

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación técnica económica de la veta Milagros para  
la aplicación del método de minado Bench and Fill,  
Unidad Minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.**

Elias Curiñaupa Quispe  
Charles Leonardo Quispe Cristobal

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **ASESOR**

Ing. Jesús Fernando Martínez Idefonso

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios, por habernos dado una segunda oportunidad de vida para poder cumplir este objetivo profesional.

A nuestros padres, por habernos formado íntegramente, por sus enseñanzas y recomendaciones para formarnos como profesionales.

A la universidad Continental, por habernos dado la oportunidad de formarnos en sus aulas.

A los catedráticos de la EAP de Ingeniería de Minas, por habernos transmitido sus conocimientos para nuestra formación profesional.

## **DEDICATORIA**

Yo, Elías, le dedico esta tesis a mis padres: Juan Curiñaupa Jorge, y Manuela Quispe Chumbes.

Yo, Charles, le dedico esta tesis a mis padres: Fortunato Quispe Arias y Asenciona Cristóbal Chihuán, y a mi esposa Rosmery Portal Ugarte.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	I
ASESOR .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	15
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	15
1.1.1 Planteamiento del problema .....	15
1.1.2 Formulación del problema .....	16
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo general .....	17
1.2.2 Objetivos específicos .....	17
1.3 Justificación e importancia .....	17
1.3.1 Justificación práctica.....	17
1.3.2 Justificación teórica .....	17
1.3.3 Justificación metodológica .....	18
1.4 Hipótesis.....	18
1.4.1 Hipótesis general .....	18
1.4.2 Hipótesis específicas .....	18
1.5 Identificación de variables.....	18
1.5.1 Variable independiente .....	18
1.5.2 Variable dependiente .....	18
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables .....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes del problema .....	20
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	20

2.2 Descripción de la unidad minera Parcoy - Consorcio Minero Horizonte S. A. ....	24
2.2.1 Ubicación de la unidad minera Parcoy.....	24
2.2.2 Accesibilidad de la unidad minera Parcoy.....	24
2.2.3 Geología regional .....	25
2.2.4 Geología estructural .....	26
2.2.5 Geología local.....	27
2.2.6 Geología económica.....	27
2.3 Bases teóricas .....	29
2.3.1 Método de minado, sub level stopping variante <i>bench and fill</i> , en la unidad minera Parcoy .....	29
<b>CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>38</b>
3.1 Método y alcances de la investigación.....	38
3.1.1 Métodos de la investigación.....	38
3.1.2 Alcances de la investigación .....	38
3.2 Diseño de la investigación .....	39
3.3 Población y muestra .....	39
3.3.1 Población.....	39
3.3.2 Muestra .....	39
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	39
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos .....	39
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos .....	39
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
4.1 Evaluación técnica económica de la veta Milagros para la aplicación del método de minado, <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.....	40
4.1.1 Ubicación para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy .....	40
4.1.2 Planificación para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy .....	43
4.1.3 Diseño de malla de perforación y voladura para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy .....	46

4.1.4 Carguío de los explosivos en el diseño de malla de perforación y voladura para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy .....	54
4.2 Evaluación de los costos unitarios de operacionales de la veta Milagros para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.....	65
4.2.1 Análisis de los precios unitarios de la perforación y voladura del Slot taladros largos para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A .....	66
4.2.2 Análisis de los precios unitarios de la perforación y voladura de los taladros de producción para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.....	68
CONCLUSIONES .....	70
RECOMENDACIONES .....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
ANEXOS .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....	19
Tabla 2. Ubicación y accesibilidad unidad minera Parcoy .....	24
Tabla 3. Parámetros geológicos .....	43
Tabla 4. Características geomecánicas.....	44
Tabla 5. Propiedades físicas del macizo rocoso.....	44
Tabla 6. Parámetros de perforación para el método de minado bench and fill .....	45
Tabla 7. Parámetros del explosivo para la voladura .....	46
Tabla 8. Cálculo de burden y espaciamiento.....	47
Tabla 9. Cálculos de la eficiencia, el volumen rota, el tonelaje roto, el factor de carga y el factor de potencia .....	55
Tabla 10. Cálculos del factor de carga y el factor de potencia para los taladros del Slot VCR.....	60
Tabla 11. Recursos requeridos en función al personal.....	65
Tabla 12. Recursos requeridos en función a los explosivos .....	65
Tabla 13. Recursos requeridos en función a la instrumentación .....	65
Tabla 14. Recursos requeridos en función a los equipos .....	66
Tabla 15. Recursos requeridos en función a los aceros de perforación .....	66
Tabla 16. Recursos requeridos en función a los materiales .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera Parcoy .....	25
Figura 2. Sistema de vetas de la unidad minera Parcoy.....	30
Figura 3. Minado por taladros largos (bench and fill) de la galería 872 N superior y la galería 3325 inferior .....	31
Figura 4. Deficiencia en el sostenimiento oportuno del tajo en el método de minado por taladros largos .....	32
Figura 5. Diseño de la cantidad de taladros ejecutados .....	33
Figura 6. Mejora de la perforación de dos factores externos e internos .....	34
Figura 7. Desviación del taladro en función al varillaje de extensión usado comúnmente.....	34
Figura 8. Ejecución del Slot.....	35
Figura 9. Limpieza del Slot.....	35
Figura 10. Ejecución de filas de producción .....	36
Figura 11. Limpieza de mineral .....	36
Figura 12. Relleno del tramo explotado.....	37
Figura 13. Nuevo tramo de explotación.....	37
Figura 14. Zona propuesta desde el Nv 2165 hasta el Nv 2400 veta Milagros para la aplicación del método de minado, bench and fill, unidad minera Parcoy .....	41
Figura 15. Plano isométrico del Nv 2165 hasta el Nv 2400 veta Milagros - método de minado, bench and fill, unidad minera Parcoy.....	42
Figura 16. Representación de la incidencia de cálculo del burden y espaciamiento con los modelos matemáticos. ....	47
Figura 17. Diseño de malla de perforación en los taladros de producción.....	49
Figura 18. Diseño de malla de perforación en los taladros de producción.....	49
Figura 19. Perforación de los taladros largos para el minado bench and fill .....	50
Figura 20. Diseño de malla de perforación del Slot VCR.....	50
Figura 21. Diseño de malla de perforación del Slot VCR.....	51
Figura 22. Perforación de los taladros del Slot VCR para el minado bench and fill .....	51

Figura 23. Herramientas de perforación para los taladros largos del método de minado bench and fill .....	52
Figura 24. Diseño de carguío de los taladros de producción .....	54
Figura 25. Estructura del carguío de los taladros de producción .....	55
Figura 26. Diseño de malla de perforación y voladura para los taladros de producción.....	57
Figura 27. Carguío de explosivos en la veta Milagros in situ de los taladros de producción .....	57
Figura 28: Disparo realizado en la veta Milagros in situ de los taladros de producción.....	58
Figura 29. Diseño de carguío de los taladros del Slot VCR.....	58
Figura 30. Estructura del carguío de los taladros del Slot VCR .....	59
Figura 31. Marcado del diseño de malla de perforación y voladura carguío en campo in situ de los taladros del Slot VCR .....	61
Figura 32. Carguío en campo in situ de los taladros del Slot VCR .....	61
Figura 33. Voladura de los taladros del Slot VCR del diseño de malla de perforación y voladura .....	62
Figura 34. Características técnicas del explosivo Emulex 80 .....	62
Figura 35. Encebado con el explosivo Emulex 80 .....	63
Figura 36. Velocidad de detonación del explosivo Emulex 80.....	63
Figura 37. Fragmentación del mineral tras el disparo y el uso del explosivo Emulex 80 en el Tajeo 33225 .....	64
Figura 38. Costo por tonelada de la operación unitaria de perforación, voladura y limpieza para el Slot VCR .....	67
Figura 39. Costo por tonelada de la operación unitaria de perforación, voladura y limpieza para los taladros de producción. ....	68

## RESUMEN

En la actualidad, en la unidad minera Parcoy se encuentran minando en vetas angostas y se requiere incrementar la producción para obtener más rentabilidad, por ello en esta investigación se realizará un análisis de diseño para la aplicación del método de minado *bench and fill*, buscando la eficiencia y eficacia en las operaciones unitarias de perforación como en la voladura, transporte y relleno. El trabajo de perforación y voladura del macizo rocoso juega un papel importante, por lo cual es favorable un estudio detallado de la geomecánica para la elección de la columna de perforación adecuada, en dicho estudio está incluido el equipo de perforación como la broca que se va utilizar y los explosivos y accesorios a emplear en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

El estudio geomecánico del macizo rocoso nos da como resultado un tipo de roca con densidad  $2.6 \text{ gr/m}^3$  y la resistencia a la compresión es de 60 Mpa. En promedio se toma los parámetros geomecánicos en mineral, ya que la perforación y voladura a realizar son de este material. También ayudó a determinar la altura del banco que es de 8 metros, al igual que la perforación que tiene la misma longitud.

Para una sección de  $1.8 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 8 \text{ m}$  se tiene, en promedio de los cuatro disparos realizados, un volumen roto de  $21.60 \text{ m}^3$ , el tonelaje roto es de 64.80 t, el factor de carga es de  $1.85 \text{ kg/m}^3$  y el factor de potencia es de  $0.62 \text{ kg/t}$ , en los taladros de producción. Estos resultados son muy aceptables para el disparo.

En cuanto al factor de carga y factor de potencia para los taladros del Slot VCR se tiene que el segundo es de  $2.52 \text{ kg/t}$  y el primero es de  $7.53 \text{ kg/m}^3$ . El costo por tonelada de la perforación, voladura y limpieza para realizar la cara libre, o también llamado Slot VCR, es de  $12.21 \text{ \$/t}$ ; es decir, para esta operación nos llevaría un costo de 12.21 dólares por cada tonelada que se va extraer y en los taladros de producción es de  $6.98 \text{ \$/t}$ ; es decir, para esta operación nos llevaría un costo de 6.98 dólares por cada tonelada que se va extraer.

**Palabras clave:** evaluación técnica económica de la veta Milagros

## ABSTRACT

At the Parcoy mining unit, currently mining in narrow veins, it is required to increase production to obtain more profitability, therefore in this research a design analysis will be carried out for the application of the Bench and Fill mining method, looking for efficiency and effectiveness in the unit operations of drilling, blasting, transport and backfill, the work of drilling and blasting of the rock mass plays an important role for which, it is favorable a detailed study of the geomechanics for the choice of the appropriate drill column, in this study is included the drilling equipment such as the drill bit to be used and the explosives and accessories to be used in the mining unit Parcoy Consorcio Minero Horizonte S. A.

The geomechanical study of the rock mass gives us as a result a type of rock with density  $2.6 \text{ gr/m}^3$  and the resistance to compression is 60 Mpa on average, the geomechanical parameters are taken in mineral since the drilling and blasting to be performed are in mineral respectively. It also helped to determine the height of the bench which is 8 meters, as well as the drilling is also the same length.

For a section of  $1.8 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ , we have an average of the four shots performed, a broken volume of  $21.60 \text{ m}^3$ , the broken tonnage is 64.80 ton, the load factor is  $1.85 \text{ kg/m}^3$  and the power factor is  $0.62 \text{ Kg/ton}$ , in the production holes. These are very acceptable results for the shot.

The load factor and power factor for the Slot VCR drills, the power factor is  $2.52 \text{ kg/ton}$  and the load factor is  $7.53 \text{ kg/m}^3$ .

The cost per ton of drilling, blasting and cleaning to perform the free face or also called Slot VCR, is  $12.21 \text{ US\$/ton}$ , that is to say for this operation it would cost us 12.21 dollars for each ton to be extracted and in the production drills it is  $6.98 \text{ US\$/ton}$ , that is to say for this operation it would cost us 6.98 dollars for each ton to be extracted.

**Key words:** Technical economic evaluation of the Milagros vein.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las empresas mineras en el Perú han cambiado sus métodos de minado a fin de incrementar sus producciones de mineral para ser más competitivos en el mercado. Con la caída del precio de los metales en el 2012, se tuvo grandes avances en el cambio de método de gran volumen a fin de mitigar los costos de operación. En la actualidad, se viene aplicando el cambio de método de minado de manera eficiente ya que se tiene un amplio conocimiento y la correlación de la aplicación del método de minado a otras unidades.

Para la evaluación técnica económica de la aplicación del método de minado *bench and fill* es importante hacer un análisis de las empresas aledañas en la aplicación de este cambio; así como de como los parámetros realizados a fin de compararlos. A este proceso, se le llama benchmarking o punto de referencia en español. La elección del método adecuado de explotación de un yacimiento mineralizado es una tarea importante porque está asociada a mejorar la seguridad, productividad, selectividad, mejoras en el proceso, disminución de costos, etc.

En la actualidad, en la unidad minera Parcoy se encuentran minando en vetas angostas y se requiere incrementar la producción para obtener más rentabilidad, por ello en esta investigación se realizará un análisis de diseño para la aplicación del método de minado *bench and fill*, buscando la eficiencias y eficacia en las operaciones unitarias de perforación como en la voladura, transporte y relleno. El trabajo de perforación y voladura del macizo rocoso juega un papel importante, por lo cual es favorable un estudio detallado de la geomecánica para la elección de la columna de perforación adecuada, en dicho estudio está incluido el equipo de perforación como la broca que se va utilizar y los explosivos y accesorios a emplear en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

El costo por tonelada de la perforación, voladura y limpieza para realizar la cara libre o también llamado Slot VCR es de 12.21 \$/t; es decir, para esta operación nos llevaría un costo de 12.21 dólares por cada tonelada que se va extraer y en los taladros de producción es de 6.98 \$/t; es decir, para esta operación nos llevaría un costo de 6.98 dólares por cada tonelada que se va extraer.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

En la actualidad, las empresas mineras en todo el mundo buscan aumentar la producción de mineral por medio de nuevas alternativas de explotación que ayuden a cubrir dicha necesidad. Para justificar la rentabilidad del proyecto que permita crecer como empresa minera y para aplicar un método de minado, se debe evaluar la veta en la cual se va a desarrollar el método y su factibilidad por medio de parámetros técnicos como la geometría del cuerpo, geología estructural, geomecánica competencias de la roca, zonificación de las leyes, flexibilidad operacional, costos de operación recuperación de reservas, tiempos de preparación, rendimientos y productividad entre otros.

En los últimos años, las empresas mineras en el Perú han cambiado sus métodos de minado a fin de incrementar sus producciones de mineral para ser más competitivos en el mercado. Con la caída del precio de los metales en el 2012, se tuvo grandes avances en el cambio de método de gran volumen a fin de mitigar los costos de operación. En la actualidad, se viene aplicando el cambio de método de minado de manera eficiente ya que se tiene un amplio conocimiento y la correlación de la aplicación del método de minado a otras unidades.

Para la evaluación técnica económica de la aplicación del método de minado *bench and fill* es importante hacer un análisis de las empresas aledañas en la aplicación de este cambio; así como de como los parámetros realizados a fin de compararlos. A este proceso, se le llama benchmarking o punto de referencia en español. La elección del método adecuado de explotación de un yacimiento mineralizado es una tarea importante porque está asociada a mejorar la seguridad, productividad, selectividad, mejoras en el proceso, disminución de costos, etc.

En la actualidad, en la unidad minera Parcoy se encuentran minando en vetas angostas y se requiere incrementar la producción para obtener más rentabilidad, por ello en esta investigación se realizará un análisis de diseño para la aplicación del método de minado *bench and fill*, buscando la eficiencias y eficacia en las operaciones unitarias de perforación como en la voladura, transporte y relleno. El trabajo de perforación y voladura del macizo rocoso juega un papel importante, por lo cual es favorable un estudio detallado de la geomecánica para la elección de la columna de perforación adecuada, en dicho estudio está incluido el equipo de perforación como la broca que se va utilizar y los explosivos y accesorios a emplear en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo influye la evaluación técnica económica de la veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo influye los parámetros de perforación y voladura de la veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?
- ¿Cómo influye los costos unitarios operacionales de la veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Realizar la evaluación técnica económica de la veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros de perforación y voladura de la veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.
- Evaluar los costos unitarios operacionales de la veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

## **1.3 Justificación e importancia**

### **1.3.1 Justificación práctica**

Para la evaluación técnica económica de la aplicación del método de minado *bench and fill* es importante hacer un análisis de las empresas aledañas en la aplicación de este cambio; así como de como los parámetros realizados a fin de compararlos. A este proceso, se le llama benchmarking o punto de referencia en español. La elección del método adecuado de explotación de un yacimiento mineralizado es una tarea importante porque está asociada a mejorar la seguridad, productividad, selectividad, mejoras en el proceso, disminución de costos, etc.

### **1.3.2 Justificación teórica**

Esta investigación realizará un análisis de diseño para la aplicación del método de minado *bench and fill*, buscando la eficiencias y eficacia en las operaciones unitarias de perforación y voladura, el trabajo de perforación y voladura del macizo rocoso, con un estudio detallado de la geomecánica para la elección de la columna de perforación. En dicho estudio está incluido el equipo de perforación como la broca que se va utilizar y los explosivos e

accesorios a emplear en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

### **1.3.3 Justificación metodológica**

La evaluación técnica y económica del método de minado *bench and fill* incluye un análisis de las empresas aledañas en la aplicación de este cambio; así como los parámetros realizados a fin de compararlos, a este proceso se le llama benchmarking o punto de referencia en español. La elección del método adecuado de explotación de un yacimiento mineralizado es una tarea importante porque está asociada a mejorar la seguridad, productividad, selectividad, mejoras en el proceso, disminución de costos.

