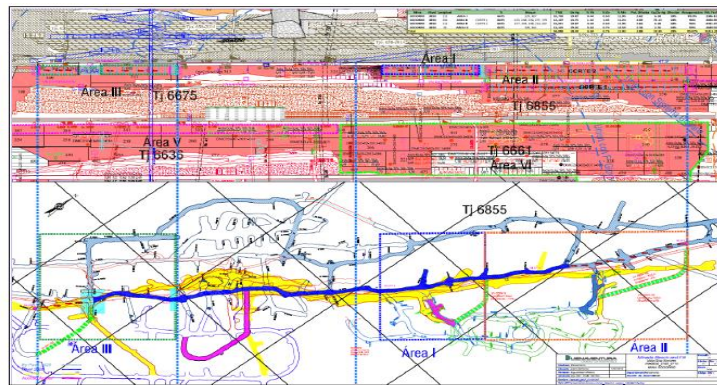
- **Ubicación de las labores de acceso y servicios permanentes**

Por un lado, las condiciones geomecánicas de la caja techo y de la caja piso de la Veta Gina Socorro son similares, la masa rocosa en ambos casos pertenece en promedio al dominio DE-III A, por otro lado, el buzamiento de esta veta es subvertical o más propiamente dicho hasta la cota 3,800 msnm el buzamiento es alto hacia el SE, y debajo de dicha cota el buzamiento es alto y se invierte hacia el NW. En tal condición es indistinto ubicar estas excavaciones en cualquiera de las cajas, si fuera caja piso mejor.

La decisión de buscar una ubicación adecuada de las labores de acceso y servicios permanentes dependerá del planeamiento y diseño del minado, en la cual los aspectos operativos tendrán un rol

importante. Se deberá sí tener en consideración que los lugares en donde se ubicarán estas labores estén lo suficientemente alejados de la influencia del minado de los tajeos. Por otro lado, también se deberá tomar en cuenta la distancia a las áreas de minado futuro. Como se puede apreciar en la Figura 16 la mayor cantidad de excavaciones de acceso y servicios han sido ubicados en la caja SE, lo cual es adecuado.

Figura N°3: *Áreas de minado de la estructura mineralizada*



Fuente: Área Geomecánica

- **Esquemas de minado y dimensiones de tajeos**

En relación al método de minado C&F, el personal de la mina está bastante familiarizado con este método y tiene un buen dominio y experiencia en el mismo. Los estándares que actualmente se utilizan deben continuar utilizándose y si se quisiera modificar estos estándares, deben utilizarse los diferentes parámetros geomecánicos resultantes de los diversos análisis realizados en este trabajo.

Respecto al dimensionamiento del B&F, es necesario establecer la altura entre los subniveles, el ancho de los tajeos y la longitud de los mismos. Todos estos parámetros están relacionados entre sí como se podrá apreciar líneas abajo.

Sobre la altura entre los subniveles, se ha considerado alturas de tajeos de 18, 20, 23 y 26 m, considerando que la altura de los subniveles es 4 m. Esto significa bancos de mineral entre subniveles de 10, 12, 15 y 18 m, o lo que es lo mismo, altura entre los subniveles (piso a piso) de 14, 16, 19 y 22 m. Por las condiciones naturales encontradas en el yacimiento y por el potencial problema de la sismicidad inducida por el minado, es aconsejable en esta etapa adoptar bancos de 10 m, significando altura de tajeos de 18 m o altura entre subniveles de 14 m. Más adelante, a la luz de la experiencia que gane el personal de la mina se podría variar este parámetro hacia arriba o hacia abajo.

Sobre el ancho de los tajeos, este dependerá de la potencia de la veta, la potencia que predomina es de 2.1 a 4 m, le sigue la potencia de 1.1 a 2 m, luego de 4.1 a 6 m y en mucha menor proporción las potencias < 1 m y 6.1 a 16 m. Hasta los 6 m. no habría mayores problemas, el límite superior de ancho de tajeo podría ser 8 m, no siendo aconsejable sobrepasar este valor. Si se sobrepasara los 8 m de ancho de tajeo puede haber problemas de estabilidad del banco de mineral de 10 m de altura, debido a que acompañan a la veta fallas geológicas longitudinales a la estructura mineralizada, a través de las cuales podría fallar por gravedad el citado banco. Además, cuando ocurren

ensanchamientos en la potencia del mineral los contornos mineralizados se hacen irregulares, pudiendo generarse problemas mayores de dilución y recuperación del mineral. Las porciones o partes anchas de mineral deben ser explotadas mejor con el método de C&F.

Sobre la longitud del tajeo, es recomendable mantener la mínima longitud entre el frente de rotura del mineral y la cresta del relleno, considerando que el relleno tiene un ángulo de reposo de 37° , la mínima longitud recomendable es de aproximadamente 25 m. Sobre la longitud del block de minado, desde el punto de vista geomecánico no hay restricciones importantes a tener en cuenta, esta longitud dependerá atender más de los requerimientos de los procedimientos operacionales, dejándose a decisión de los ingenieros de planeamiento y diseño del minado.

- **Relleno**

Asociado al método de minado C&F se deberá continuar con el uso del relleno detrítico y del relleno hidráulico. La función que deberá cumplir este relleno operativamente es tener un piso sólido para poder seguir trabajando encima del mismo para ascender en el minado; mientras que desde el punto de vista geomecánico la función será contribuir a la estabilidad local y global de la mina.

