

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance, para reducir la dilución de mineral, Minera Aurífera Retamas S. A.**

Gabriel Hernan Aymachoque Azaña  
Luis Antonio Jesus Perez Rojas

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

**A** : Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Jesus Fernando Martinez Ildefonso  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 12 de enero de 2024

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "APLICACIÓN DE LA VOLADURA DIFERENCIADA EN LOS FRENTE DE AVANCE, PARA REDUCIR LA DILUCIÓN DE MINERAL, MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Gabriel Hernan Aymachoque Azaña, Luis Antonio Jesus Perez Rojas, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 14 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

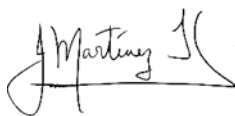
- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 40) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Asesor de tesis

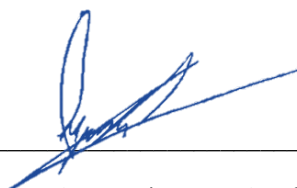
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Gabriel Hernan Aymachoque Azaña, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73115872, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "APLICACIÓN DE LA VOLADURA DIFERENCIADA EN LOS FRENTES DE AVANCE, PARA REDUCIR LA DILUCIÓN DE MINERAL, MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

12 de enero de 2024



---

Gabriel Hernan Aymachoque Azaña

DNI. No. 73115872

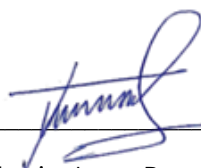
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Luis Antonio Jesus Perez Rojas, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70541051, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "APLICACIÓN DE LA VOLADURA DIFERENCIADA EN LOS FRENTES DE AVANCE, PARA REDUCIR LA DILUCIÓN DE MINERAL, MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

9 de enero de 2024



---

Luis Antonio Jesus Perez Rojas

DNI. No. 70541051

# APLICACIÓN DE LA VOLADURA DIFERENCIADA EN LOS FRENTE DE AVANCE, PARA REDUCIR LA DILUCIÓN DE MINERAL, MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.

## ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://oa.upm.es">oa.upm.es</a> Internet Source	2%
2	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Internet Source	2%
3	<a href="http://repositoriodemo.continental.edu.pe">repositoriodemo.continental.edu.pe</a> Internet Source	2%
4	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://repositorio.uni.edu.pe">repositorio.uni.edu.pe</a> Internet Source	1%
7	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Internet Source	1%

[fddocuments.ec](http://fddocuments.ec)

9	Internet Source	1 %
10	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Internet Source	1 %
11	<a href="http://dspace.uazuay.edu.ec">dspace.uazuay.edu.ec</a> Internet Source	<1 %
12	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
13	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
14	Submitted to Universidad Católica de Santa María Student Paper	<1 %

Exclude quotes Off  
Exclude bibliography On

Exclude matches < 40 words

## **ASESOR**

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso



## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra alma mater:  
Universidad Continental.

A los docentes de la E.A.P.  
de Ingeniería de Minas por  
sus valiosas enseñanzas.

## **DEDICATORIA**

Yo Hernán, dedico esta tesis a mis padres: Hernán Fernando Aymachoque Marroquín y Luz María Azaña Quezada, siempre me apoyaron económica y emocionalmente a lo largo de mi carrera universitaria, sé que fueron muchos desafíos, pero siempre sus palabras de aliento estuvieron ahí para motivarme y seguir adelante frente a las adversidades de la vida.

Yo, Luis Antonio, dedico esta tesis con todo cariño a mi hija María Fernanda y a mi hermana Andrea, por ellas lucho para superarme, apoyarlas y darles lo mejor.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
ASESOR .....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xviii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	20
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	20
1.1.1 Planteamiento del problema .....	20
1.1.2 Formulación del problema .....	20
1.2 Objetivos.....	21
1.2.1 Objetivo general.....	21
1.2.2 Objetivos específicos .....	21
1.3 Justificación e importancia .....	21
1.4 Hipótesis .....	22
1.4.1 Hipótesis general .....	22
1.4.2 Hipótesis específicas .....	22
1.5 Identificación de las variables .....	22
1.5.1 Variable.....	22
1.5.2 Variable dependiente .....	22
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables .....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	24
2.1 Antecedentes del problema .....	24
2.1.1 Antecedentes nacionales .....	24
2.2 Generalidades de la minera aurífera Retamas S. A.....	28
2.2.1 Ubicación .....	28
2.2.2 Geología general .....	30