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis general**

La evaluación técnica económica de la veta Milagros es factible y viable para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- La evaluación de los parámetros de perforación y voladura de la veta Milagros es factible para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.
- La evaluación de los costos unitarios operacionales de la veta Milagros es factible y viable para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

## **1.5 Identificación de variables**

### **1.5.1 Variable independiente**

La evaluación técnica económica de la veta Milagros

### **1.5.2 Variable dependiente**

Aplicación del método de minado *bench and fill*.

### 1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Evaluación técnica económica de la veta milagros para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A

**Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables**

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I.: La evaluación técnica económica de la veta Milagros	Es el estudio cuerpo mineralizado a fin de conocer la ley del mineral, las condiciones geológicas, geomecánica del macizo rocoso y con ello ver la factibilidad del método de minado a desarrollarse para este cuerpo mineralizado.	Análisis de la caracterización del macizo rocoso.  Análisis económico de la Veta Milagros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índices RMR,</li> <li>• RQD</li> <li>• Q del macizo rocoso</li> <li>• Factor de seguridad</li> <li>• Familias de discontinuidades</li> <li>• Parámetros de las discontinuidades</li> <li>• Ley mineral</li> <li>• Valor del mineral</li> </ul>
V.D.: Aplicación del método de minado <i>bench and fill</i>	Es la ejecución del método de minado <i>bench and fill</i> , la explotación es de forma masiva variante del método de minado corte y relleno <i>sublevel stoping</i> , la perforación se realizada de nivel superior a nivel inferior de forma positiva y negativa, con jumbos radiales electrohidráulicos e híbridos.	Evaluación y medición de los costos unitarios operacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de perforación</li> <li>• Costos de voladura</li> <li>• Costo de servicios auxiliares</li> <li>• Costo de limpieza y relleno</li> <li>• Costo de desarrollo</li> <li>• Costos en preparación</li> </ul>

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

##### **2.1.1 Antecedentes nacionales**

a) Tesis titulada: *"Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos en la U.E.A. Recuperada de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A."*. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para realizar la optimización de la producción de mineral mediante la aplicación de un método de explotación taladros largos, bajo las mismas condiciones geoeconómicas. (1).

Además, la metodología tiene las siguientes características (1):

- ✓ Se optimiza la producción de mineral, bajo las mismas condiciones geoeconómicas, mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos, en mina Recuperada, ya que el tajeo 775 de la Veta Leticia posee características geométricas y geomecánicas favorables. (1)
  
- ✓ Con los indicadores más relevantes, que se muestran en la tabla y con los existentes factores geológicos y geomecánicos del yacimiento mineral, si se puede aplicar el método de explotación tajeo por subniveles taladros largos. (1)

- ✓ Se optimiza la producción de mineral al aplicar el método de explotación tajeo por subniveles taladros largos, esto es corroborado con el análisis económico. El Valor Presente Neto del proyecto usando Taladros Largos es 2'050,260.0 US \$ mayor que usando el método de corte y relleno pues el volumen de producción mensual es mayor y menor el período de explotación. Bajo condiciones metalúrgicas y precio del metal Ag, Zn y Pb, la ley mínima de corte es 6.4508 Oz Ag/TCS. (1)
  
- b) Tesis titulada: "*Diseño e implementación del método de explotación bench and fill stoping en vetas angostas tipo rosario, para incrementar la producción – Minera Chalhuané S.A.C*", realizado en la escuela académica profesional de ingeniería de minas de la universidad nacional de San Agustín de Arequipa. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para realizar el diseño e implementar del método de minado *bench and fill stoping* en vetas angostas tipo rosario en minera Chalhuané (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2):
  - ✓ Los resultados obtenidos durante el diseño y aplicación del método *bench and fill*, señalan que se incrementó la producción del Tj 460 de 960 ton al mes a 6000 t, dando como resultado la vida del tajo de 3 meses, reduciendo el costo de producción de 62.40\$/Ton a 41.36 \$/Ton. Logrando con ello la viabilidad de implementar este método en la explotación de vetas angostas en Minera Chalhuané S.A.C". (2).
  
  - ✓ El costo de inversión del método de explotación *bench and fill stoping* en vetas angostas es equivalente a 744 678.53 \$, el cual es menor que el proyectado por el método de explotación *cut and fill* (1 276 705.19 \$), resultando ser el más económico en la mayoría de las operaciones. (2).
  
- c) Tesis titulada: "*Aplicación del método de explotación por taladros largos en veta Virginia de la unidad San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A.*". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar las características geomecánicas del macizo rocoso y la geometría del depósito mineral para la aplicación el método de

explotación por taladros largos en veta Virginia de la Unidad San Cristóbal de la Compañía Minera Volcan S.A.A.. (3)

Además, la metodología tiene las siguientes características: (3)

- ✓ Las propiedades físicas de la roca intacta, densidad 2,45 t/m<sup>3</sup>, Peso específico 24,01 KN/ m<sup>3</sup>, Densidad mena 3,09 t/m<sup>3</sup>. (3)
  
- ✓ Peso específico de la mena 29,596 KN/m<sup>3</sup>, propiedades mecánicas de roca intacta, resistencia compresiva uniaxial método destructivo (laboratorio), RCU (filita silisificada) es 62,15 MPa, la RCU (filita cloritizada) es 61,41 Mpa. (3)
  
- ✓ La resistencia compresiva uniaxial método no destructivo (esclerómetro), RCU de roca es 72,06 Mpa y la RCU de mena es 94,19 Mpa; con RMR corregido de 54, Tipo de roca III, de calidad Regular o media en nivel 920 - 1020, subnivel 308 - 2, el RMR de caja techo y piso es 47 y el RMR de mena es 41 evaluados en siete sub niveles. (3)
  
- ✓ La geometría del depósito mineral es tipo irregular, la potencia promedio de la veta es de 3,017 m y el ancho de minado 3,08 a 4,00 m con variaciones significativas, presentado potencias de 2,85m hasta 3,00 m; de acuerdo a la evaluación realizada se observa un incremento en la potencia hacia la profundización, con buzamiento máximo de 75° SE Y buzamiento mínimo de 59° SE, dirección de Buzamiento máximo 142 y dirección de buzamiento mínimo de 121, estructura litológica variada en una dirección de excavación de N42° E. (3)

d) Tesis titulada: “*Proyecto de incremento de la producción de 1200 tmd a 2000 tmd mediante el método sublevel open stoping y bench & fill en la U.E.A. Contonga S.A.*” El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para analizar de qué manera el sistema de minado propuesto incrementará la producción diaria incluyendo la capacidad instalado de la planta de tratamiento en la unidad minera Contonga. (4). Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- ✓ Las reservas y recursos minerales calculados hasta el momento, aseguran la vida de la mina para los próximos 18 meses. Las ejecuciones de taladros diamantinos podrían confirmar el crecimiento de las reservas. (4).
  - ✓ La entrada en operación del método de taladros largos significa un considerable aumento en cuanto a la producción, incrementando del volumen inicial de 1200 TMD a 2000 TMD. (4)
  - ✓ El método de minado más adecuado es el de corte y relleno; debido principalmente, a que se tiene una mayor selectividad, aspecto fundamental dada la potencia de las vetas en mina. (4)
  - ✓ Es fundamental para llegar a cubrir el programa establecido el correcto seguimiento de las etapas del ciclo de minado, logrando mejorar la eficiencia en los procesos unitarios respectivos. (4)
- e) Tesis titulada: *“Implicancia de la aplicación del método de explotación bench and fill en la reducción de costos de perforación y voladura en el Tj 024 de la Veta Socorro en la unidad minera Uchucchacua, Oyón-Lima”*. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para reducir los costos de perforación y voladura aplicando el método *bench and fill* en el tajo 024 de la veta Socorro en la unidad minera Uchucchacua. (5).
- Además, la metodología tiene las siguientes características (5):
- ✓ El costo total de perforación y voladura para la explotación por el método *bench and fill* es de 5.27. El costo total de perforación y voladura para la explotación por el método de corte y relleno es 10.38. Con lo cual se llega a la conclusión que los costos de perforación y voladura son 52.27 % menores para el método de explotación *bench and fill* que los costos de perforación y voladura por corte y relleno. (5)
  - ✓ El análisis de costos del método de explotación *cut and fill* se determinó que el costo unitario en \$/t totales de perforación y voladura es 10.81\$/t. (5)
  - ✓ El análisis de costos del método de explotación Cut and Fill se determinó que el costo unitario en \$/t totales de perforación y voladura es 5.27\$/t. (5)

- ✓ El costo total unitario para perforación y voladura por el método de explotación *cut and fill* es de 10.81\$/t y el costo total unitario para perforación y voladura por el método de explotación *bench and fill* es de 5.27 \$/t de lo cual se concluye que los costos de perforación y voladura por el método *bench and fill* son prácticamente la mitad de los costos de perforación y voladura por el método *cut and fill*. (5)

## 2.2 Descripción de la unidad minera Parcoy - Consorcio Minero Horizonte S. A.

### 2.2.1 Ubicación de la unidad minera Parcoy

La unidad minera Parcoy se ubica en el distrito minero de Parcoy perteneciente a la provincia de Pataz, departamento de la Libertad, sus coordenadas geográficas son:

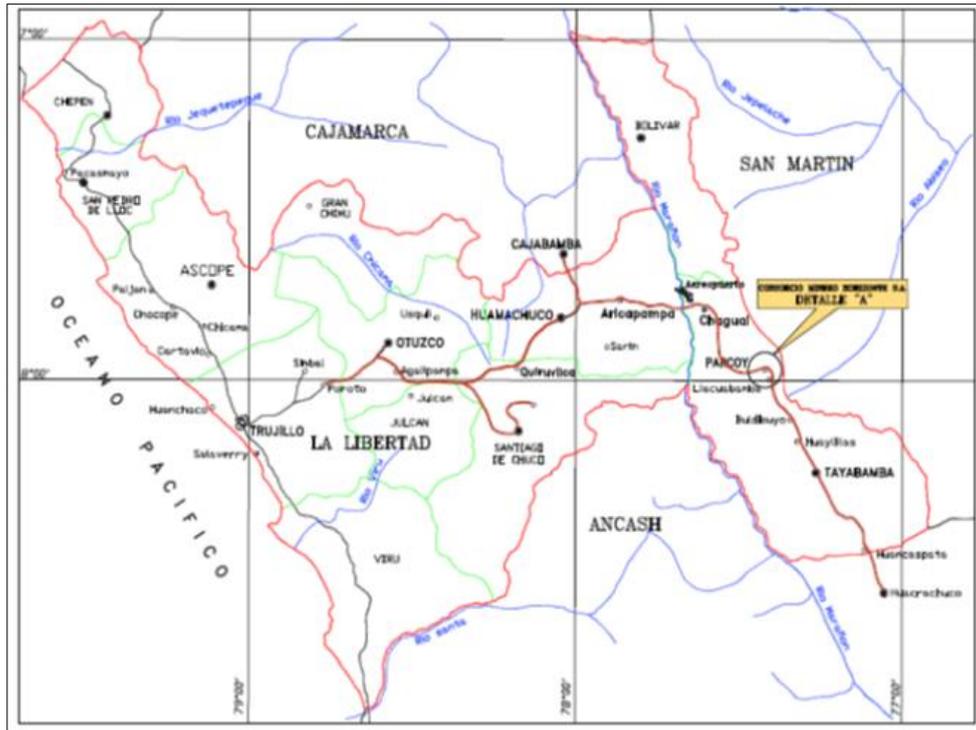
- 77° 36' Longitud Oeste. (6).
- 08° 00' Latitud Sur. (6).

A una altitud de 2600 a 4100 m s. n. m.

### 2.2.2 Accesibilidad de la unidad minera Parcoy

**Tabla 2. Ubicación y accesibilidad unidad minera Parcoy**

Ruta 1	Distancia (km)	Vía aérea	Tiempo aproximado (h)
Lima al aeropuerto de Pías	400	Aeropuerto Jorge Chávez hasta de la ciudad de Lima vía aérea hasta al aeropuerto de Pías.	1 hora y 20 minutos.
Ruta 2	Distancia (km)	Vía terrestre	Tiempo aproximado (h)
Lima a la ciudad de Chagual	802	De la ciudad de Lima por la carretera afirmada	17 horas
De la ciudad de Chagual a Parcoy	60	De la ciudad de Chagual por la carretera afirmada y trocha hasta llegar a unidad minera Parcoy	2 horas



**Figura 1. Ubicación y accesibilidad de la unidad minera Parcoy  
Tomado de unidad minera Parcoy (6)**

### 2.2.3 Geología regional

- **Geomorfología**

Fisiográficamente, el yacimiento se encuentra en el flanco occidental de la cordillera central, en la unidad de valles interandinos, según Wilson (1,964), se observan valles agudos y quebradas profundas que se han formado por la erosión glaciaria y fluvial, las que están en procesos de estabilización. (7)

El drenaje principal está conformado por el río Parcoy, que drena hacia el noreste, pasando por la laguna Pías, para luego desembocar al río Marañón, el que finalmente llega al río Amazonas. (7)

El clima de la zona es cálido a templado, hasta los 3000 m s. n. m., por encima de esta altitud el clima se torna frío. Es seco en verano (abril a octubre) y lluvioso en invierno (noviembre a marzo). (7)

- **Litología**

Regionalmente, la geología del distrito está dominada por tres franjas (fajas): El basamento Precambriano del complejo Marañón al este, el Batolito de Patate del Carbonífero, y los estratos deformados del Pérmico - Cenozoico al oeste. (7)

El complejo basal de Marañón consiste de meta sedimentos pizarrosos a esquistosos y rocas meta volcánicas y exhibe plegamiento complejo y formación de clivajes. Los estratos del Pérmico al Cenozoico están plegados en pliegues parados hasta volcados convergiendo hacia el oeste cerca del contacto con el batolito, pero más al oeste son homoclinales. (7)

La historia geológica de la región consta de eventos sedimentarios que van del Precámbrico hasta el reciente, afectados por intrusiones de diversos tipos, composiciones, así como de edades. (7)

#### **2.2.4 Geología estructural**

El distrito minero ha sido afectado por los diferentes eventos tectónicos acaecidos en los últimos 300 m. a. dando como resultado una complejidad estructural muy marcada. No presenta fuerte foliación, por lo que se supone intruyó la corteza superior en una zona extensional. Dicha zona extensional se habría reactivado subsecuentemente como consecuencia de un sistema de fallas inversas oblicuas durante la mineralización y de nuevo por fallamiento post mineralización. (7)

Las fallas, producto de los eventos tectónicos regionales, deben haber tenido un efecto en la distribución de zonas mineralizadas en el distrito de Parcoy, que incluyen fallamiento y plegamiento pre- mineral, sin-mineral y post- mineral. Los eventos pre- mineral incluyen deformación y metamorfismo en el complejo Marañón Proterozoico (la orientación estructural o direcciones de compresión no son muy reconocidas), débil acortamiento NW-SE en el Ordoviciano, acortamiento NE-SW en el Devoniano Tardío, y extensión NW-SE durante la intrusión del Batolito de Pataz en el Mississippiano (Haeberlin y Fontboté, 2002). (7)

Como en todos los sistemas de vetas, los controles estructurales de las vetas y clavos en el distrito de Parcoy son varios y complejos, de primera importancia son las fallas de primer-orden (NW-SE) huéspedes del mineral y que, probablemente controlan la inclinación general hacia el Sur de los clavos mineralizados. (7)

Fuerzas tectónicas originaron fallas de cizalla, con movimiento sinistral en la mayoría de casos. Las vetas de cizalla presentan espejos de falla con estrías en varias direcciones y están por lo general limitados por capas pequeñas de panizo. (7)

A lo largo del Batolito (210Km) se conocen varias minas en operación y otras abandonadas, destacando de Sur a Norte: Bloque Huaylillas: La Estrella, Bloque Buldibuyo: Minas de Marsa, Alaska y El Gigante, Bloque Parcoy: Consorcio Minero Horizonte, Bloque Pías: Minas Culebrillas, Ariabamba, Bloque Pataz: Minas de Poderosa S.A., El Tingo, La Lima y Papagayo. (7)

Es importante destacar que los bloques Buldibuyo (Sur) y Pías, Pataz (Norte) contienen estructuras de muy bajo ángulo de buzamiento (20-40°E), mientras que en el bloque Parcoy (Central) las estructuras tienen altos ángulos de buzamiento (50-80°E) variación de Este a Oeste. Esta diferencia debida posiblemente a movimientos diferenciados de los Bloques post mineralización, que por basculamiento pudieran estar presentando actualmente un buzamiento diferente al original previo al basculamiento. (7)

### **2.2.5 Geología local**

CMHSA tiene sus labores mineras en un área de 400 ha, dicha operación se desarrolla íntegramente dentro del Batolito Pataz. Se estima más de 80,000 m de labores mineras realizadas entre antiguas y modernas, tanto horizontales como verticales. (7)

### **2.2.6 Geología económica**

Las vetas son típicamente orogénicas constituidas por relleno de fractura donde prima la asociación “cuarzo-pirita-oro” así como otros minerales asociados en menor magnitud como clorita, sericita, calcita, ankerita, galena, y esfalerita. (7)