En relación al B&F, la esencia de este método de minado es utilizar relleno detrítico convencional (no cementado), tal como se puede

A fin de tener condiciones geomecánicas más favorables a medida que profundice el minado será necesario conformar pilares puentes dejando mineral in-situ o extrayendo el mineral y reemplazando este por relleno cementado. Los modelamientos numéricos efectuados, han indicado la necesidad de conformar pilares puentes de relleno cementado en los Niveles 3710 y 3640. Estas estructuras tendrán un ancho aproximado de 5 a 6 m y altura de 4 y 5 m respectivamente, teniendo una resistencia requerida de 10 MPa. Desde el punto de vista de la experiencia de los autores de este informe el relleno cementado que podría utilizarse en Gina Socorro sería el “relleno rocoso cementado” (Cemented RockFill – CRF): mezcla de desmonte de mina con partículas graduadas y lechada de cemento.

- **Secuencias de avance del minado**

En el B&F, hay varias alternativas de secuencia de avance, se puede avanzar en un solo horizonte entre dos niveles o se puede hacer un minado simultáneo en varios horizontes.

Cuando se avanza en un mismo horizonte es recomendable dividir a la estructura mineralizada en paneles para tener un número mayor de frentes de producción, el avance en este caso puede ser convergente o divergente entre panel y panel, ciclando adecuadamente la secuencia de avance. Cuando se avanza en varios horizontes, es adecuado el minado en gradines, pues este permite tener más frentes de producción, su puesta en práctica depende de los procedimientos operativos, teniendo accesos adecuadamente ubicados pueden

llevarse a cabo diferentes esquemas y secuencias de avance del minado, tal como se muestran en los ejemplos de las figuras del Anexo 6.

Desde el punto de vista geomecánico no habría mayores implicancias al adoptar una u otra secuencia de avance del minado. En este método de minado también es recomendable comenzar la explotación desde el fondo del yacimiento, de otro modo será necesario dejar pilares puentes de mineral, los cuales podrían perderse, a menos que se conformen pilares puentes de relleno cementado.

- **Consideraciones finales**

Uno de los principales problemas que podría surgir en el minado de Veta Gina Socorro por taladros largos es la dilución y recuperación del mineral, a causa de que en Mina Uchucchacua la mineralización no tiene contornos regulares. En las partes de ensanchamientos de la potencia definitivamente no es recomendable este método de minado por la irregularidad de los contornos mineralizados. La información que se tiene de Gina Socorro indica que los contornos mineralizados en las potencias predominantes son más o menos regulares, en estas condiciones será importante el manejo de los parámetros dilución y recuperación.

En relación a la dilución y recuperación, para el caso del B&F, estos dependen de la calidad de la masa rocosa de las cajas y del mineral. Las experiencias que vienen habiendo en Perú indican diluciones en el rango de 10 a 15 % y recuperaciones de alrededor de 85 %.

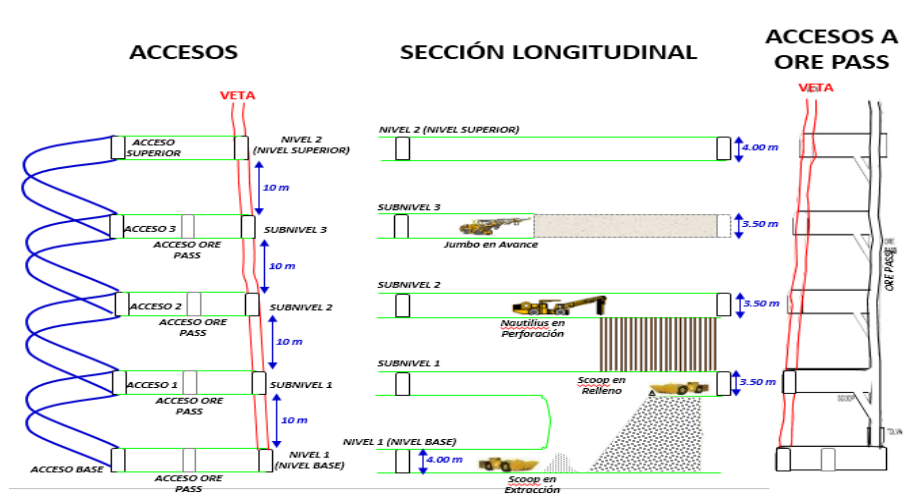
Para el caso de Gina Socorro, se ha hecho un ejercicio de estimación del parámetro ELOS (Equivalent Linear Overbreak Slough – Equivalente Lineal de Sobrerotura y Desprendimiento) utilizando el criterio de Clark (1998), considerando valores promedio del Número de Estabilidad Modificado ($N' = 3$) y Radio Hidráulico ($RH = 5$) presentados en el Anexo 6, y calidad de la masa rocosa $RMR = 50$, obteniéndose valores de ELOS de 0.5a1m.

Según el ELOS determinado, la dilución dependerá de la potencia de la veta, así para una potencia de 6 m la dilución podría variar de 8 a 16 %, a menores potencias la dilución será mayor y la recuperación menor y viceversa. También en este caso será muy importante realizar cuidadosos diseños y estándares de ejecución de la perforación y voladura controlada, para mantener principalmente la estabilidad adecuada de las cajas de los tajeos, principalmente de la caja techo.

Otro aspecto importante para el minado con B&F es el sostenimiento de la bóveda de los tajeos. Este método de minado requiere que los subniveles superior e inferior sean desquinchados hasta conformar cámaras del mismo ancho que la potencia del mineral, luego el ancho de estas cámaras podría llegar aproximadamente a 8 m. El sostenimiento para tajeos de 4 a 5 m. Para las cámaras de 6 m de ancho, el sostenimiento sería: pernos sistemáticos de 8 a 10 pies longitud, espaciados cada 1.2 m, con malla metálica de ser necesario + una capa de shotcrete de 2" de espesor. El sostenimiento para

cámaras de 8 m de ancho sería: pernos sistemáticos de 8 a 10 pies de longitud, espaciados cada 1.2 m + malla metálica electrosoldada + una capa de shotcrete de 2" de espesor. Los pernos recomendables sería los de barra helicoidal en caso ocurrieran eventos sísmicos, caso contrario serían de tipo split sets o hydrabolts. Finalmente, en este informe se han definido los métodos de minado alternativos que podrían ser utilizados para la explotación subterránea de la Veta Gina Socorro. Esta definición corresponde a una factibilidad técnica y con un enfoque geomecánico. Será importante que el personal de Planeamiento y Diseño de Mina lleve a cabo la evaluación económica correspondiente, para lo cual se suministran los diferentes parámetros geomecánicos asociados al diseño del minado. De esta manera se podrá adoptar el método de minado B&F con el respectivo sustento técnico y económico. En este trabajo es importante que haya una interacción entre el grupo técnico de Planeamiento y Diseño y el grupo técnico de Geomecánica, para un apoyo más efectivo de este último.