Las vetas se alinean en una dirección dominante N20°W con buzamientos al NE tanto de alto como de bajo ángulo (50-80°NE), en la mina Parcoy se han identificado “sistemas” de vetas, constituidos por una veta central o principal con

ramales y sigmoides asociados. (7) La mayoría de las vetas presentan marcadas variaciones en rumbo y en buzamiento, generando zonas de mayor apertura y enriquecimiento, las principales vetas son del sistema NW, emplazados en zonas de debilidad y cizallamiento que favorecieron el relleno mineralizante y la formación de los “clavos” u “ore shoots” conocidos. (7) Las principales Estructuras que sustentan la producción de CMHSA son Candelaria, Encanto, Rosa Orquídea, Lourdes y Milagros. (7)

De acuerdo a la paragénesis del yacimiento, primero se tiene el emplazamiento del cuarzo, pirita y arsenopirita, estos minerales sufrieron fuerte fracturamiento y microfracturamiento; luego se tiene un evento de oro nativo y cantidades menores de sulfuros finos (Zn, Cu, Pb u Ag), estos rellenan microfracturas especialmente en la pirita y el cuarzo o se depositaron en las inmediaciones de este sulfuro. La pirita es el principal mineral receptor de la mineralización aurífera de las vetas. (7)

La mayoría de las vetas en el distrito de Parcoy se formaron en zonas de cizallamiento con rumbo NNW y (salvo Vannya y Maricruz) buzán al este, pero generalmente son más paradas las vetas que en los distritos al norte (Culebrillas, ahora llamado Los Zambos) y al Sur (Marsa). Esto podría reflejar una diferencia fundamental en cómo se formaron las vetas en esta zona Central, y puede indicar que existe algún control estructural en el Complejo Marañón de capas, foliaciones o fallas pre-existentes. (7)

En algunos sistemas de veta (por ejemplo, Milagros) las vetas orientadas al norte son más anchas, las vetas de orientación este (Candelaria, Split I), particularmente donde los buzamientos son más altos, sugieren que estas zonas pueden ser fallas normales en zonas extensionales o estructuras de cola de caballo, los metales base están más enriquecidos hacia el sur, mientras que el oro libre es más común en el norte (Milagros > Lourdes). (7)

## **2.3 Bases teóricas**

### **2.3.1 Método de minado, sub level stopping variante *bench and fill*, en la unidad minera Parcoy**

#### **A. Métodos aplicados en la unidad minera Parcoy**

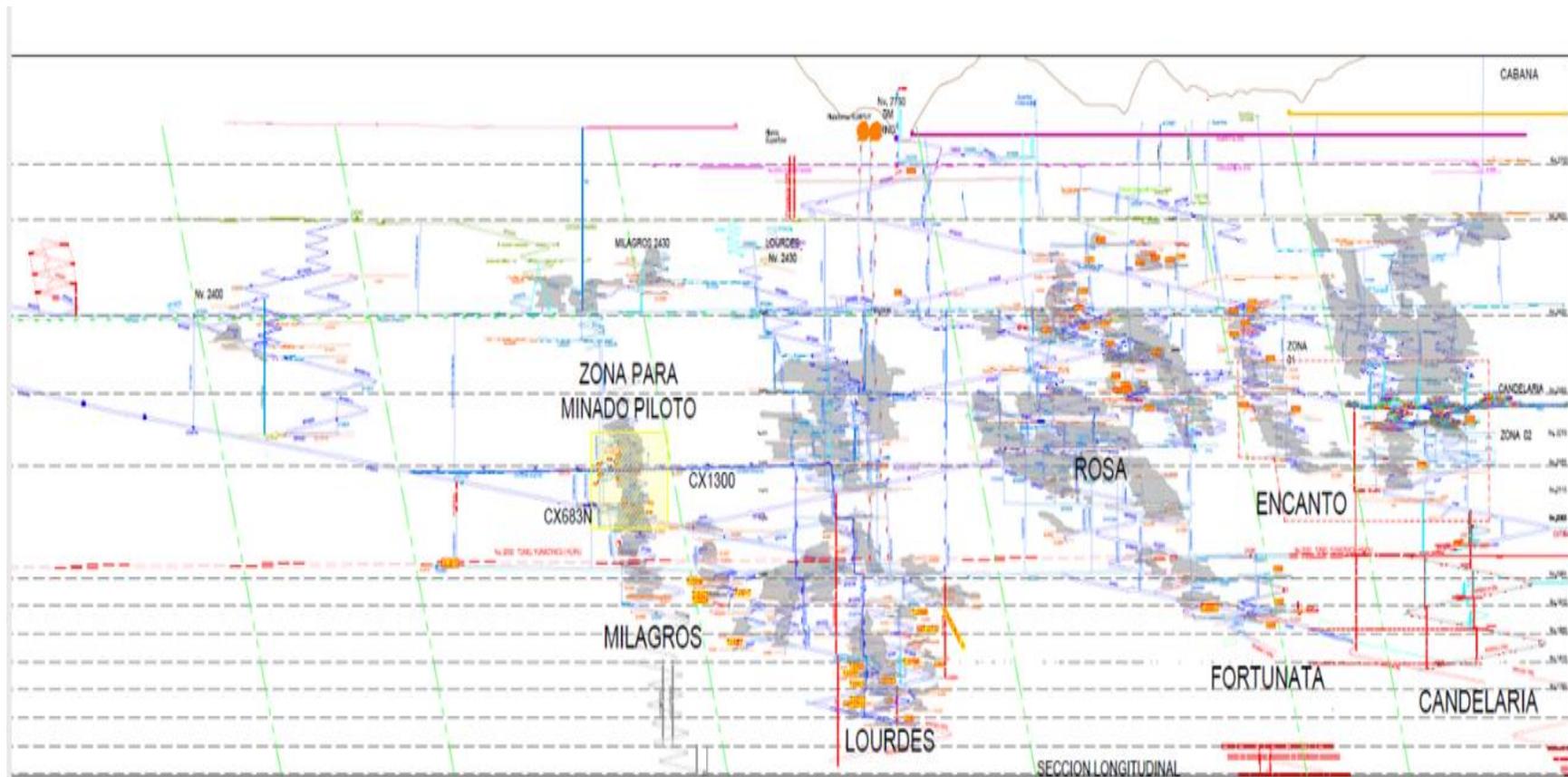
La unidad minera Parcoy, viene realizando la explotación del mineral por medio de tres métodos de minado como son los siguientes:

- Taladros largos (SLS)
- Corte y relleno ascendente con perforación vertical (UPPER D.)
- Corte y relleno descendente (UCF)

El sistema de Vetas de la unidad minera Parcoy son las siguientes:

- Veta Milagros
- Veta Rosa
- Veta Encanto
- Veta Fortunata
- Veta Candelaria

En la siguiente figura se muestra las vetas de la unidad minera Parcoy.



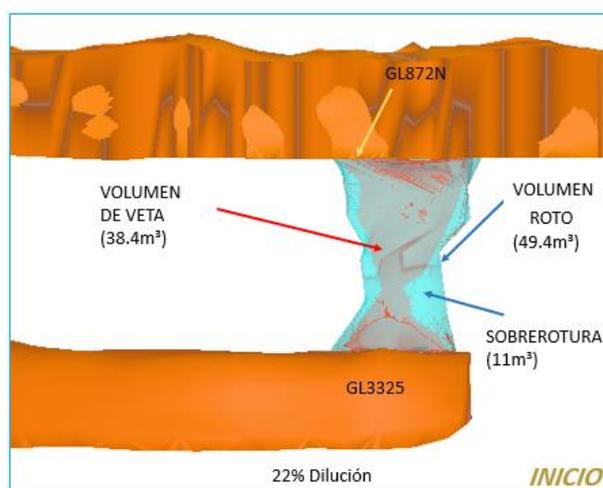
## B. Sub level stopping (*bench and fill*)

Bench and fill es la combinación de los métodos corte y relleno ascendente con tajeos por subniveles (galerías), el cual tiene gran aplicabilidad a vetas o cuerpos que se encuentran entre cajas inestables, que no se pueden trabajar por el método de tajeos por subniveles. La característica de este híbrido es el control de la estabilidad de la baja calidad de roca en las cajas mediante el uso oportuno del relleno detrítico, el cual minimiza las aberturas generadas por los disparos de los taladros largo, y mantiene una distancia horizontal mínima de trabajo entre la cara libre del tajo y el caserón (abertura total). (6)

Este método consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de perforación mediante disparos efectuados en planos verticales, con taladros largos negativos perforados desde el subnivel superior, realizando un relleno continuo en función al avance de la explotación, manteniendo un *span* constante del pie del talud hacia la cara libre, con la finalidad de controlar la estabilidad del tajo en toda su longitud. (6)

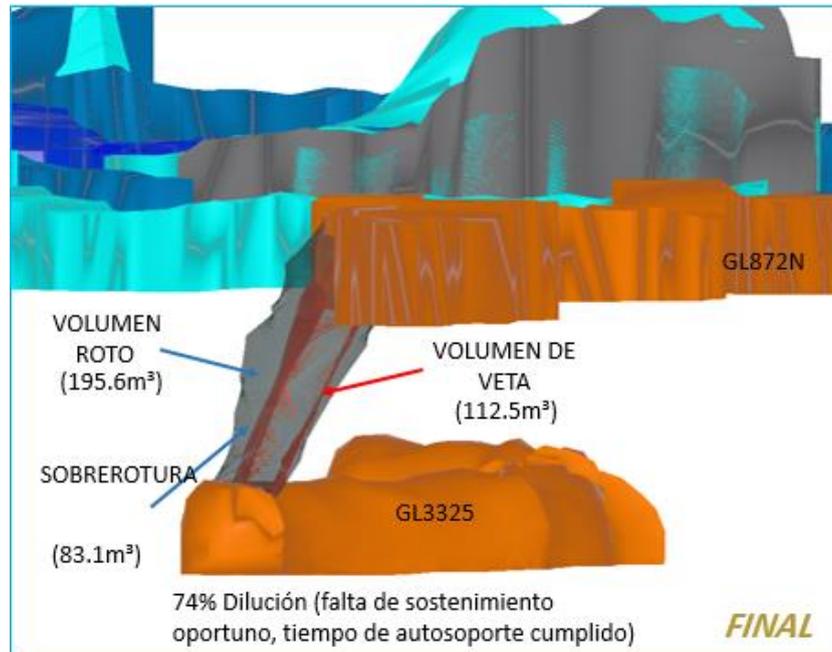
Este método de explotación tiene impacto favorable en seguridad, por minimizar la exposición del personal a la excavación del tajo, realizando todo el ciclo de minado mecanizado y bajo techo seguro. (6)

En la siguiente figura se muestra el minado por taladros largos de galería 872 N superior y la galería 3325 inferior.



**Figura 3. Minado por taladros largos (*bench and fill*) de la galería 872 N superior y la galería 3325 inferior**  
**Tomado del Estudio del método de minado por taladros largos - Patáz : unidad mlnera Parcoy, 2020 (6)**

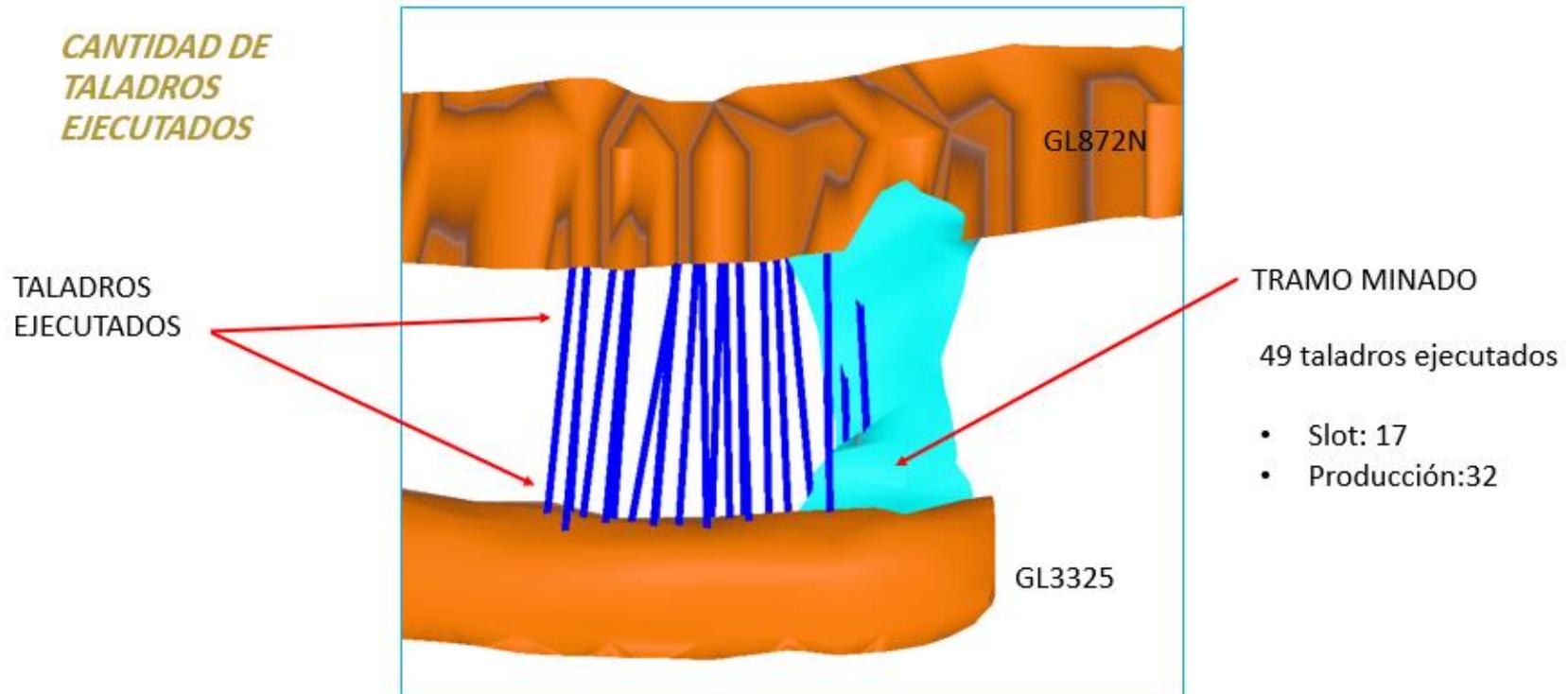
De la figura se puede notar que se tiene una dilución del 22 %, lo cual es muy excesivo para el minado por taladros largos, en la siguiente figura se muestra la deficiencia en el sostenimiento oportuno del tajo en el método de minado por taladros largos. (6)



**Figura 4. Deficiencia en el sostenimiento oportuno del tajo en el método de minado por taladros largos**  
**Tomado del Estudio del método de minado por taladros largos - Patate : unidad minera Parcoy, 2020 (6)**

De la figura se muestra una deficiencia en el sostenimiento que generó el 74% de dilución, lo cual es muy perjudicial para el minado por taladros largos. (6)

En la siguiente figura se muestra el diseño de la cantidad de taladros ejecutados

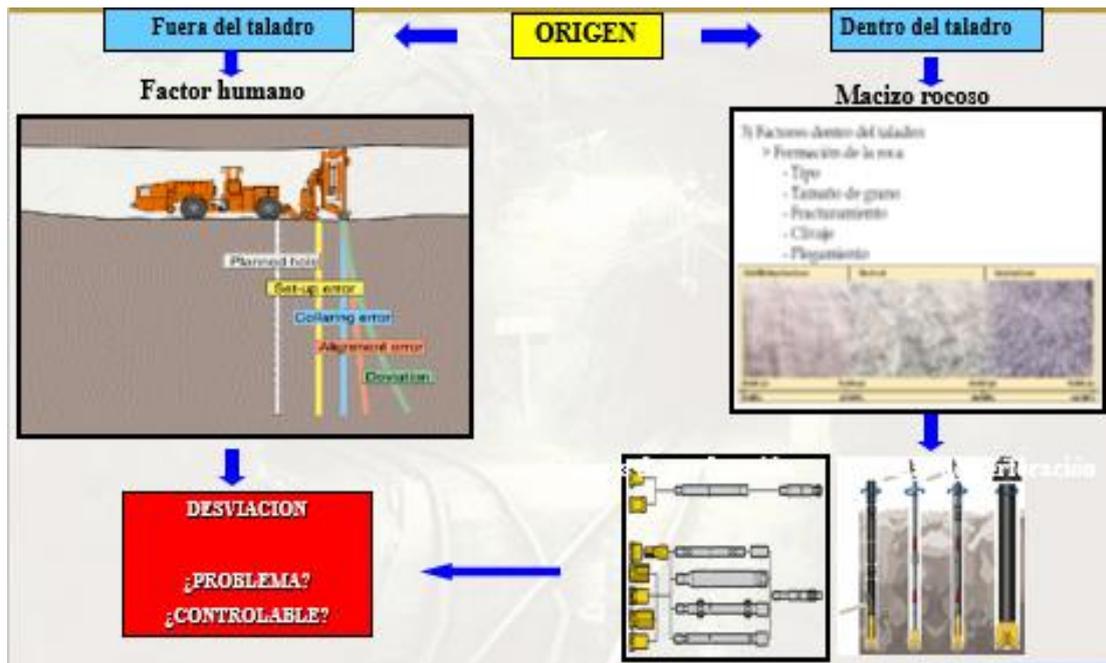


**Figura 5. Diseño de la cantidad de taladros ejecutados**  
 Tomado del Estudio del método de minado por taladros largos - Pataz : unidad minera Parcoy, 2020 (6)

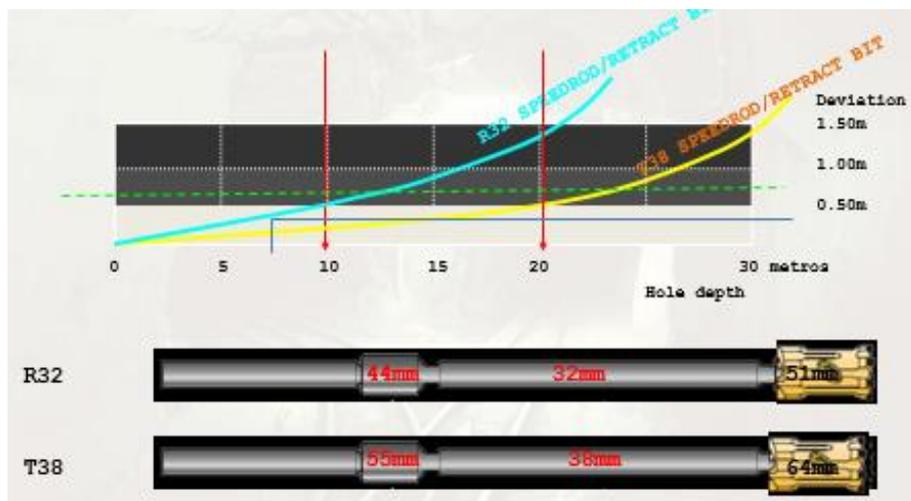
De la figura, se puede apreciar que se tiene 49 taladros ejecutados de los cuales 17 taladros son del slot o cara libre a realizar y los 32 taladros restantes son de producción. (6)

La dilución también está relacionada a la perforación de los taladros el cual se debe realizar un análisis del origen según factores externos y factores internos.  
(6)

En la siguiente figura se muestra la mejora de la perforación de dos factores externos e internos.