Figura N° 4 Secuencia de avances de minado



Fuente: Minera Marsa

2.3. Definición de términos básicos

Cuerpos

Son conocidos también con el nombre de ore bodies, son depósitos irregulares, es decir que no tienen forma ni tamaño definidos, son derivados por reemplazamiento de sulfuros económicos. Las bolsonadas, como también se les llama, pueden estar aislados o constituir un rosario varios depósitos de forma y dimensiones diversas.

Vetas

Es una fractura de la corteza terrestre que aloja sustancias minerales metálicas y ganga, como consecuencia de la precipitación de las soluciones hidrotermales. Las vetas son generalmente de forma tabular con gran superficie y un espesor relativamente pequeño.

Generalmente una veta no está aislada, ya que un gran movimiento de masas de la corteza terrestre ha originado una serie de fracturas, algunas están relacionadas por su orientación, mineralización y otras características semejantes, constituyendo un sistema de vetas.

Mantos

Son yacimientos de forma tabular más o menos horizontales, que se han formado entre dos capas, es decir que son depósitos minerales interestratificados. Cuando un manto tiene un ángulo de inclinación mayor 30° ofrece el aspecto de verdadera veta y en este caso recibe el nombre de filón capa.

Diseminaciones

En este tipo de depósitos los granos de mineral están esparcidos dentro de la masa rocosa, muy raras veces las especies metálicas llegan a formar concentraciones importantes dentro de las rocas. Las diseminaciones pueden haberse formado durante la solidificación de la roca, denominados singenéticos o bien pueden haberse introducido después de la solidificación de esta por fracturas o poros llamados epigenéticos.

Método de explotación

Es el modo de dividir el cuerpo mineralizado en sectores aptos para la explotación de una mina.

Planeamiento

Acciones preparatorias, para llevar a cabo todo el trabajo en la mina con el fin de extraer el mineral durante un año calendario considerando el personal, campamento, maquinaria, costos y ganancias.

Factor de Potencia y/o Factor de carga

Es la relación entre el número de kilogramos de explosivos empleados en una voladura determinada y el número de toneladas a romper producto de esa voladura o el volumen correspondiente en metros cúbicos a romper. Las unidades son kg/TM o kg/m³.

Burden

Es la distancia entre un taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación. El burden depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear.

Cara libre o taladro de alivio

Permite que las ondas de compresión producto de la voladura se reflejen contra ella, originando fuerzas de tensión que permiten producir la fragmentación de la roca.

Espaciamiento

Es la distancia entre taladros cargados con explosivos de una misma fila o de una misma área de influencia en una malla de perforación.

Geomecánica

Se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamientos mecánicos de los materiales rocosos. Básicamente este comportamiento geomecánico depende de los siguientes factores: Resistencia de la roca, grado de fracturación del macizo rocoso y la resistencia de las discontinuidades.

Matriz rocosa

Es el material rocoso exento de discontinuidades o bloques de roca intacta.

Macizo rocoso

Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades.

Rendimiento

En un contexto empresarial, el concepto de rendimiento hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el término unidad puede referirse a un individuo, un equipo, un departamento o una sección de una organización.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Un método de minado selectivo favorece significativamente en la explotación de vetas de oro en la Minera Marsa S.A. Pataz – Región La Libertad.

2.4.2. Hipótesis Específicas

a. Sí se aplica un método de minado selectivo, se tendrá menor dilución en la explotación de las vetas de oro en la Minera Marsa.

b. Sí se evalúa un método selectivo entonces lograremos mejorar la estabilidad de las cajas en la explotación de las vetas de oro en la Mina Marsa.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable Independiente

Minado selectivo para explotar en la Minera Marsa S.A. Pataz – Región La Libertad.

2.5.2. Variables Dependientes

Vetas de oro de la Minera Marsa S.A. Pataz – Región La Libertad.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Método selectivo de explotación	El método de explotación selectivo permite extraer los minerales con una mínima dilución y mayor control de las cajas en cuanto a su desestabilización debido a un mal diseño de perforación y voladura, para cumplir este objetivo se rediseñan mallas de perforación y voladura de acuerdo a las características geomecánicas, indicando el número de taladros correspondientes,	Perforación	Sección a excavar	m ²
			+	Longitud de barreno	m.
			Carguío	Cantidad de taladros	Unidad
			+	Consumo específico	Kg/m ³
			voladura	Vibraciones	mm/s
				Volumen de roca volada	m ³
				Tiempo del ciclo	Hora
			Transportes del mineral	Tiempo de carguío	Hora
				Cantidad de viajes	unidad
			(Limpieza)	Tiempo por cada viaje	minutos minutos
VARIABLE DEPENDIENTE	Vetas de oro de la Mina Marsa	Cuando las vetas de oro tienen una potencia menor de 30 cm. se evalúa un método de explotación y se deben tomar en cuenta la extracción del mineral a una baja dilución, estabilidad de las cajas y menor costo.	Dilución	Porcentaje de dilución	%
			Estabilidad de las cajas	Tiempo del método de minado	hora
			Tiempo por método de minado		

Fuente de elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de carácter aplicativo, conforme a los propósitos de la investigación; el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación siguiendo la siguiente secuencia:

A. Etapa de gabinete.

. Se investigó, organizó y recolectó la información necesaria.

B. Etapa de campo.

. Se hizo la toma de datos.

. Se hizo la evaluación de la extracción

. Se planteó un método selectivo

C. Etapa de gabinete.

. Se ordenó, proceso, analizo e interpreto toda la información.

. Se realizó el diseño de selectivo.

3.2. Métodos de investigación

Con el fin de abordar todos los factores que intervienen en el problema planteado, se empleó los siguientes métodos: inductivo, deductivo, análisis, síntesis.

3.3. Diseño de la investigación

El diseño a utilizarse en la investigación será por objetivos, conforme al esquema siguiente:

OG = OBJETIVO GENERAL

HG = HIPÓTESIS GENERAL

CG = CONCLUSIÓN GENERAL

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población está constituida por todas las labores en explotación del nivel cinco con vetas menores a 30 centímetros, de la Minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad.

3.4.2. Muestra

La muestra de la investigación se encuentra conformado el sub nivel SN10 111 – N Chilcas está ubicado en el nivel cinco las cuales son explotadas por el método del circado, a partir de ello es donde se realiza toda la investigación y se extrae todos los datos necesarios para la elaboración del método selectivo.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Dentro de las técnicas e instrumentos empleados para llegar a tener una recolección de datos tenemos los siguientes.

3.5.1. Técnicas

Las principales técnicas que utilizaremos en la investigación son:

- . Encuestas
- . Análisis Documental
- . Observación

3.5.2. Instrumentos

Los principales instrumentos que utilizaremos en la investigación son:

- Cuestionario
- Guía de Análisis Documental
- Guía de Observación

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Técnicas

Clasificación

Registro

Tabulación

Codificación

3.6.2. Análisis

Presentación tabular

Presentación de Gráficos

3.7. Tratamiento estadístico

Para un primer nivel de análisis, se ha aplicado técnicas propias de la estadística descriptiva, cálculo de frecuencias absolutas y relativas, la elaboración de tablas de contingencia, de histogramas y de diagramas circulares.

Estas, además de facilitar la ordenación y comparación de los datos, nos permiten conocer los parámetros de las muestras con las que trabajamos con respecto a los nuevos parámetros obtenidos, orientaciones de productividad y análisis de la dilución del mineral. Los recuentos necesarios para la elaboración de estos cálculos se han realizado con el programa Microsoft Excel.

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La selección de los datos con los que se contó para la elaboración de la presente tesis de investigación se obtuvo de una base de datos y toma de datos en campo.

La validación de los datos para la obtención y el análisis de la dilución y estabilidad de cajas con productividad se obtuvo con documentos con el visto bueno y firma de los supervisores del área de la unidad minera.

Las confiabilidades de los datos obtenidos para cambiar el método de extracción del oro tienen confiabilidad, estos datos fueron tomados dos veces y en diferentes ciclos de avances en la muestra considerada, considerando la productividad, en la dilución del mineral y estabilidad de cajas de la veta.

3.9. Orientación ética

La tesis de investigación es propia y original del autor, desarrollado de la experiencia del trabajo realizado en la minera Marsa así mismo basados en análisis e informes anteriores para recopilar la data, los cuales son mencionados en el

desarrollo de la tesis, de la misma manera las fuentes de las cuales se obtuvo de los datos estadísticos y cuadros.

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Método de explotación de vetas

a. Método de Avance Convencional

Las potencias de las vetas son variables por lo que hace variar el método de explotación diseñado, en todos los casos el avance se mide mediante el volumen fracturado (in - situ). Actualmente se viene desarrollando el método de explotación de corte y relleno ascendente, cámaras y pilares. En la aplicación del primer método en toda la voladura se utiliza dinamita de 65%, el ciclo del avance del sub nivel sobre veta es de perforación, voladura, limpieza, sostenimiento y es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Potencia de Veta: 0.20 m.

- Sección del sub nivel 7' x 8' (2.1x 2.4m)
- Densidad del mineral 3.6 gr./cm³
- GSI 47
- RQD 55,6 %
- Resistencia a la compresión 56.72 MPa.
- La longitud de perforación es 8'
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.
- Voladura de toda la sección

Resultados

- 39 toneladas rotas
- Factor de carga 1.6 Kg/Tn.
- Eficiencia de voladura 90 %
- Explosivo utilizado 62.4 Kg.
- Dilución del mineral 90 %
- Corona y cajas inestables.

Potencia de Veta: 0.25m

- Sección del sub nivel 7' x 8' (2.1 x 2.4m)
- Densidad del mineral 3.6 gr./cm³
- La longitud de perforación es 8'
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.
- Voladura de toda la sección

Resultados

- 39 toneladas rotas

- Factor de carga 1.6 Kg/Tn.
- Eficiencia de voladura 90 %
- Explosivo utilizado 62.4 Kg.
- Dilución del mineral 85 %
- Corona y cajas inestables

Potencia de Veta: 0.30 m.

- Sección del sub nivel 7' x 8' (2.1 x 2.4m)
- Densidad del mineral 3.6 gr./cm³
- La longitud de perforación es 8´
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.
- Voladura de toda la sección

Resultados

- 39 toneladas rotas
- Factor de carga 1.6 Kg/Tn.
- Eficiencia de voladura 90 %
- Explosivo utilizado 62.4 Kg.
- Dilución del mineral 80 %
- Corona y cajas inestables

Potencia de Veta: 0.35 m.

- Sección del sub nivel 7' x 8' (2.1 x 2.4m)
- Densidad del mineral 3.6 gr./cm³
- La longitud de perforación es 8´
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.
- Voladura de toda la sección

Resultados

- 39 toneladas rotas
- Factor de carga 1.6 Kg/Tn.
- Eficiencia de voladura 90 %
- Explosivo utilizado 62.4 Kg.
- Dilución del mineral 75 %
- Corona y cajas inestables

Potencia de Veta: 0.40 m.