**Figura 6. Mejora de la perforación de dos factores externos e internos**  
Tomado del Estudio del método de minado por taladros largos - Pataz : unidad minera Parcoy, 2020 (6)



**Figura 7. Desviación del taladro en función al varillaje de extensión usado comúnmente**  
Tomado del Estudio del método de minado por taladros largos - Pataz : unidad minera Parcoy, 2020 (6)

### C. Ciclo de minado del método de minado sub level stopping (bench and fill)

#### ✓ Ejecución del Slot

La perforación se realiza desde el nivel superior en negativo con taladros pasantes, el número de taladros dependerá de la malla de perforación elegida, en la voladura se aplicará la técnica VCR y en etapas (de 3.5 y 4.0 mts respectivamente). (6)

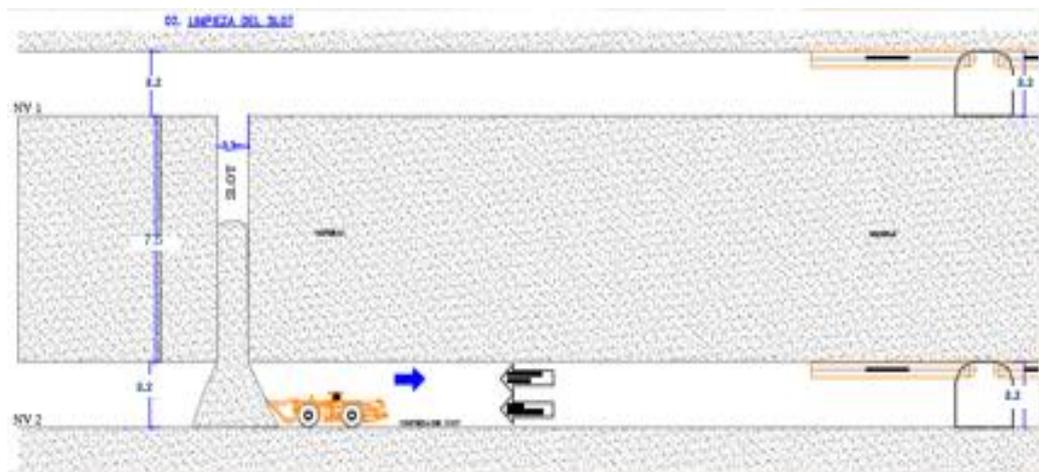


**Figura 8. Ejecución del Slot**

Tomado del Estudio del método de minado por taladros largos - Pataz : unidad minera Parcoy, 2020 (6)

#### ✓ Limpieza del Slot

La limpieza se realizará desde el nivel inferior, no es necesario el uso del telemando porque no existe exposición del equipo. (6)

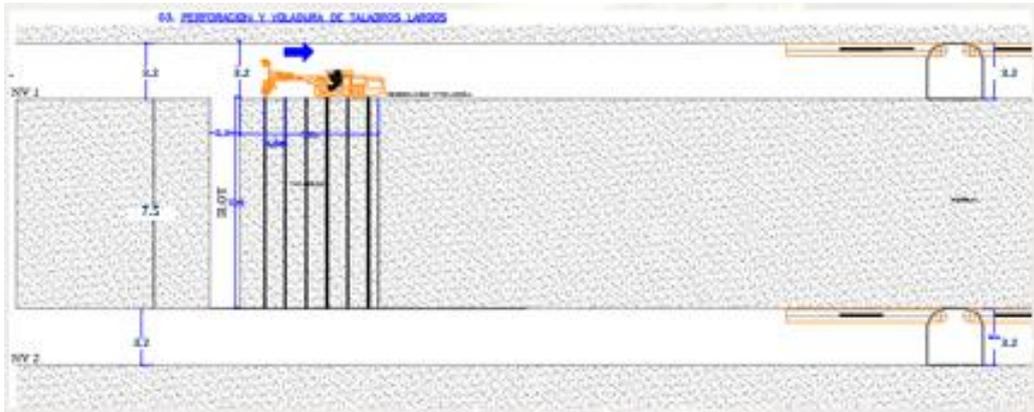


**Figura 9. Limpieza del Slot**

Tomado del Estudio del método de minado por taladros largos - Pataz : unidad minera Parcoy, 2020 (6)

#### ✓ Ejecución de filas de producción

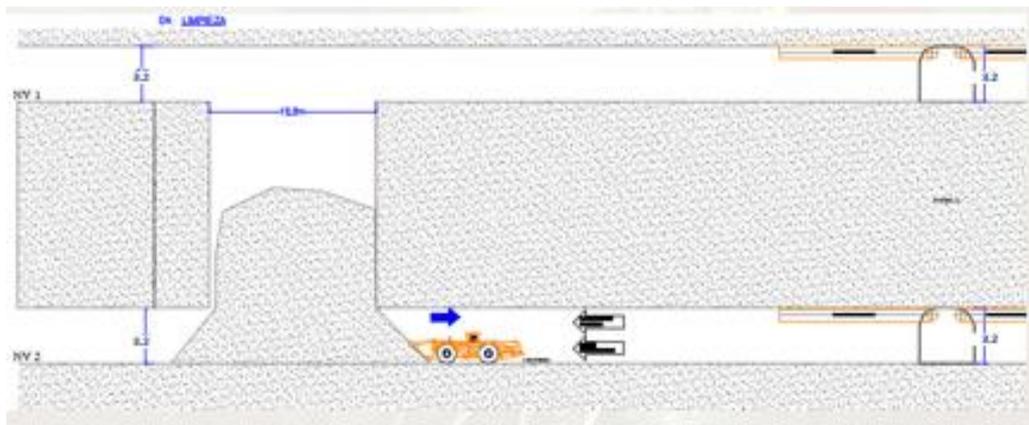
La perforación se realizará desde el nivel superior con taladros negativos pasantes, el número de taladros a disparar será determinado según la condición geomecánica del tajeo. No se recomienda acumulación de taladros por posible derrumbe de los mismos. (6)



**Figura 10. Ejecución de filas de producción**  
*Tomado del Estudio del método de minado por taladros largos - Pataz : unidad minera Parcoy, 2020 (6)*

✓ **Limpieza de mineral**

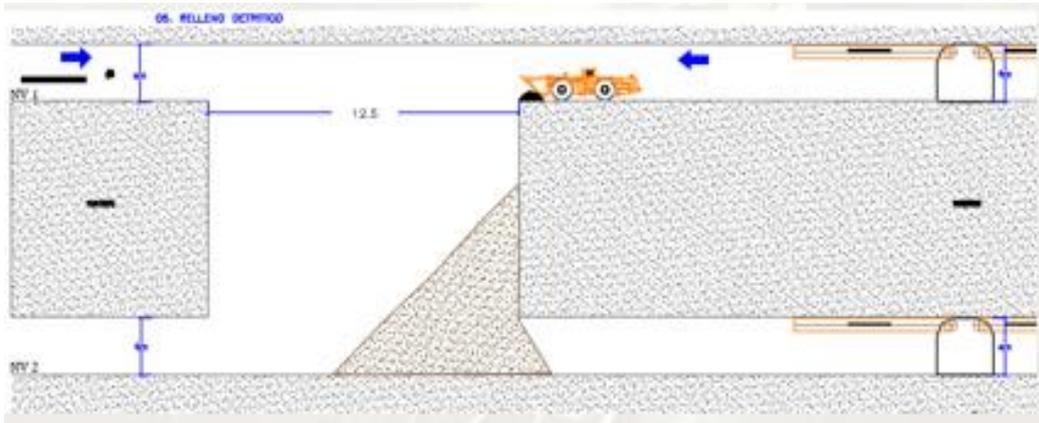
La limpieza se realizará desde el nivel inferior utilizando el control remoto, el operador deberá contar con un refugio al lado izquierdo de acuerdo al alcance del telemando (25 m aproximadamente). (6)



**Figura 11. Limpieza de mineral**  
*Tomado del Estudio del método de minado por taladros largos - Pataz : unidad minera Parcoy, 2020 (6)*

✓ **Relleno del tramo explotado**

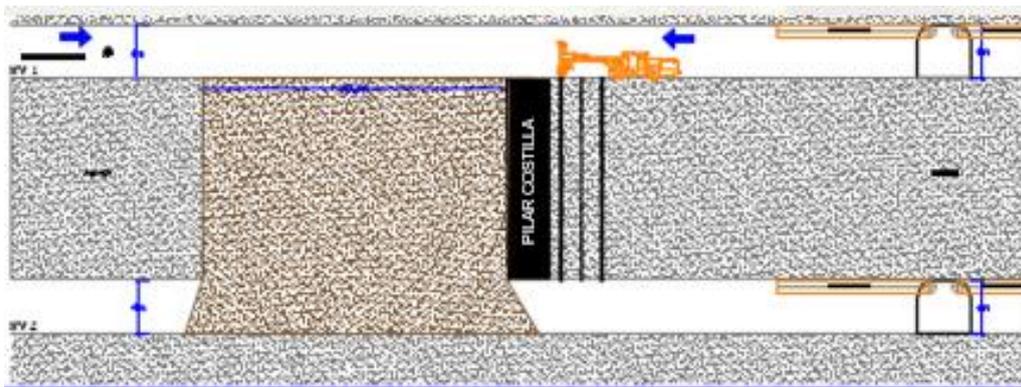
Una vez culminado la abertura recomendada según radio hidráulico (12 m para el primer piloto) se procede al relleno desde el nivel superior, teniendo como control la berma de seguridad para que el equipo no quede expuesto al vacío. (6)



**Figura 12. Relleno del tramo explotado**  
Tomado del Estudio del método de minado por taldros largos - Pataz : unidad minera Parcoy, 2020 (6)

✓ **Nuevo tramo de explotación**

Culminado el relleno se inicia un nuevo slot y filas de producción para continuar el ciclo de minado. (6)



**Figura 13. Nuevo tramo de explotación**  
Tomado del Estudio del método de minado por taldros largos - Pataz : unidad minera Parcoy, 2020 (6)

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1 Métodos de la investigación**

###### **A. Método general**

En forma general, se empleará el método científico, porque se construye a base de datos empíricos *in situ* al realizar la evaluación técnica económica de la veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

###### **B. Método específico**

El método específico a emplear es el método experimental inductivo – deductivo. Se deduce que, al realizar la evaluación técnica económica de la veta Milagros, de forma *in situ* se podrá aplicar el método de minado, *bench and fill*, en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

El método analítico porque la aplicación del método de minado *bench and fill*, ayudará a maximizar la producción en la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

##### **3.1.2 Alcances de la investigación**

###### **A. Tipo de investigación**

La investigación es de diseño no experimental, porque el objetivo de la investigación es realizar la evaluación técnica económica de la veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy,

Consortio Minero Horizonte S. A.

## B. Nivel de investigación

Descriptivo porque trata de explicar de qué manera la evaluación técnica económica de la veta Milagros ayudará a poder aplicar el método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

### **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es experimental.

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Todos los cuerpos mineralizados de la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

#### **3.3.2 Muestra**

En el tajeo 3325 del Nivel 2165 hasta Nivel 2400 a una altura vertical de 235 metros de la veta Milagros de la Unidad Minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

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

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

#### **3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, reporte de operaciones de perforación y voladura de la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Evaluación técnica económica de la veta Milagros para la aplicación del método de minado, *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.**

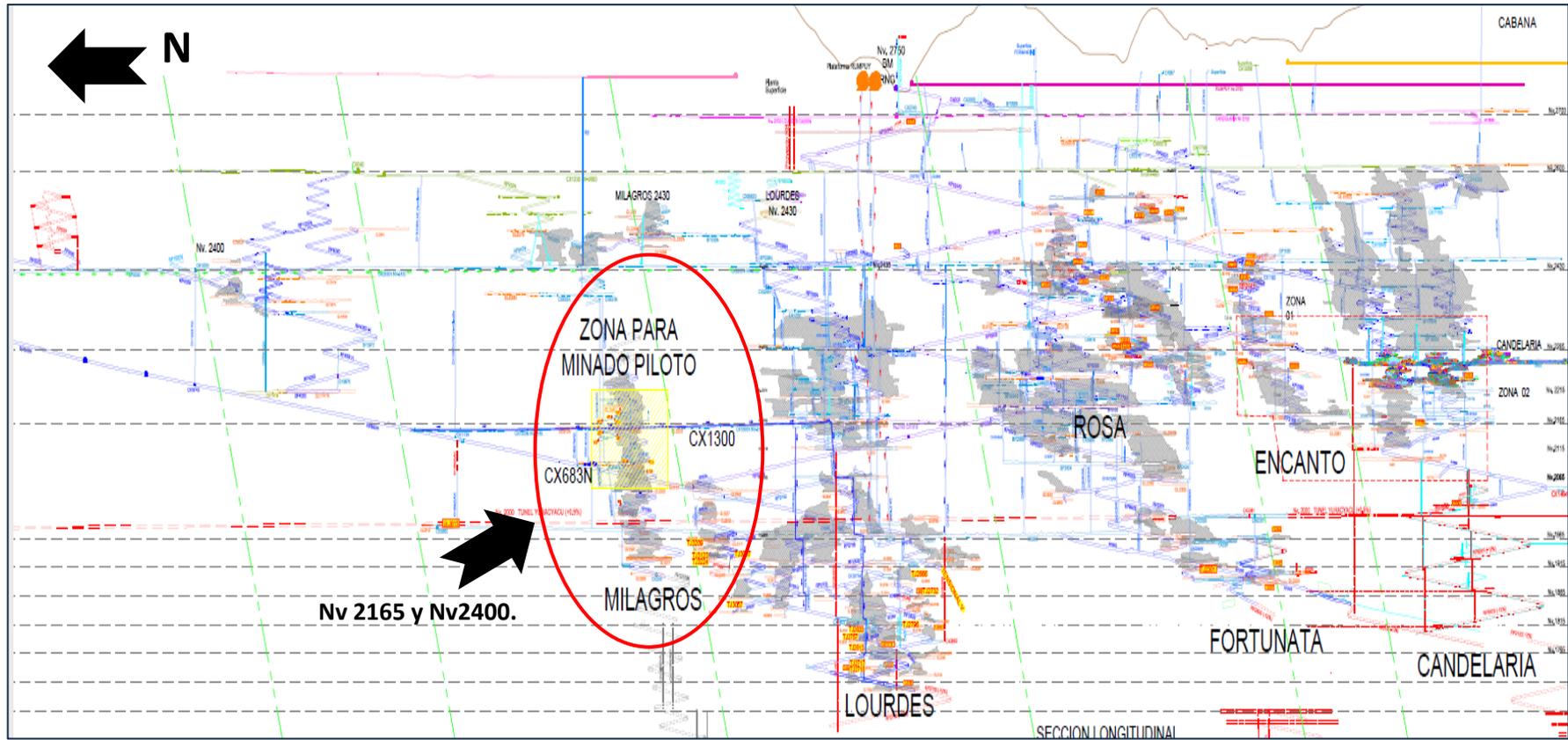
La elección del método adecuado de explotación de un yacimiento mineralizado es una tarea importante porque está asociada a mejorar la seguridad, productividad, selectividad, mejoras en el proceso y la disminución de costos.

##### **4.1.1 Ubicación para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy**

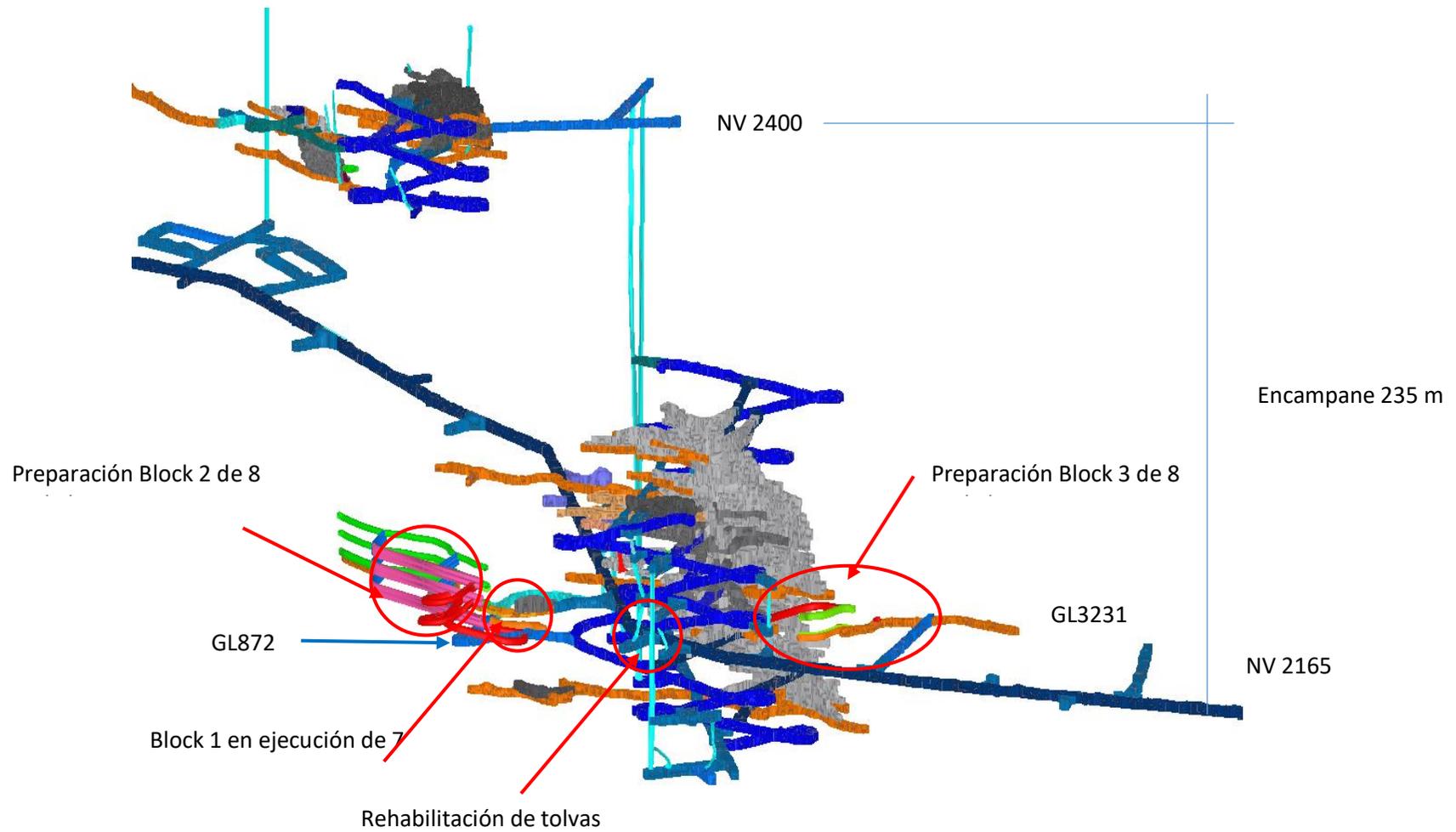
La aplicación del método de minado *bench and fill* es en el Nivel 2165 hasta Nivel 2400 a una altura vertical de 235 metros de la veta Milagros de la unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

En esta ubicación no se viene explotando por ningún método de minado a fin que este método de minado tanto como *cut and fill* entre otras este método de minado, *bench and fill*, viene hacer el primero en aplicarse en dicha zona.

En la siguiente figura se muestra la ubicación exacta de la aplicación del método de *bench and fill*, unidad minera Parcoy.



**Figura 14. Zona propuesta desde el Nv 2165 hasta el Nv 2400 veta Milagros para la aplicación del método de minado, bench and fill, unidad minera Parcoy**  
**Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**



**Figura 15. Plano isométrico del Nv 2165 hasta el Nv 2400 veta Milagros - método de minado, bench and fill, unidad minera Parcoy Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**

#### 4.1.2 Planificación para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy

En la planificación se analizan los parámetros geológicos, parámetros del macizo rocoso (RMR) con sus propiedades físicas, los parámetros de perforación, los parámetros de voladura y por último el diseño de la malla de perforación y voladura del Slot VCR como el diseño de la malla de perforación y voladura para los taladros de producción.

##### A. Parámetros geológicos

Tabla 3. *Parámetros geológicos*

Condiciones	Tipo
Tipo de estructura	Veta
Calidad de la mineralización	RMR 35 – 45
Calidad de Roca encajonante	RMR 28 – 38
Buzamiento	60°-70°
Ancho de veta mínimo	0.5-1.5 m
Diámetro de perforación	54 - 64 mm
Longitud de Banqueo	7 - 7.5 m

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

##### Interpretación:

Los parámetros geológicos nos dan la certeza y la confianza de poder realizar el minado *bench and fill*, los cuales están dentro de establecido.

##### B. Parámetros del macizo rocoso - RMR

Los parámetros geomecánicos se encuentran dentro del margen de selectividad para poder realizar el minado *bench and fill*

**Tabla 4. Características geomecánicas**

<b>Caracterización Geomecánica</b>	
Resistencia a la compresión uniaxial (UCS)	: 50 – 100 Mpa
Rock Quality Design (RQD)	: 25 – 50 % (RQD promedio 42%)
Espaciamiento entre discontinuidades	: En su mayoría entre 0.2 – 0.6 m
Condición de las juntas	: Persistencias entre 1.00 – 3.00 m, aperturas abiertas, superficies ligeramente rugosas, relleno suave (< 5.00 mm) y moderadamente alterada.
Aguas subterráneas	: Goteo en forma puntual

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

**Tabla 5. Propiedades físicas del macizo rocoso**

<b>Densidad de roca</b>	
Roca encajonante:	2.58 gr/cm <sup>3</sup>
Mineralización:	2.6 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Resistencia a la compresión</b>	
Roca encajonante:	50 MPa en promedio
Mineralización:	60 MPa en promedio
<b>Resistencia a la tracción</b>	
Roca encajonante:	6.68 MPa en promedio
Mineralización:	8.01 MPa en promedio
<b>Relación de Poisson</b>	
Roca encajonante:	0.28
Mineralización:	0.30
<b>Numero de fracturas por metro</b>	
Roca:	14 – 16 fracturas / metro lineal en promedio

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

**Interpretación:**

Según el estudio geomecánico, se tiene un tipo de roca con densidad 2.6 gr/m<sup>3</sup> y la resistencia a la compresión es de 60 Mpa en promedio se toma los parámetros geomecánicos en mineral ya que la perforación y voladura a realizar son en mineral respectivamente.

### C. Parámetros de perforación

Para el diseño de la malla de perforación es primordial conocer los parámetros.

En la siguiente tabla, se muestra los parámetros de perforación para la aplicación del minado *bench and fill*

**Tabla 6. Parámetros de perforación para el método de minado bench and fill**

GEOMETRIA	PARAMETROS
DIAMETRO DEL BARRENO (Pulg)	2.5
ALTURA DEL BANCO (m)	8
LONGITUD DEL BARRENO (m)	8
LONGITUD DE LA CARGA (m)	3.8

ROCA	PARAMETROS
DENSIDAD (gr/m <sup>3</sup> )	2.6
VELOCIDAD SISMICA (m/s)	2600
RESISTENCIA TRACCION (Kg/cm <sup>2</sup> )	82.597
RESISTENCIA COMPRES (Kg/cm <sup>2</sup> )	611.83

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

#### Interpretación:

Se tiene una altura de banco de 8 metros al igual a la perforación y una carga de 3.8 metros la densidad es de 2.6 ya que la perforación se realizará sobre mineral.

### D. Parámetros de voladura

Los parámetros del explosivo nos ayudarán a poder realizar el diseño de carguío adecuado y eficiente.

En la siguiente tabla se muestra los parámetros del explosivo para la voladura.

**Tabla 7. Parámetros del explosivo para la voladura**

<b>EXPLOSIVO</b>	<b>PARAMETROS</b>
Emulsion	
DENSIDAD (gr/cc)	1.0
PRESION DETONACION (KBar)	87
VELOCIDAD DETONACION (m/s)	4200
POTENCIA RELATIVA EN PESO	0.9
ENERGIA (Kcal/Kg)	809
CONSUMO ESPECIFICO (Kg/m)	3.17
CONSUMO TOTAL EXPLOSIVO (Kg)	7.0
ENERGIA TOTAL (Kcal)	5663

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

### **Interpretación:**

Los parámetros del explosivo correspondiente al Emulex 80 1 ½ "x 12", este explosivo es el ideal para el tipo de roca regular de RMR 35 a 45 que se encuentra en el Nv 2165 hasta el Nv 2400 veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy

### **4.1.3 Diseño de malla de perforación y voladura para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy**

Una vez ya obtenido los parámetros de perforación y voladura procederemos a realizar el cálculo del burden y el espaciamiento con las distintas fórmulas de los distintos autores como son:

- Anderson (1952)
- Fraenkel (1952)
- Pearse (1955)
- Ash (1963)
- Langerford (1963)
- Konya (1972)
- Lange y Kihltron (1978)
- Foldesi (1980)
- López Jimeno (1980)
- Konya (1983)
- Berta (1985)
- Brucc Carr (1985)
- Olofsson (1990)

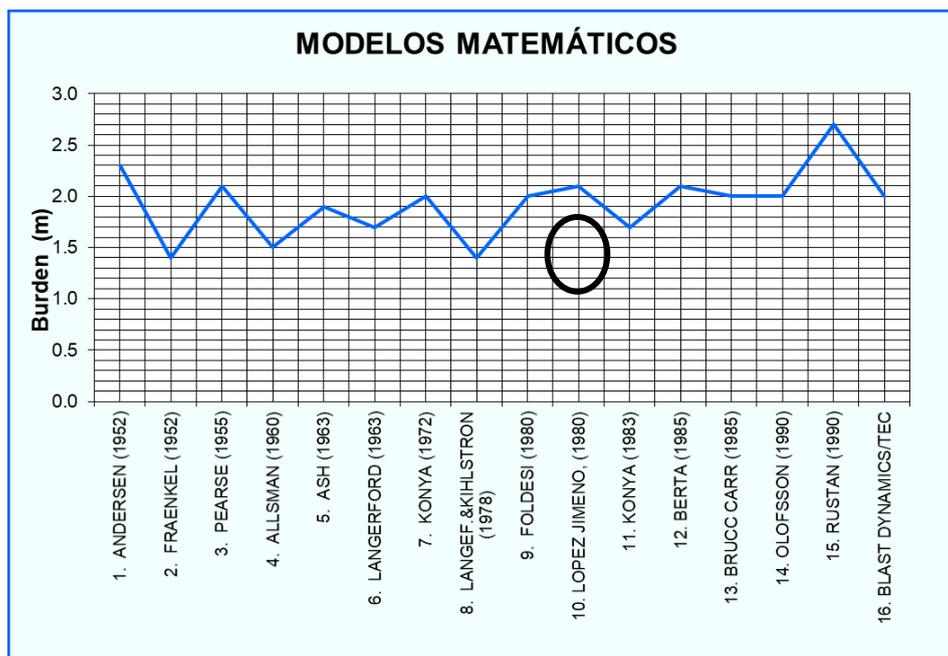
- Rustan (1990)
- Blast Dynamics/tec

En la siguiente tabla se muestra los respectivos cálculos del burden y espaciamento.

**Tabla 8. Cálculo de burden y espaciamento**

FORMULAS UTILIZADAS	BURDEN	ESPA.
	(m)	(m)
1. ANDERSEN (1952)	2.3	1.6
2. FRAENKEL (1952)	1.4	1.0
3. PEARSE (1955)	2.1	1.5
4. ALLSMAN (1960)	1.5	1.1
5. ASH (1963)	1.9	1.3
6. LANGERFORD (1963)	1.7	1.2
7. KONYA (1972)	2.0	1.4
8. LANGEF & KIHLSTRON (1978)	1.4	1.1
9. FOLDESI (1980)	2.0	2.1
10. LOPEZ JIMENO, (1980)	2.1	1.5
11. KONYA (1983)	1.7	1.2
12. BERTA (1985)	2.1	1.5
13. BRUCC CARR (1985)	2.0	2.3
14. OLOFSSON (1990)	2.0	1.4
15. RUSTAN (1990)	2.7	1.9
16. BLAST DYNAMICS/TEC	2.0	1.4

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*



**Figura 16. Representación de la incidencia de cálculo del burden y espaciamento con los modelos matemáticos.**

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

### **Interpretación:**

En el cálculo de los modelos matemáticos, se realizó un análisis para la elección del teorema adecuado para el burden y espaciamento

- El análisis para el burden, el valor mínimo es de 1.4 y el valor máximo es de 2.7.
- El análisis para el espaciamento, el valor mínimo es de 1.0 y el valor máximo es de 2.3.

Según el análisis se tiene de Geomecánica se tiene un RMR de 35 a 45 en la zona mineraliza en el cual se va realizar la perforación y voladura, según esto el más óptimo es la aplicación del teorema de LANGEF. Y KIHLLSTRON (1978) ya se encuentra en valores más razones y acertados a la realidad del macizo rocoso.

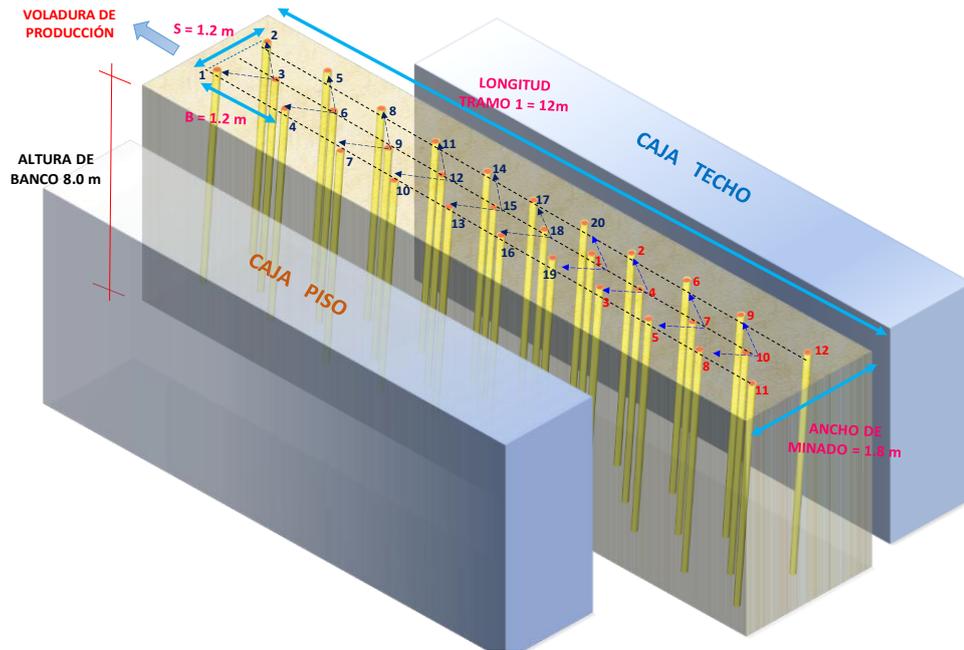
El valor teórico del burden y espaciamento es:

- Burden en promedio es de 1.4
- Espaciamento en promedio es de 1.1

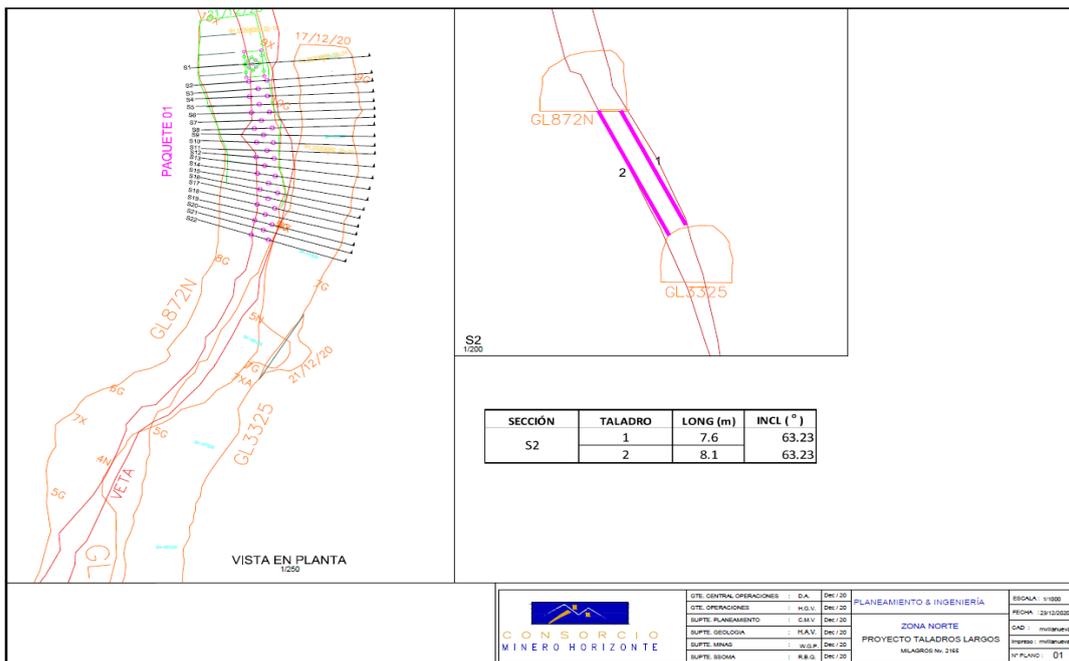
Realizando la perforación y voladura en campo se tuvo que realizar un reajuste de los valores, tomándose el siguiente replanteo

- Burden en promedio es de 1.2
- Espaciamento en promedio es de 1.2

En las siguientes figuras se muestran el diseño de malla de perforación de los taladros del Slot VCR y en los taladros de producción.