- Sección del sub nivel 7' x 8' (2.1 x 2.4m)
- Densidad del mineral 3.6 gr./cm³
- La longitud de perforación es 8'
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.
- Voladura de toda la sección

Resultados

- 39 toneladas rotas
- Factor de carga 1.6 Kg/Tn.
- Eficiencia de voladura 90 %
- Explosivo utilizado 62.4 Kg.
- Dilución del mineral 70 %
- Corona y cajas inestables

Potencia de Veta: 0.45 m.

- Sección del sub nivel 7' x 8' (2.1 x 2.4m)
- Densidad del mineral 3.6 gr./cm³

- La longitud de perforación es 8´
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.
- Voladura de toda la sección

Resultados

- 39 toneladas rotas
- Factor de carga 1.6 Kg/Tn.
- Eficiencia de voladura 90 %
- Explosivo utilizado 62.4 Kg.
- Dilución del mineral 65 %
- Corona y cajas inestables

Potencia de Veta: 0.50 m.

- Sección del sub nivel 7' x 8' (2.1 x 2.4m)
- Densidad del mineral 3.6 gr./cm³
- La longitud de perforación es 8´
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.
- Voladura de toda la sección

Resultados

- 39 toneladas rotas
- Factor de carga 1.6 Kg/Tn.
- Eficiencia de voladura 90 %
- Explosivo utilizado 62.4 Kg.
- Dilución del mineral 60 %
- Corona y cajas inestables

b. Método de Avance Selectivo

El método selectivo consiste primero en la perforación y voladura solamente de la veta, para la voladura se utiliza dinamita del 65%; luego el mineral se limpia con la wincha, seguidamente se realiza la perforación y voladura de la sección completa de 2.1 m. x 2.4 m., para la voladura se utiliza dinamita del 45%; el material fragmentado sirve como relleno; el ciclo continuo con la limpieza del material estéril, finalmente el sostenimiento. Como resultado se tiene:

Características Generales de la Veta

- Sección del sub nivel 7' x 8' (2.1 x 2.4m)
- Densidad del mineral 3.6 gr./cm³
- GSI 47
- RQD 55,6 %
- Resistencia a la compresión 56.72 MPa.
- La longitud de perforación es 8'
- Dirección: Siguiendo el rumbo de la veta.
- Voladura Primero la potencia de la veta, luego las cajas

Resultados veta 0.20 m.

- 41.37 toneladas rotas
- Factor de carga 1.23 Kg./Tn.
- Eficiencia de voladura 95 %
- Consumo de explosivo 50.88 kg./disparo
- Dilución del mineral 4 %
- Corona y cajas más estables

Resultados veta 0.25 m.

- 41.37 toneladas rotas
- Factor de carga 1.25 Kg./Tn.
- Eficiencia de voladura 95 %
- Consumo de explosivo 51.71 kg./disparo
- Dilución del mineral 6 %
- Corona y cajas más estables

Resultados veta 0.30 m.

- 41.37 toneladas rotas
- Factor de carga 1.27 Kg./Tn.
- Eficiencia de voladura 95 %
- Consumo de explosivo 52.54 kg./disparo
- Dilución del mineral 7 %
- Corona y cajas más estables

Resultados veta 0.35 m.

- 41.37 toneladas rotas
- Factor de carga 1.29 Kg./Tn.
- Eficiencia de voladura 95 %
- Consumo de explosivo 53.37 kg./disparo
- Dilución del mineral 8 %
- Corona y cajas más estables

Resultados veta 0.40 m.

- 41.37 toneladas rotas
- Factor de carga 1.31 Kg./Tn.
- Eficiencia de voladura 95 %

- Consumo de explosivo 54.19 kg./disparo
- Dilución del mineral 8 %
- Corona y cajas más estables

Resultados veta 0.45 m.

- 41.37 toneladas rotas
- Factor de carga 1.34 Kg./Tn.
- Eficiencia de voladura 95 %
- Consumo de explosivo 55.44 kg./disparo
- Dilución del mineral 10 %
- Corona y cajas más estables

Resultados veta 0.50 m.

- 41.37 toneladas rotas
- Factor de carga 1.37 Kg./Tn.
- Eficiencia de voladura 95 %
- Consumo de explosivo 56.68 kg./disparo
- Dilución del mineral 10 %
- Corona y cajas más estables

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

El análisis e interpretación de los resultados antes y después de aplicar el método selectivo son evaluados en términos de las toneladas rotas, factor de carga, eficiencia de voladura, consumo de explosivos, dilución del mineral y estabilidad de la sección del sub nivel de la labor del nivel cinco, a continuación, se detalla.

4.2.1. Presentación de resultados

a. Avances con el Método Convencional

- 39 toneladas rotas
- Factor de carga 1.6 Kg/Tn.
- Eficiencia de voladura 90 %
- Explosivo utilizado 62.4 Kg.
- Dilución del mineral 90 %
- Corona y cajas inestables.