**Figura 17. Diseño de malla de perforación en los taladros de producción Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**

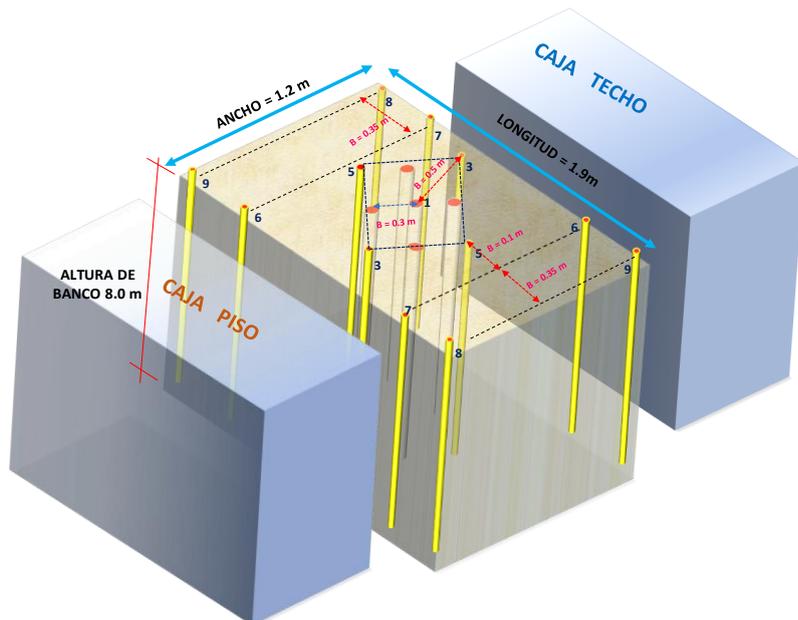


**Figura 18. Diseño de malla de perforación en los taladros de producción Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**

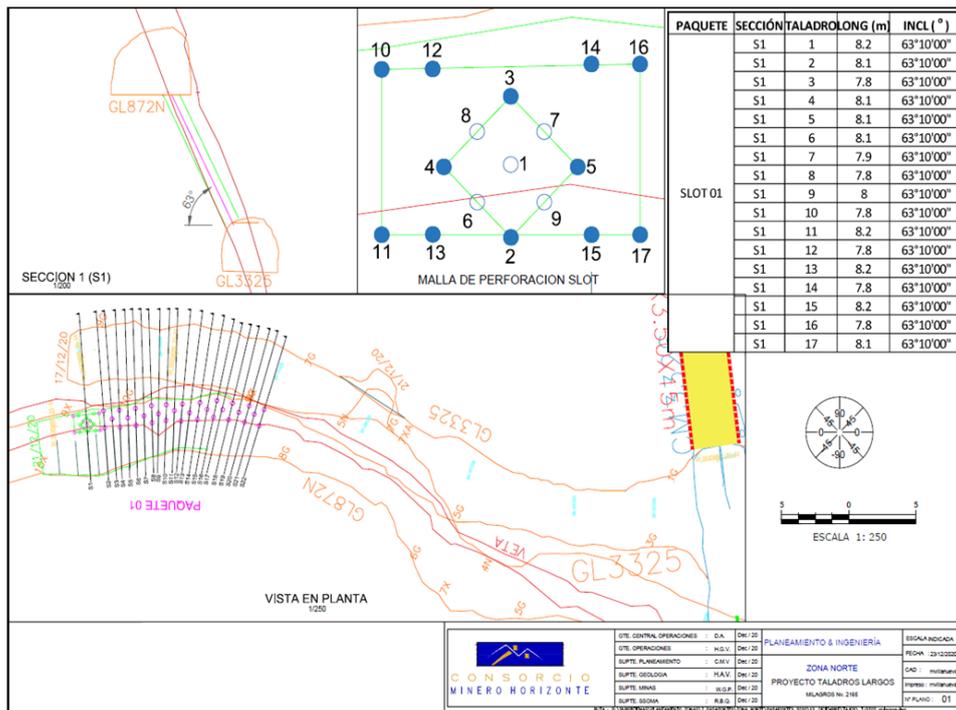


**Figura 19. Perforación de los taladros largos para el minado bench and fill**

El diseño de la malla de perforación del Slot, se muestra en la siguiente figura



**Figura 20. Diseño de malla de perforación del Slot VCR Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**



**Figura 21. Diseño de malla de perforación del Slot VCR.  
Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**



**Figura 22. Perforación de los taladros del Slot VCR para el minado bench and fill  
Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**

**Interpretación:** con este diseño de malla de perforación y voladura se obtuvo una eficiencia por encima del 92 %, se tiene buenos resultados en la perforación de los taladros de producción y el Slot VCR, siendo factible para el método de minado por *bench and fill*.

## A. Dimensionamiento del equipo de perforación

El equipo que se usará para realizar la perforación es MUKI LHBP con viga LONG HOLE para barras de 5 pies R32.

Columna de perforación MUKI FF:

- SHANK ADAPTER macho HC-50 R32 x 372 mm.
- Barra de perforación MF 5' - R32.
- Broca de botón retráctil R32x51 mm.
- Broca rimadora tipo domo R32 - 4".
- Desviación Esperada 3%.



**Figura 23. Herramientas de perforación para los taladros largos del método de minado bench and fill  
Tomado de Productos RESEMIN S. A. (9)**



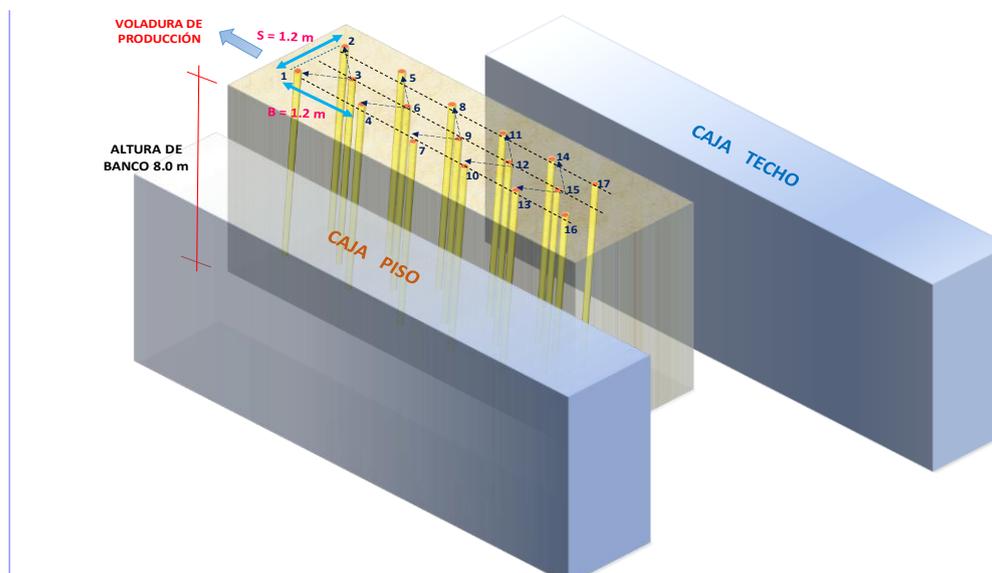
**Interpretación:** el uso de las herramientas de perforación como es la barra de perforación MF 5' - R32, la broca de botón retráctil R32x51 mm y la broca rimadora tipo domo R32 - 4", se obtuvo buenos resultados ya que se tiene una desviación esperada del 3 %.

#### 4.1.4 Carguío de los explosivos en el diseño de malla de perforación y voladura para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy

El diseño de carguío para los taladros de producción como los taladros del Slot VCR se muestra a continuación

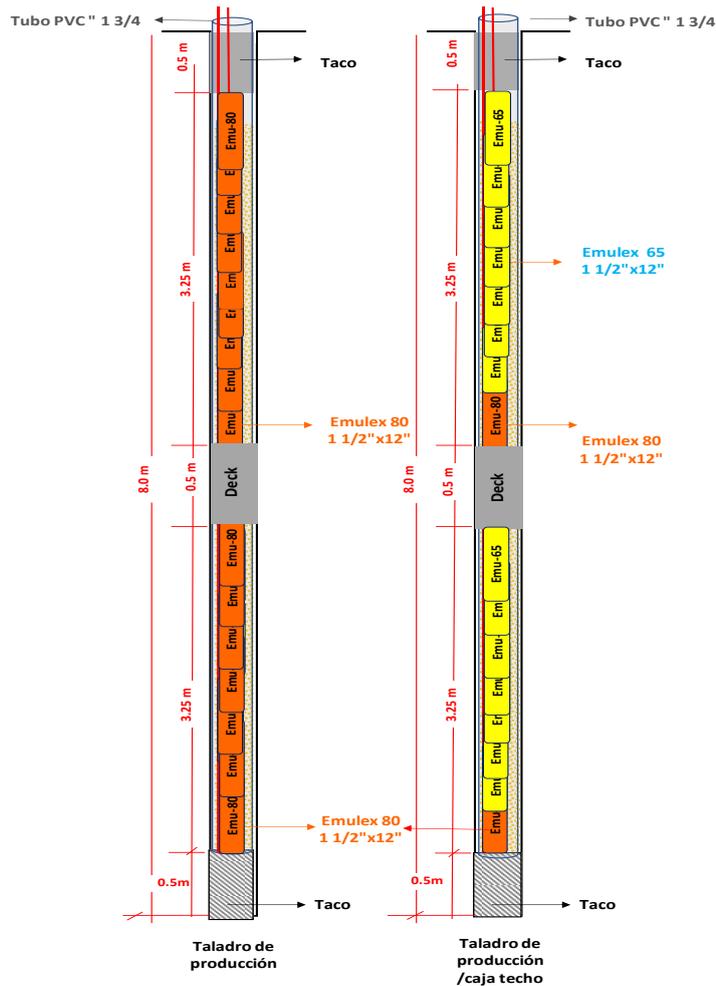
##### A. Carguío del explosivo para la malla de perforación y voladura de los taladros de producción

En la siguiente figura, se muestra el diseño de carguío de los taladros de producción.



**Figura 24. Diseño de carguío de los taladros de producción Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**

En la siguiente figura se muestra la estructura del carguío de los taladros de producción



**Figura 25. Estructura del carguío de los taladros de producción Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**

✓ **Consumo de los explosivos del diseño de malla de perforación y voladura para los taladros de producción**

En la siguiente tabla, se muestra el consumo de explosivos y accesorios para el diseño de la malla de perforación y voladura en los taladros de producción.

En la siguiente tabla, se muestra los cálculos de la eficiencia, el volumen roto, el tonelaje roto, el factor de carga y el factor de potencia

**Tabla 9. Cálculos de la eficiencia, el volumen roto, el tonelaje roto, el factor de carga y el factor de potencia**

ESPECIFICACIONES	Unidad	1	2	3	4
Empresa		CMH	CMH	CMH	CMH
Fecha		19-Ene	20-Ene	26-Ene	27-Ene
Labor		<b>TJ 3325</b>	<b>TJ 3325</b>	<b>TJ 3325</b>	<b>TJ 3325</b>
Nivel		2165	2165	2165	2165
RMR		30	30	30	30
Burden	m	1.2	1.2	1.2	1.2
Espaciamiento	m	1.2	1.2	1.2	1.2
Ancho	m	1.8	1.8	1.8	1.8
Largo	m	1.5	1.5	1.5	1.5
Longitud de taladro	m	8.00	8.00	8.00	8.00
Diametro del taladro	mm	51	51	51	51
N° de taladros cargados	unid	5	5	5	5
Densidad de roca	Ton/m <sup>3</sup>	3	3	3	3
<b>ACCESORIOS DE VOLADURA</b>					
Guías Armadas de 8 ft.	Pza	2	2	2	2
Detonador no eléctrico 10.2 mts.	Pza	10	10	10	10
Cordón detonante 5P.	m	20	20	20	20
<b>EXPLOSIVOS</b>					
Emulex 65 1 1/2" x 12"	Unids.	0	0	0	60
Emulex 80 1 1/2" x 12"	Unids.	100	100	100	40
<b>Total de Explosivos</b>	<b>Kg</b>	<b>40.3</b>	<b>40.3</b>	<b>40.3</b>	<b>39.6</b>
<b>RESULTADOS</b>					
Eficiencia	%	100.00	100.00	101.00	102.00
Volumen Roto	m <sup>3</sup>	21.60	21.60	21.60	21.60
Tonelaje Roto	ton	64.80	64.80	64.80	64.80
Factor de Carga	kg/m <sup>3</sup>	<b>1.87</b>	<b>1.87</b>	<b>1.87</b>	<b>1.83</b>
<b>Factor de Potencia</b>	<b>Kg/tn</b>	<b>0.62</b>	<b>0.62</b>	<b>0.62</b>	<b>0.61</b>

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

### Interpretación:

En promedio para una sección de 1.8 m x 1.5 m x 8 m, se tiene en promedio de los cuatro disparos realizados, un volumen roto de 21.60 m<sup>3</sup>, el tonelaje roto es de 64.80 t, el factor de carga es de 1.85 kg/m<sup>3</sup> y el factor de potencia es de 0.62 kg/t. Lo cual son resultados muy aceptables para el disparo.

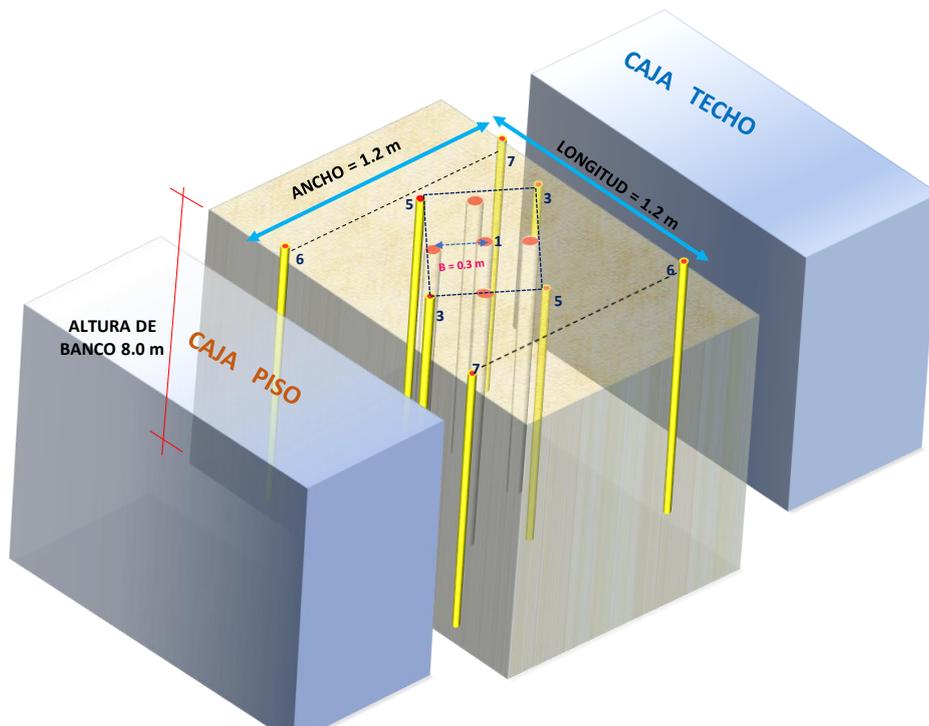




**Figura 28:** Disparo realizado en la veta Milagros in situ de los taladros de producción

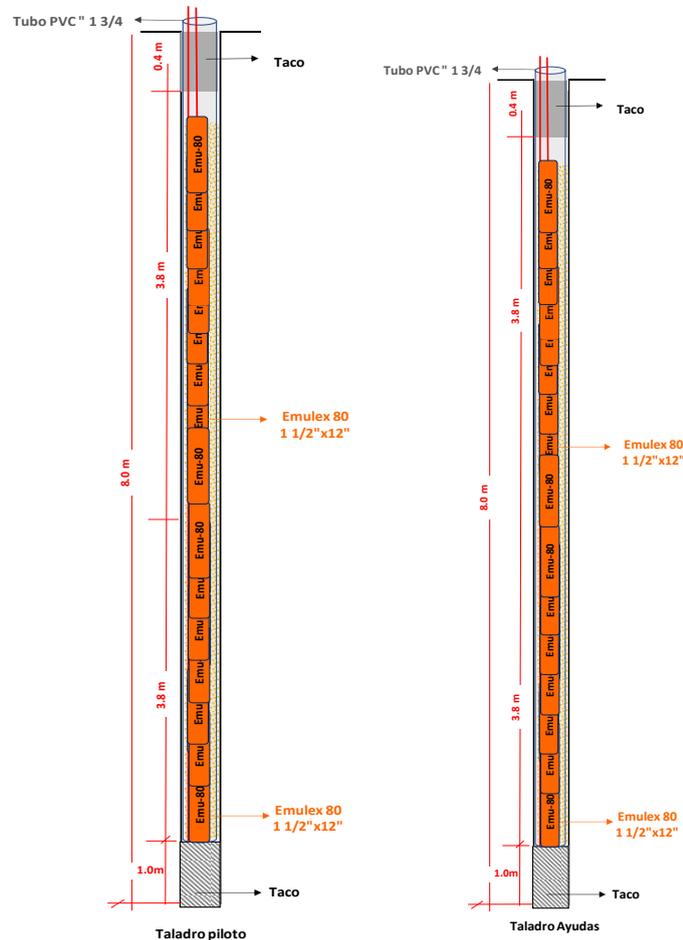
**B. Carguío del explosivo para la malla de perforación y voladura de los taladros del Slot VCR**

El diseño de carguío para los taladros del Slot VCR se muestra a continuación



**Figura 29.** Diseño de carguío de los taladros del Slot VCR Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)

En la siguiente figura se muestra la estructura del carguío de los taladros del Slot VCR



**Figura 30. Estructura del carguío de los taladros del Slot VCR Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**

✓ **Consumo de los explosivos del diseño de malla de perforación y voladura para los taladros del Slot VCR**

En la siguiente tabla, se muestra el consumo de explosivos y accesorios para el diseño de la malla de perforación y voladura en los taladros del Slot VCR.

En la siguiente tabla, se muestra los cálculos del factor de carga y el factor de potencia para los taladros del Slot VCR.

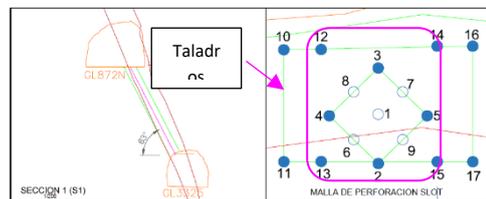
**Tabla 10. Cálculos del factor de carga y el factor de potencia para los taladros del Slot VCR**

LONGITUD DE PERFORACIÓN EJECUTADA		
N° TAL	PROGRAMADO	EJECUTADO
A1	8.2	8.2
R1	8.1	8.1
R2	7.8	7.8
R3	8.1	8.1
R4	8.1	8.1
B1	7.9	7.9
B2	7.8	7.8
B3	8	8
B4	7.8	7.8
C5	8.2	8.2
C6	7.8	7.8
C7	8.2	8.2
C8	7.8	7.8
<b>SUB TOTAL</b>	<b>135.80</b>	<b>135.80</b>
<b>TOTAL METROS EJECUTADOS</b>		<b>135.80</b>

CONSUMO DE MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
EMULEX 65	0	KG
EMULEX 80	87.0912	KG
EXSANELES 10.2 m	18	PZA

CARGA EXPLOSIVA POR TALADROS						
N° FILAS	TON/SECC	EXPLOSIVO			TACO TOTAL (0.3m)	
		LONG.CARGA/ METROS.	KG. EMULEX 65 1" 1/2 x 12"	KG. EMULEX 80 1" 1/2 x 12"		
A1	34.56	8.2	0	16.128	0.3	
R1			0			
R2			0		0	
R3			0		0	
R4			0		0	
B1			7.9	0	8.8704	0.3
B2			7.8	0	8.8704	0.3
B3			8	0	8.8704	0.3
B4			7.8	0	8.8704	0.3
C5			8.2	0	8.8704	0.3
C6			7.8	0	8.8704	0.3
C7			8.2	0	8.8704	0.3
C8			7.8	0	8.8704	0.3
<b>SUB TOTAL</b>		<b>34.56</b>	<b>91.70</b>	<b>0.00</b>	<b>87.09</b>	<b>14.70</b>
<b>TOTAL</b>						<b>87.09</b>

PARAMETROS DE VOLADURA		
DENSIDAD LINEAL	0.95	KG/ML
FACTOR DE POTENCIA	2.52	KG/TN
FACTOR DE CARGA	7.56	KG/M3



**Interpretación:**

El factor de carga y factor de potencia para los taladros del Slot VCR se tiene el factor de potencia es de 2.52 kg/t y el factor de carga es de 7.53 kg/m<sup>3</sup>



**Figura 31. Marcado del diseño de malla de perforación y voladura carguío en campo in situ de los taladros del Slot VCR**



**Figura 32. Carguío en campo in situ de los taladros del Slot VCR**



**Figura 33. Voladura de los taladros del Slot VCR del diseño de malla de perforación y voladura**

✓ **Control de performance del explosivo**

Para tener un buen control del disparo pasamos a evaluar el explosivo Emulex 80, de acuerdo a las características técnicas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
Especificaciones técnicas	Unidades	Emulex 45	Emulex 65	Emulex 80	Emulex 100
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.00 ± 5%	1.12 ± 5%	1.14 ± 5%	1.16 ± 5%
Velocidad de detonación*	m/s	4,700 ± 300	5,700 ± 300	5,600 ± 300	5,600 ± 300
Velocidad de detonación **	m/s	4,100 ± 300	4,500 ± 300	4,400 ± 300	4,300 ± 300
Presión de detonación**	kbar	55	87	89	91
Energía**	KJ/kg	2,977	3,385	4,180	4,425
RWS**	%	79	90	113	120
RBS**	%	98	126	157	180
Resistencia al agua		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Volumen de gases**	L/Kg	930	1,004	940	909
Categoría de humos		1 era	1 era	1 era	1 era

\*Confinado en tubo de acero de 1½" de diámetro (Schedule 40)  
 \*\*Sin confinar en cartucho de 1¼" de diámetro  
 \*\*Calculado con programa TERMODET a condiciones ideales de 1 atm

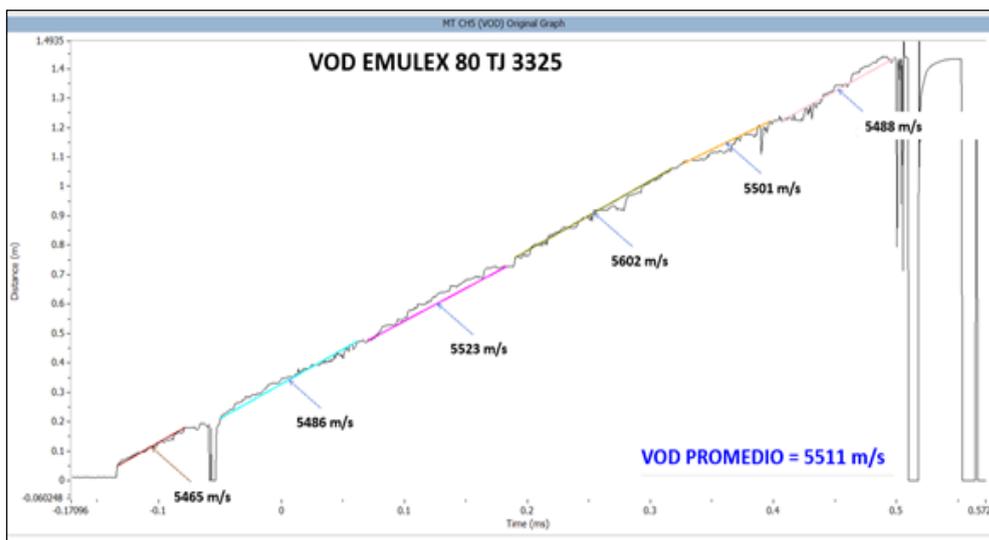
**Figura 34. Características técnicas del explosivo Emulex 80 Tomado de Ficha Técnica Emulsión Emulex, EXSA S.A (10)**



**Figura 35. Encebado con el explosivo Emulex 80**

En la siguiente figura se muestra la velocidad de detonación del disparo realizada en la veta Milagros

En la siguiente figura, se muestra la velocidad de detonación del explosivo Emulex 80.



**Figura 36. Velocidad de detonación del explosivo Emulex 80 Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)**

**Interpretación:**

La velocidad de detonación se tiene en promedio 5511 m/s, lo cual se debe mantener para conseguir los resultados mostrados anteriormente.

**✓ Control de la fragmentación**

El análisis de la fragmentación de la voladura se tiene buenos resultados en se muestra en la siguiente figura



***Figura 37. Fragmentación del mineral tras el disparo y el uso del explosivo Emulex 80 en el Tajeo 33225***

**Interpretación:**

La fragmentación tras el disparo, como se observa en la figura, con el explosivo Emulex 80 tuvo como resultado una fragmentación por debajo de las 5" de longitud, lo cual es muy eficiente y beneficioso para el carguío del mineral.

#### 4.2 Evaluación de los costos unitarios de operacionales de la veta Milagros para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

El costo unitario operacional más representativo es el costo de perforación y voladura de los taladros de producción como en los taladros del Slot VCR, para este análisis se tiene que evaluar los recursos requeridos en función a los materiales, equipos y mano de obra necesarios para poder establecer el costo por tonelada de la perforación y voladura para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A.

En la siguiente tabla se muestra los recursos requeridos en función a los materiales, equipos y mano de obra

**Tabla 11. Recursos requeridos en función al personal**

<b>PERSONAL:</b>
01 MAESTRO PERFORISTA
01 AYUDANTE

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

**Tabla 12. Recursos requeridos en función a los explosivos**

<b>EXPLOSIVOS:</b>
EMULSIÓN EMULEX 80 1 ½ X 12
EMULSIÓN EMULEX 65 1 ½ X 12
ACCESORIOS PERIODO MS 10.2 MT
CORDÓN DETONANTE 5P
MECHA ARMADA CON CARMEX

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

**Tabla 13. Recursos requeridos en función a la instrumentación**

<b>INSTRUMENTACIÓN</b>
01 SISMOGRAFO
01 PEEWEE
01 MICROTRAP VOD
SOFWARE PARA ANALISIS DE FRAGMENTACIÓN Y SIMULACIÓN

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

**Tabla 14. Recursos requeridos en función a los equipos**

<b>EQUIPOS</b>
01 MUKI LHBP
01 PULMEIZTER P12 SPRAYBOY

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

**Tabla 15. Recursos requeridos en función a los aceros de perforación**

<b>ACEROS DE PERFORACIÓN:</b>
01 SHANK ADAPTER MACHO HC-50 R32 X 372 MM.
01 BARRA DE PERFORACIÓN MF 5' - R32.
01 BROCA DE BOTÓN RETRÁCTIL R32X51 MM.
01 BROCA RIMADORA TIPO DOMO R32 - 4".

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

**Tabla 16. Recursos requeridos en función a los materiales**

<b>MATERIALES</b>
ARNÉS
CABLE GALVANIZADO
LUMINARIAS
BLOQUEOS DE SEGURIDAD
SOGA
COSTALES
TUBO DE PVC 1/4"X4M
ETC

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

#### **4.2.1 Análisis de los precios unitarios de la perforación y voladura del Slot taladros largos para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A**

En función a los recursos requeridos en función al personal, a los explosivos, a la instrumentación, a los equipos, a los aceros de perforación y a los materiales se ha podido realizar el cálculo del costo unitario de perforación y voladura para los taladros del Slot VCR y los taladros de producción.

En la siguiente figura, se muestra el costo por tonelada de la operación unitaria de perforación, voladura y limpieza

Toneladas a Romper por disparo:	60.19	Ton			
Longitud Tajo a disparar:	1.90	metros	Longitud Tajo Tr	1.90	m
Ancho Tajo:	1.20	metros	Promedio veta	1.20	m
Longitud Taladro :	8.00	metros			
Malla de perforación	Burden	0.35	metros	Nro. Taladros	13
	Espaciamiento	1.20	metros		4
					cargados
					arranque sin carg

DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Costo Unit.\$	FACTOR	Costo x Disp. \$	Costo/Pza. (US\$/ton.)
<b>1. MANO DE OBRA</b>						
Operador Jumbro	1.00	Tarea	1.00	56.34	1.00	56.34
Ayud. Perforista	1.00	Tarea	1.00	38.31	1.00	38.31
Disparadores	2.00	Tarea	1.00	40.56	1.00	81.12
Operadores de Scoop	0.25	Tarea	1.00	50.70	1.00	12.68
Operador carguio taladros	2.00	Tarea	1.00	56.34	1.00	112.68
			<b>5.00</b>			<b>301.12</b>
						<b>5.00</b>
<b>2. IMPLEMENTOS SEGURIDAD</b>						
			<b>Unit.\$</b>	<b>Vida util disp.</b>		
Implemento de seguridad	Tar.	6.00	2.52	1.00		15.12
Implemento seguridad op. Scoop	Tar.	0.25	4.32	1.00		1.08
ARNES T/PARACAIDISTA FP700 EN C/NYL 2"	Unidad	3.00	69.22	180.00		1.15
LINEA DE VIDA DOBLE 1.8MT C/AMORTIGUADOR	Unidad	3.00	37.28	180.00		0.62
Cable de acero 1/2"	metros	20.00	1.33	180.00		0.15
Grampas tipo crossby 1/2"	metros	4.00	6.93	180.00		0.15
						<b>18.28</b>
						<b>0.30</b>
<b>3. MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>						
		<b>Cantidad</b>	<b>Unit.\$</b>	<b>Vida util m.</b>		
BARRAS DE PERFORACION MF 5' - R32	Mts	-	175	1,400		-
BROCA BOTON R32 X 51 MM	Mts	-	68.00	400		-
SHANK ADAPTER MACHO HC50-R32 X 372 MM	Mts	-	148	1,310		-
RIMADORA TIPO DOMO R32 - 4"	Mts	-	340.00	230		-
TUBO PVC 2" pesado x 6 m. (Voladura recorte)	Pza	17.33	6.92	1.00		119.89
Petroleo (jumbo)	Gal.	-	2.77	1.00		-
Petroleo (scoop)	Gal.	8.03	2.77	1.00		22.24
Herramientas de mina	Global					1.10
						<b>143.24</b>
						<b>2.38</b>
<b>4. VOLADURA</b>						
		<b>Cantidad</b>	<b>Unit.\$</b>	<b>Vida util m.</b>		
Semexsa 65 1 1/2" x 12"	Kg.	41.22	-	1.00		-
Gelatina 75 1 1/2" x 12"	Kg.	42.82	-	1.00		-
Cordon detonante 5P	Mts	10.00	-	1.00		-
Guia ensamblada 2.4 m (Carmex)	Pza	2.00	-	1.00		-
Exsanel 10.2 m (MS)	Pza	26.00	-	1.00		-
						-
						-
<b>5. EQUIPO PERFORACIÓN-LIMPIEZA</b>						
		<b>Cantidad</b>	<b>Unit.\$</b>	<b>Vida util m.</b>		
Manguera aire 1"	Mts.	30.00	3.35	150.00		0.67
Manguera agua 1/2"	Mts.	30.00	1.72	150.00		0.34
Equipo Muki taladros largos	Hrs	7.73	-	1.00		-
Scoop 4.1 yd3 - control remoto	Hrs	2.01	93.03	1.00		186.66
						<b>187.67</b>
						<b>3.12</b>
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
						<b>10.80</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (GG- SUPERVISION )</b>						
						-
						<b>10.80</b>
Contingencia		3%				0.32
Utilidad		10%				1.08
<b>COSTO TOTAL (US\$/ton)</b>						<b>12.21</b>

**Figura 38. Costo por tonelada de la operación unitaria de perforación, voladura y limpieza para el Slot VCR**

### Interpretación:

El trabajo de la perforación, voladura y limpieza para la realización de la cara libre o también llamado Slot VCR, es de 12.21 \$/t; es decir, para esta operación nos llevaría un costo de 12.21 dólares por cada tonelada que se va extraer.