4.2.2. Avances con el método selectivo

En el siguiente cuadro presentamos el resumen de resultados:

Cuadro N° 1: Eficiencias del avance con sección selectiva

	PV0.20	PV0.25	PV0.30	PV0.35	PV0.40	PV0.45	PV0.50
Ton. Rotas	41.37	41.37	41.37	41.37	41.37	41.37	41.37
F.C.	1.23	1.25	1.27	1.29	1.31	1.34	1.37
Eff. Vol.	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %
Cons. Explos.	50.88	51.71	52.54	53.37	54.19	55.44	56.68
Dilución del Min.	4%	6%	7%	8%	8%	10%	10%
Perfil de la Secc.	+ estable	+ estable	+ estable	+ estable	+ estable	+ estable	+ estable

Fuente: Elaboración propia

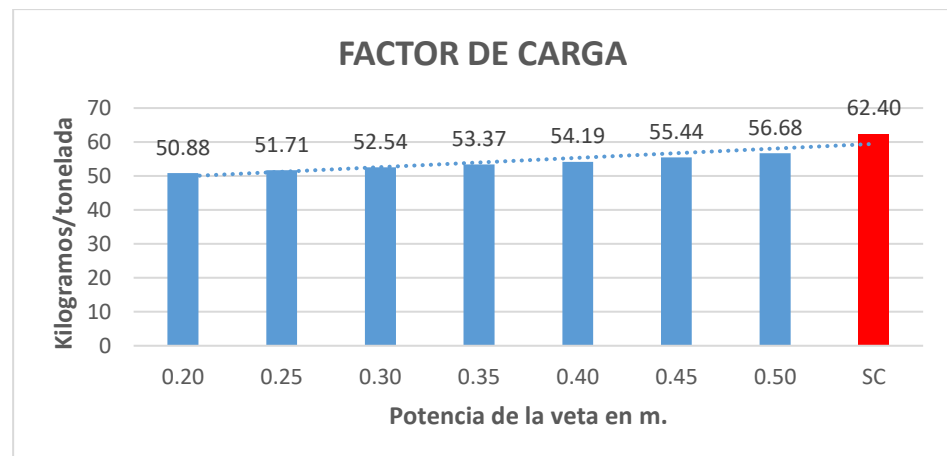
4.2.3. Análisis e interpretación de resultados

En cuanto a las toneladas rotas se puede observar que con el avance de la sección completa es de 39 Toneladas por disparo; con la aplicación del

método selectivo del avance parcial es de 41.37 toneladas por disparo. Esto es debido a que la eficiencia de voladura en el primer caso es de 90% y en el último de 95%, por tal eficiencia aumenta el tonelaje fragmentado. Así mismo de los resultados se puede notar que la estabilidad del sub nivel mejora con la voladura selectiva.

En el gráfico uno se puede observar que el factor de carga con la voladura de sección completa es mayor con un valor de 1.6 Kg./Tn. a diferencia de todas las voladuras del método selectivo, varía de 1.23 Kg./Tn a 1.37 Kg./tn.

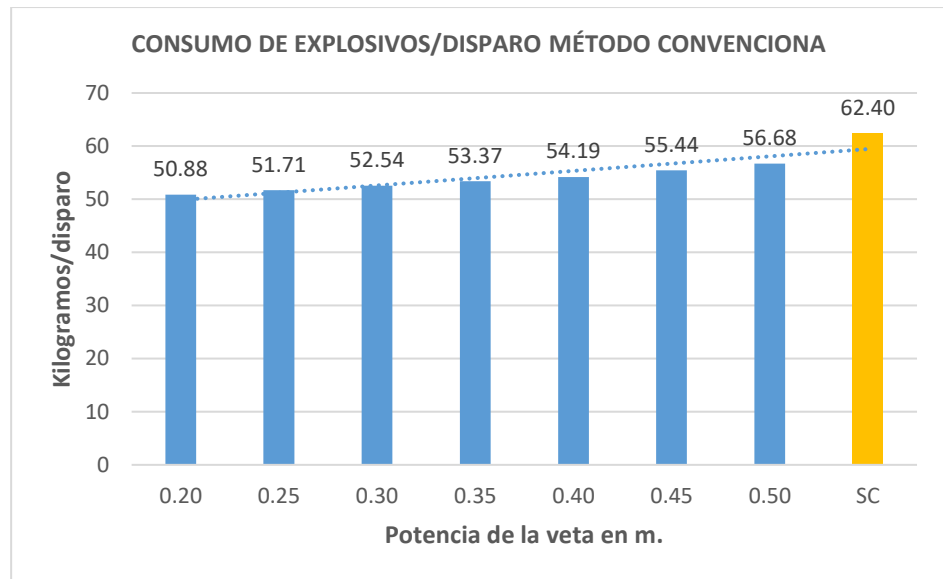
Gráfico N° 1: Comparación de métodos - Análisis e interpretación del factor de carga.



Fuente: Elaboración propia.

También se puede notar en el gráfico dos que el consumo de explosivos por disparo con voladura de sección completa es mayor con un valor de 62.4 Kg./disparo en comparación del consumo de explosivos de la voladura con el método selectivo, varía de 50.88 Kg./disparo a 56.68 Kg./disparo.

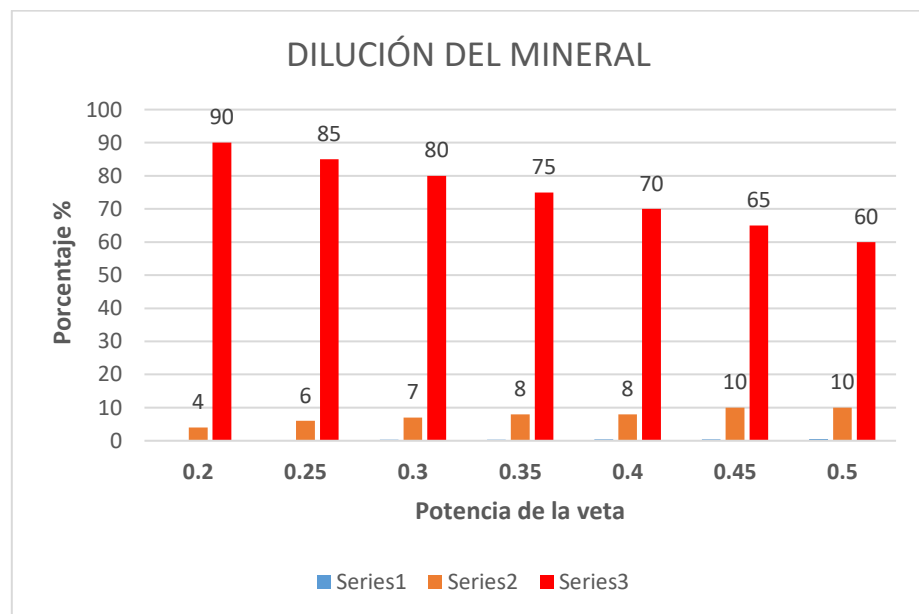
Gráfico N° 2: Análisis e interpretación del consumo de explosivos con el método de minado selectivo.



Fuente: elaboración propia

En el gráfico tres se puede observar que la dilución del mineral con la voladura de sección completa es totalmente alta varía de 90 % a 60 % y con el método selectivo es mucho menor varía de 4% a 10%.

Gráfico N° 3: Análisis e interpretación del % de dilución con el método minado selectivo.



Fuente: Elaboración propia

4.3. Prueba de hipótesis

De acuerdo a los resultados obtenidos queda demostrado que al emplear el método selectivo se obtiene notablemente una mejor productividad en la explotación de las vetas de oro en la minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad.

Así mismo queda demostrado que al aplicar un método de minado selectivo se tiene una menor dilución en la explotación de las vetas de oro en la minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad.

La segunda hipótesis específica también queda demostrada por que al evaluar el método selectivo se logra mejorar la estabilidad de las cajas en la explotación de las vetas de oro en la minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad.

4.4. Discusión de resultados

Los resultados que se han logrado son satisfactorios tanto en el control de la dilución del mineral que es mucho menor al emplear el método selectivo en comparación al método que se estuvo empleando que se tenía una alta dilución.

Así mismo se tiene resultados bastantes satisfactorios en la estabilidad de las cajas al aplicar el método selectivo ya que la voladura se realiza en dos etapas por lo que se tiene menor vibración y carga operante; a lo que no sucede con el método anterior se tiene una mayor vibración y carga operante por lo que se tiene mayor daño en las cajas de explotación de las vetas de oro de la minera Marsa.

CONCLUSIONES

1. Al emplear el método selectivo se mejora la productividad de la explotación de las vetas de la minera Marsa.
2. Al aplicar el método selectivo se disminuye notablemente la dilución de un promedio de 75 % a 8 % en la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa.
3. Al evaluar el método selectivo se puede notar que se mejora la estabilidad de las cajas en la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa.
4. Al emplear el método selectivo se disminuye el consumo de explosivo de 62.4 kilogramos por disparo a 53.33 Kilogramos por disparo en promedio.
5. Aplicando el método selectivo se mejora la eficiencia de voladura de 90% a 95%
6. Aplicando este método selectivo se logra minimizar los costos de minado de 154.75 \$/TM. a 149.12 \$/TM. Que significa un menor costo de 5.63 \$/TM. Acumulándose durante un año la suma de 135 120 \$/24 000 TM.

RECOMENDACIONES

- El empleo de este método selectivo es recomendable en vetas de potencia de 0.20 m. a 0.50 m. en los cuáles se tendrá mayor productividad. Sin embargo, este resultado es diferente cuando la potencia de la veta es mayor a 0.50 m. Por lo que se recomienda investigar hasta que potencia es factible la aplicación de este método.
- Se recomienda investigar un estudio de costos para calcular que tanto influye con la aplicación de este método selectivo, ya que no ha sido materia de esta investigación.
- Se recomienda realizar un análisis exhaustivo de la granulometría de resultados de la voladura con el método convencional y el método selectivo ya que influye en el procesamiento del mineral.
- La estabilidad de las cajas mejora con el uso del método selectivo sin embargo también se recomienda realizar una investigación referente al cambio de sostenimiento de la labor por tener cajas más estables.
- Finalmente se recomienda investigar el cambio de la malla de perforación y voladura en el empleo de este método selectivo.

BIBLIOGRAFIA

- Revista el Ingeniero de Minas del Capítulo de Ingenieros de Minas pág. (11-20) marzo abril 2009.
- "Minado por sub-niveles con taladros largos en cuerpos y *vetas*, Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. en la Unidad de Producción Uchucchacua" - Uliánov PALOMINO VALLEJO - Universidad Nacional de Huamanga.
- "Evaluación de Mallas de Extracción en Función de la Recuperación Y Dilución del Método de Explotación Sub Level Caving en La Mina Yauricocha" - Christian Erik COTRINA BARRETO – Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- "Evaluación Técnico Económica del Minado por Sub-Niveles con Taladros Largos en Mantos - en la U.E.A. Colquijirca - Sociedad Minera El Brocal S.A.A." - Raúl SULCA ROMERO - Universidad Nacional de Huamanga.
- Mark S. Diederichs and Peter K. Kaiser. "Rock Instability and Risk Analyses in Open Stope Mine Design". Canada, Geotech, 1996.
- M. Lipalile, A.W. Naismith†, and A.B. Tunono. "Geotechnical considerations in the design of the MOCB mining method at Konkola No. 3 shaft". Octubre 2005.
- Brady B.H.G & brown E.T. "Rock mechanics for Underground Mining" Third Edition Kluwer Academic Publishers – 2005.
- Brady B.H.G. & Brown E.T. "Rock Mechanics for Underground Mining" Third Edition Kluwer Acadmic Publishers –2005.
- DCR Ingenieros S.R.Ltda. "Informe de Estudio Geomecánico para el Minado de Marcapunta Norte – Mina Colquijirca. Setiembre del 2008.
- Esterhuizen G.S. "Evaluation of the strength of slender pillars" National Intitute for Ocupational Safety and Health (NIOSH, PA.). Pennsylvania 1999.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA.