## 4.2.2 Análisis de los precios unitarios de la perforación y voladura de los taladros de producción para la aplicación del método de minado bench and fill, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A

En función a los recursos requeridos en función al personal, a los explosivos, a la instrumentación, a los equipos, a los aceros de perforación y a los materiales se ha podido realizar el cálculo del costo unitario de perforación y voladura para los taladros de producción

En la siguiente figura, se muestra el costo por tonelada de la operación unitaria de perforación, voladura y limpieza para los taladros de producción

Toneladas a Romper por disparo:	380.16	Ton		
Longitud Tajo a disparar:	12.00	metros	Longitud Tajo Tr	60.00 m
Ancho Tajo:	3.00	metros	Promedio veta	1.20 m
Longitud Taladro :	8.00	metros		
Malla de perforacion	Burden	1.20	Nro. Taladros	32 por disparo
	Espaciamiento	1.20		

DESCRIPCIÓN	Unid.	Cant.	Costo Unit.\$	FACTOR	Costo x Disp. \$	Costo/Pza. (US\$/ton.)
<b>1. MANO DE OBRA</b>						
Operador Jumbro	3.00	Tarea	1.00	56.34	1.00	169.02
Ayud. Perforista	3.00	Tarea	1.00	38.31	1.00	114.93
Disparadores	2.00	Tarea	1.00	40.56	1.00	81.12
Operadores de Scoop	2.00	Tarea	1.00	50.70	1.00	101.40
Operador carguio taladros	4.00	Tarea	1.00	56.34	1.00	225.35
			<b>5.00</b>			<b>691.82</b>
						<b>1.82</b>
<b>2. IMPLEMENTOS SEGURIDAD</b>						
			<b>Unit.\$</b>	<b>Vida util disp.</b>		
Implemento de seguridad	Tar.	12.00	2.52	1.00		30.24
Implemento seguridad op. Scoop	Tar.	2.00	4.32	1.00		8.64
ARNES T/PARACAIDISTA FP700 EN C/NYL 2"	Unidad	3.00	69.22	180.00		1.15
LINEA DE VIDA DOBLE 1.8MT C/AMORTIGUADOR	Unidad	3.00	37.28	180.00		0.62
Cable de acero 1/2"	metros	20.00	1.33	180.00		0.15
Grampas tipo crossby 1/2"	metros	4.00	6.93	180.00		0.15
						<b>40.96</b>
						<b>0.11</b>
<b>3. MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>						
		<b>Cantidad</b>	<b>Unit.\$</b>	<b>Vida util m.</b>		
BARRAS DE PERFORACION MF 5'- R32	Mts	-	175	1,400		-
BROCA BOTON R32 X 51 MM	Mts	-	68.00	400		-
SHANK ADAPTER MACHO HC50-R32 X 372 MM	Mts	-	148	1,310		-
RIMADORA TIPO DOMO R32 - 4"	Mts	-	340.00	230		-
TUBO PVC 2" pesado x 6 m. (Voladura recorte)	Pza	42.67	6.92	1.00		295.12
Petroleo (jumbo)	Gal.	-	2.77	1.00		-
Petroleo (scoop)	Gal.	50.69	2.77	1.00		140.49
Herramientas de mina	Global					1.10
						<b>436.72</b>
						<b>1.15</b>
<b>4. VOLADURA</b>						
		<b>Cantidad</b>	<b>Unit.\$</b>	<b>Vida util m.</b>		
Semexsa 65 1 1/2" x 12"	Kg.	164.90	-	1.00		-
Gelatina 75 1 1/2" x 12"	Kg.	28.50	-	1.00		-
Cordon detonante 5P	Mts	30.00	-	1.00		-
Guia ensamblada 2.4 m (Carmex)	Pza	2.00	-	1.00		-
Exsanel 10.2 m (MS)	Pza	64.00	-	1.00		-
						-
						-
<b>5. EQUIPO PERFORACIÓN-LIMPIEZA</b>						
		<b>Cantidad</b>	<b>Unit.\$</b>	<b>Vida util m.</b>		
Manguera aire 1"	Mts.	30.00	3.35	150.00		0.67
Manguera agua 1/2"	Mts.	30.00	1.72	150.00		0.34
Equipo Muki taladros largos	Hrs	-	-	1.00		-
Scoop 4.1 yd3 - control remoto	Hrs	12.67	93.03	1.00		1,178.88
						<b>3.10</b>
						<b>1,179.89</b>
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
						<b>6.18</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (GG- SUPERVISION )</b>						
						-
						<b>6.18</b>
<b>Contingencia</b>						
			3%			0.19
<b>Utilidad</b>						
			10%			0.62
<b>COSTO TOTAL (US\$/ton)</b>						
						<b>6.98</b>

**Figura 39. Costo por tonelada de la operación unitaria de perforación, voladura y limpieza para los taladros de producción.**

**Interpretación:**

El trabajo de la perforación, voladura y limpieza para la realización de los taladros de producción es de 6.98 \$/t; es decir, para esta operación nos llevaría un costo de 6.98 dólares por cada tonelada que se va extraer.

## CONCLUSIONES

1. El estudio geomecánico del macizo rocoso nos da como resultado un tipo de roca con densidad  $2.6 \text{ gr/m}^3$  y la resistencia a la compresión es de 60 Mpa, en promedio se toma los parámetros geomecánicos en mineral, ya que la perforación y voladura a realizar son en mineral respectivamente. También ayudó a determinar la altura del banco que es de 8 metros, al igual que la perforación también es la misma longitud.
2. Los parámetros del explosivo correspondiente al Emulex 80 1 ½ “x 12”, este explosivo es el ideal para el tipo de roca regular de RMR 35 a 45 que se encuentra en el tajeo 3325 del Nv 2165 hasta el Nv 2400 veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy
3. Después de haber realizado los cálculos de los modelos matemáticos, se realizó un análisis estadístico para el burden y espaciamiento
  - El análisis estadístico para el burden: el valor medio es de 1.9, la moda es de 2, la desviación estándar es de 0.3, el valor mínimo es de 1.4 y el valor máximo es de 2.7.
  - El análisis estadístico para el espaciamiento: el valor medio es de 1.5, la moda es de 1.5, la desviación estándar es de 0.4, el valor mínimo es de 1.0 y el valor máximo es de 2.3.En el caso práctico in situ se tomó el siguiente replanteo en el cálculo el burden en promedio es de 1.2 y el espaciamiento en promedio es de 1.2
4. Para una sección de 1.8 m x 1.5 m x 8 m, se tiene en promedio de los cuatro disparos realizados, un volumen roto de  $21.60 \text{ m}^3$ , el tonelaje roto es de 64.80 ton, el factor de carga es de  $1.85 \text{ kg/m}^3$  y el factor de potencia es de  $0.62 \text{ kg/t}$  en los taladros de producción. Lo cual son resultados muy aceptables para el disparo.
5. El factor de carga y factor de potencia para los taladros del Slot VCR, se tiene el factor de potencia es de  $2.52 \text{ kg/t}$  y el factor de carga es de  $7.53 \text{ kg/m}^3$ .

6. El costo por tonelada de la perforación, voladura y limpieza para realizar la cara libre o también llamado Slot VCR es de 12.21 \$/t; es decir, para esta operación nos llevaría un costo de 12.21 dólares por cada tonelada que se va extraer.
  
7. El costo por tonelada de la perforación, voladura y limpieza para realizar los taladros de producción es de 6.98 \$/t; es decir, para esta operación nos llevaría un costo de 6.98 dólares por cada tonelada que se va extraer.

## RECOMENDACIONES

1. Es beneficioso realizar el estudio de los parámetros geológicos para saber si se podemos realizar el minado *bench and fill*, los parámetros están dentro de la selección del método de minado *bench and fill* de la veta Milagros Tajeo 3325.
2. Antes del diseño de malla de perforación y voladura se recomienda evaluar la eficiencia y si los resultados se encuentran por encima del 92 % como es el caso del disparo en la veta Milagros, se tiene buenos resultados en la perforación de los taladros de producción y el Slot VCR, siendo factible para el método de minado *bench and fill*.
3. Se recomienda llevar el control de la desviación de los taladros de perforación, en la veta Milagros se realiza la perforación con herramientas como es la barra de perforación MF 5' - R32, la broca de botón retráctil R32x51 mm y la broca rimadora tipo domo R32 - 4", se obtuvo buenos resultados ya que se tiene una desviación esperada del 3 %.
4. Es recomendable realizar el análisis de la velocidad de detonación para mantener los resultados esperados.
5. Se recomienda que tras la fragmentación del disparo analizar el uso del explosivo en la veta Milagros. Se usó el explosivo Emulex 80 y se tuvo una fragmentación por debajo de las 5" de longitud, lo cual es muy eficiente y beneficioso para el carguío del mineral.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COLONIO, Elvis. Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos en la U. E. A. Recuperada de la Compañía de Minas Buenaventura S .A .A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2015, 127 pp.
2. VILCA, Christian. Diseño e implementación del método de explotación Bench and Fill Stopping en vetas angostas tipo rosario, para incrementar la producción – Minera Chalhuane S. A. C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018, 118 pp.
3. VILLALTA, Roger. Aplicación del método de explotación por taladros largos en Veta Virginia de la Unidad San Cristobal de la Compañía Minera Volcan S. A. A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno : Universidad Nacional del Altiplano , 2018, 125 pp.
4. ESCALANTE, Joshimar. Proyecto de incremento de la producción de 1200 tmd a 2000 tmd mediante el método Sublevel Open Stopping y Bench & Fill en la U.E.A. Contonga S.A. Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion , 2018, 165 pp.
5. HUANCA, Tano. Implicancia de la aplicación del metodo de explotacion Bench and Fill en la reduccion de costos de perforacion y voladura en el Tj 024 de la Veta Socorro en la Unidad Minera Uchucchacua, Oyon-Lima. Cusco : Universidad Nacional de San Antono Abad del Cuzco, 2019, 119 pp.
6. DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO. *Estudio del metodo de minado por taladros largos*. Pataz : Unidad Minera Parcoy, 2020.

7. SUPERINTENDENCIA DE PLANEAMIENTO . *Estudio geomecanico de las zonas de produccion Zona Norte y Sur*. La Libertad : Unidad Minera Acumulada Parcoy, 2020.
  
8. ÁREA DE PLANEAMIENTO, CONSORCIO MINERO HORIZONTE. *Proyecto del metodo de miando por Bench and Fill*. La Libertad : Unidad Minera Parcoy, 2020.
  
9. RESEMIN S.A. Productos de perforacion. [En línea] 08 de 12 de 1990. [Citado el: 23 de 1 de 2022.]  
<http://www.resemin.com/index.php?route=product/category&path=69>.
  
10. EXSA S.A. *Ficha Técnica Emulsion Emulex*. Lima : Explosivos S.A., 2018.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de consistencia

Evaluación técnica económica de la veta Milagros para la aplicación del método de minado *bench and fill*, unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S.A

S.A

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo influye la evaluación técnica económica de la Veta Milagros para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?	Realizar la evaluación técnica económica de la Veta Milagros para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.	La evaluación técnica económica de la Veta Milagros es factible y viable para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo influye los parámetros de perforación y voladura de la Veta Milagros para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?	Determinar los parámetros de perforación y voladura de la Veta Milagros para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.	La evaluación de los parámetros de perforación y voladura de la Veta Milagros es factible para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.
¿Cómo influye los costos unitarios operacionales de la Veta Milagros para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.?	Evaluar los costos unitarios operacionales de la Veta Milagros para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.	La evaluación de los costos unitarios operacionales de la Veta Milagros es factible y viable para la aplicación del método de minado <i>bench and fill</i> , unidad minera Parcoy, Consorcio Minero Horizonte S. A.

## Anexo 2

### Diseño de la malla de perforación y voladura en los taladros largos



### Anexo 3

## Voladura de los taladros de producción del diseño de malla para el minado, Bench and Fill



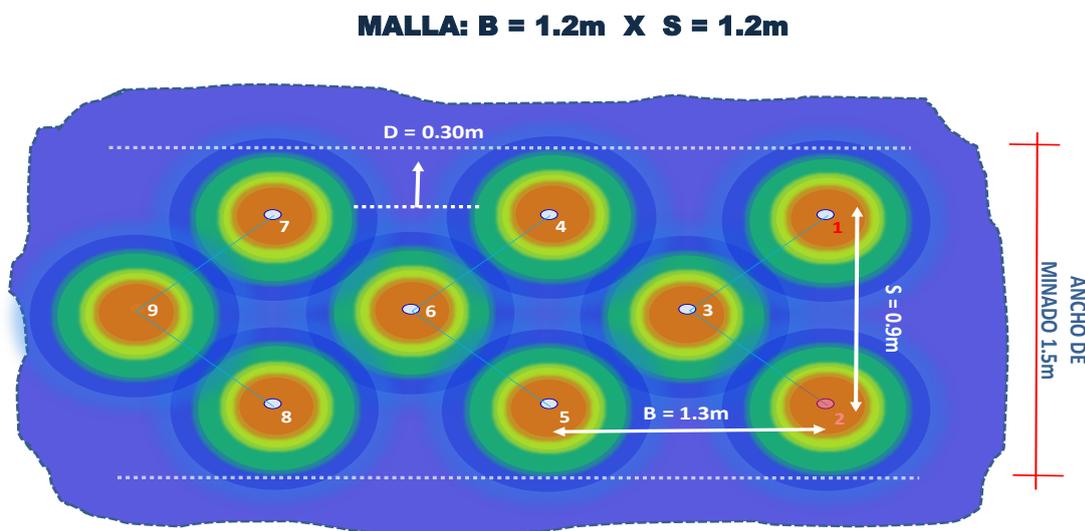
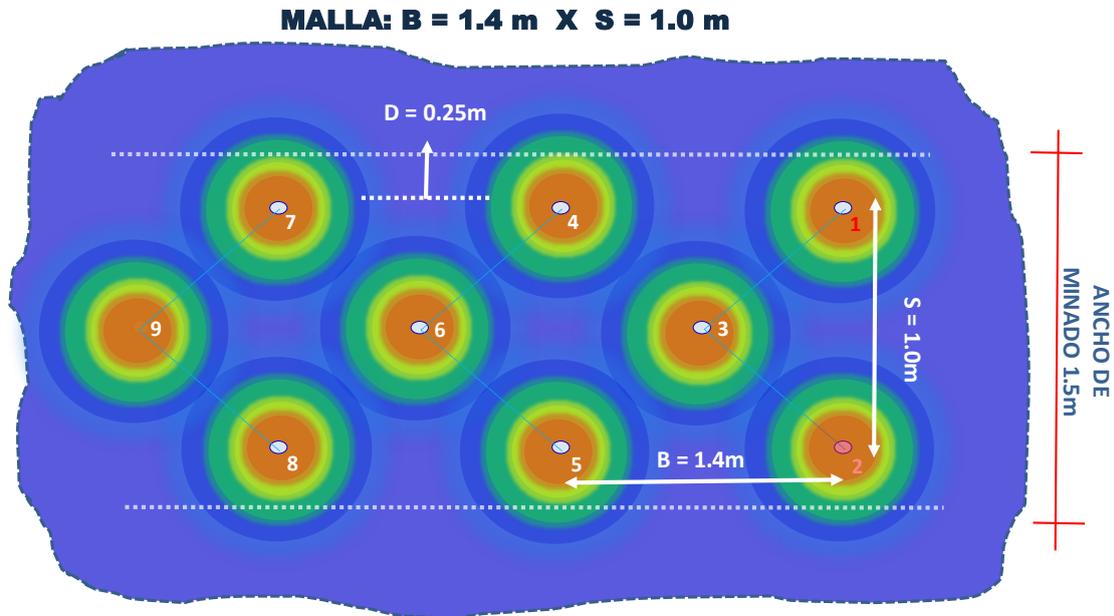
#### Anexo 4

Explosivo Emulex 80 utilizada en el disparo del método de minado, Bench and Fill



## Anexo 5

### Simulación de mallas burden x espaciamento distribución de energía y daño

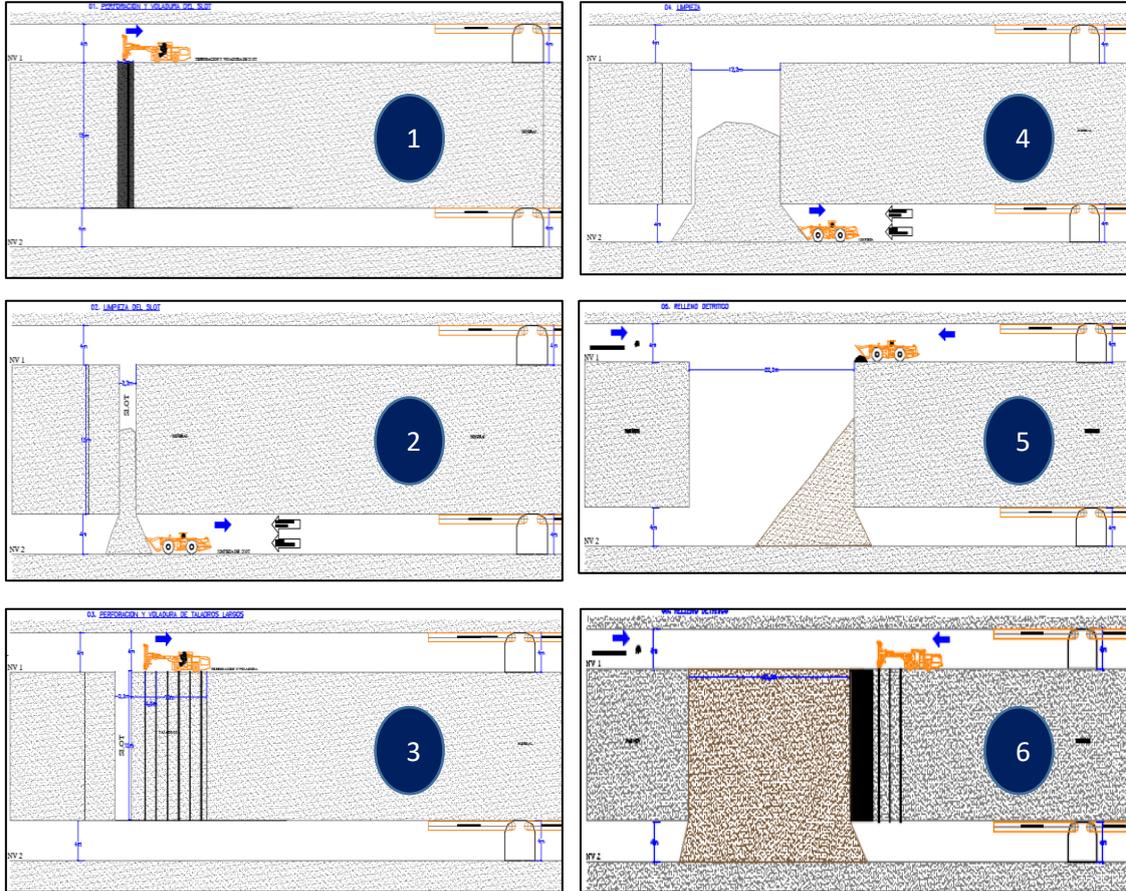


**Ajuste de malla -20% B, +20% S, por condiciones de roca en las cajas (RMR 28-38)**

*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*

## Anexo 6

### Esquema de ciclo de minado



*Tomado del Área de Planeamiento, unidad minera Parcoy (8)*