“MINADO SELECTIVO PARA EXPLOTAR VETAS ANGOSTAS DE ORO EN LA MINERA MARSAS S.A. PATAZ – REGION LA LIBERTAD”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo podemos emplear un método de minado selectivo para la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa?</p>	<p>Objetivos Generales</p> <p>Emplear un método selectivo para la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Si se emplea un método selectivo entonces se tendrá mayor productividad en la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>X: Empleo del Método selectivo en la minera Marsa.</p> <p>Variables Dependientes</p> <p>Y: Explotación de las vetas de oro en la minera Marsa.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>a) ¿Aplicando un método de minado selectivo se podrá minimizar la dilución del mineral en la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa?</p> <p>b) ¿Al evaluar un método de minado selectivo lograremos mejorar la estabilidad de cajas en la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>a) Aplicar un método selectivo para minimizar la dilución en la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa.</p> <p>b) Evaluar el método de minado selectivo para mejorar la estabilidad de las cajas en la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa.</p>	<p>Hipótesis Específicos</p> <p>a) Sí se aplica un método de minado selectivo se tendrá menor dilución en la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa.</p> <p>b) Al Evaluar el método selectivo entonces se logrará mejorar la estabilidad de las cajas en la explotación de las vetas de oro de la minera Marsa.</p>	

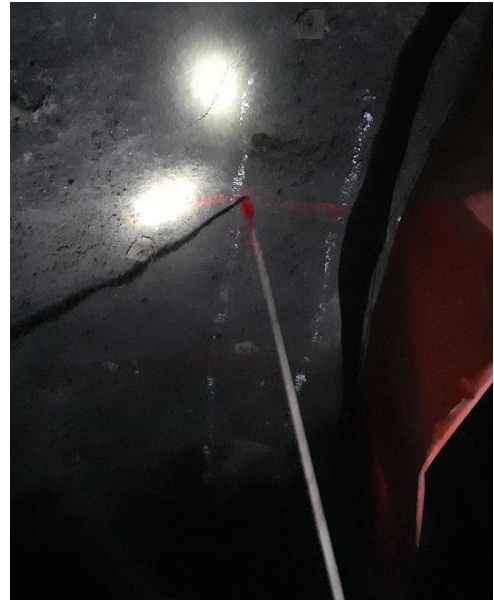
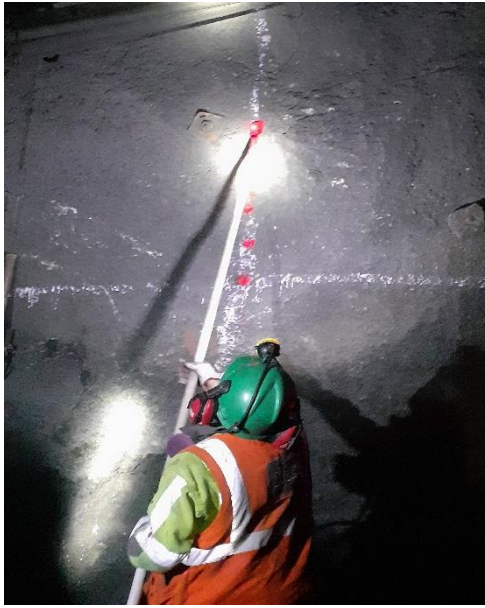
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla de Clasificación Geo mecánica

TIPO	MACIZO ROCOSO	CLASE	COLOR	R.M.R.	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACIONES DE ROCA	TIEMPO DE AUTOSOPORT
II	BUENA - A	II-A		71 - 80	Roca dura y masiva con ligera alteración, seco.	No requiere soporte	Mas de 1 Año
	BUENA - B	II-B		61 - 70	Roca dura con muy pocas fracturas y ligera alteración, húmedo en algunos casos.	Pernos Helicoidales Ocasionales de 6'	4 Meses.
III	REGULAR - A	III-A		51 - 60	Roca medianamente dura, con regular cantidad de fracturas, ligeramente alterada, húmeda.	Empicado sistemático zonal, espaciados a 1.2 x 1.2 m.	20 Dias.
	REGULAR - B	III-B		41 - 50	Roca medianamente dura, con regular cantidad de fracturas, y con presencia de algunas fallas menores, ligera a moderada alteración, húmedo a mojado.	Pernos sistemáticos de 0.9 x 1.1 m. de 6' de longitud mas malla electrosoldada 2"x 2".	1.5 Semana.
IV	MALA - A	IV-A		31 - 40	Roca suave muy fracturada, con algunas fallas panizadas de moderada a fuerte alteración, con goteo en fracturas y fallas.	Pernos sistemáticos de 0.9 x 1.1 m. de 6' de longitud mas una capa de shotcrete de 2" con fibra metálica 30kg.	2 Dia.
	MALA - B	IV-B		21 - 30	Roca suave muy fracturada, con multiples fallas panizadas, fuertemente alteradas, con goteo o flujo constante de agua.	Pernos sistemáticos de 0.9 x 1.1 m. mas shotcrete de 2.5" reforzado con malla electrosoldada de 4" x 4".	12 Horas.
V	MUY - MALA	V		0 - 20	Roca muy suave, intensamente fraturada, fallada y alterada, con flujo continuo de agua.	Combras Metálicas viga tipo H 4", espaciadas entre 1 a 1.2 m. y micropilotes en la corona si es requerido.	Inmediato.

TIPO DE ROCA		RMR BIENIAWSKI	DESCRIPCIÓN DE LA ROCA	FIGURA RELACIONADA
TIPO	COLOR			
II	II-A	71 - 80	BUENA "A"	
	II-B	61 - 70	BUENA "B"	
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"	
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"	
IV	IV-A	31 - 40	MALA "A"	
	IV-B	21 - 30	MALA "B"	
V	V-A	0 - 20	MUY MALA	

Pintado de los puntos a perforar, ejes, así como el baricentro respectivo de la veta



Verificación de paralelismo en los taladros