2.3 Bases teóricas .....	33
2.3.1 Descripción del método de minado por corte y relleno .....	33
2.3.2 Frentes de avance de recortes horizontales .....	35
2.3.3 Dilución de mineral .....	36
CAPÍTULO III: MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO .....	38
3.1 Método y alcances de la investigación.....	38
3.1.1 Método general o teórico de la investigación.....	38
3.1.2 Alcance 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
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1 Aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral de la minera aurífera Retamas S.A.....	40
4.1.1 Diseño del método de minado corte y relleno, de la veta Cabana 2, del subnivel 2949 norte .....	42
4.2 Clasificación geomecánica del macizo rocoso para su aplicación en la voladura diferenciada en los frentes de avance de la minera aurífera Retamas S.A. ....	44
4.3 Diseño de malla de perforación y voladura en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral de la minera aurífera Retamas S. A.....	46
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES .....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la minera aurífera Retamas S. A. ....	29
Figura 2. Columna estratigráfica regional.....	31
Figura 3. Metodología de trabajo para reducir la dilución de los frentes de avance de la veta Cabana 2 del subnivel 2949 norte .....	41
Figura 4. Diseño del método de minado corte y relleno de la veta Cabana 2.....	42
Figura 5. Diseño del método de minado corte y relleno, de la veta Cabana 2 del subnivel 2940 sur .....	43
Figura 6. Diseño del método de minado corte y relleno, de la veta Cabana 2 del subnivel 2940 norte .....	44
Figura 7. Caracterización geomecánica de la veta Cabana 2, en el subnivel 2949 .....	46
Figura 8. Diseño de malla de perforación y voladura de la veta Cabana 2 en el subnivel 2949 sur .....	47
Figura 9. Diseño de malla de perforación y voladura de la veta Cabana 2 realizada en el subnivel 2949 norte.....	49
Figura 10. Diseño de malla de perforación y voladura cortes horizontales de minado corte y relleno ascendente de la veta Cabana 2.....	51
Figura 11. Análisis del porcentaje de dilución por rotura .....	52
Figura 12. Análisis del porcentaje de dilución por rotura.....	54
Figura 13. Análisis del porcentaje de dilución por rotura .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....	23
Tabla 2. Ubicación y accesibilidad de la minera aurífera Retamas S.A. ....	28
Tabla 3. Caracterización geomecánica de la veta Cabana 2 .....	45
Tabla 4. Caracterización del macizo rocoso de la galería superior de la del tajeo norte situada de la veta Cabana 2 .....	65
Tabla 5. Caracterización del macizo rocoso de la galería inferior de la veta Cabana 2 .....	66

## RESUMEN

En minera aurífera Retamas S. A. se viene minando con el método de corte y relleno ascendente, en esta, las labores de desarrollo como las galerías principales, chimeneas de doble o triple compartimiento y subniveles se realizan en veta y producto del deficiente diseño de malla de perforación y voladura se tiene un aumento de la dilución del mineral, así mismo en su mayoría se encuentra en contacto con panizo, relleno o calizas. Esto genera que cuando se realiza la voladura se desprenda parte del desmonte cubriendo el mineral o viceversa.

Actualmente, se viene explotando con una ley promedio de oro (Au) de 10 gr/t. Como medida correctiva, se plantea realizar el análisis de la caracterización geomecánica de las rocas del yacimiento. Se encuentra en roca granodiorita, con alteración, presencia de subvertical a labor, presenta un RMR 41-50, catalogado de acuerdo al GSI como un macizo rocoso Muy fracturado malo (MF/M), según la tabla geomecánica considera que la roca es de un tipo Regular "B" III B; en consecuencia, se realiza un sostenimiento con malla de 4" x 4" no galvanizada y barra helicoidal de 5 pie, intermediando con *slip set* de 5 pies, distribución de pernos en cocada.

El diseño situacional de esta malla de perforación y voladura de la veta Cabana 2 realizada en el subnivel 2949 sur, ha generado sobrerotura de 15 centímetros en toda la periferia en promedio de la labor, incrementando la sobre dilución en un 15 %. El factor de potencia es de 1.56 kg/t con un avance efectivo de 1.4 metros los cuales son deficientes

La voladura diferencial de la perforación y voladura de los disparos realizados en veta tiene un avance efectivo de 1.5 metros, el número de taladros cargados es de 13, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 2.83 toneladas, el factor de potencia es de 3.30 kilogramos por tonelada. Los disparos en las cajas se tiene un avance efectivo es de 1.5 metros, el número de taladros

cargados es de 8, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 6.82 toneladas, el factor de potencia es de 0.84 kilogramos por tonelada.

La dilución del mineral roto es del 7 % en el subnivel 2949 norte y la dilución del mineral roto es del 6 % en los cortes horizontales de la veta Cabana 2, el análisis de la fragmentación del mineral roto del subnivel 2949 norte en el P80 del material volado pasa por una malla de 0.80 pulgadas en promedio de 2.04 centímetros y el análisis de la fragmentación del mineral roto de los cortes horizontales de la veta Cabana 2, el P80 del material volado pasa por una malla de 0.77 pulgadas en promedio de 1.95 centímetros.

**Palabras clave:** aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance.



## ABSTRACT

At Minera Aurifera Retamas S.A, mining has been done using the ascending cut and fill method, in which the development work such as the main galleries, double and triple compartment chimneys and sublevels are carried out in a vein, which is a product of the poor design of drilling and blasting mesh, there is an increase in the dilution of the mineral, likewise, most of it is in contact with panizo, fill or limestone, and this generates that when the blasting is carried out, part of the waste is detached, covering the mineral or vice versa.

It is currently being exploited with an average gold grade (Au) of 10 gr/t. As a corrective measure, it is proposed to carry out the analysis of the geomechanical characterization of the rocks of the reservoir.

It is found in Granodiorite rock, with alteration, presence of sub-vertical to working, presents an RMR 41-50, cataloged according to the GSI as a Very Fractured bad rock mass (MF/M). According to the Geomechanical table, it is considered that the rock is of REGULAR type "B" III B, therefore support is carried out with a non-galvanized 4"x4" mesh and a 5-foot helical bar, intermediated with a 5-foot slip set, distribution of bolts in cocada.

The situational design of this drill and blast mesh design of the Cabana 2 vein carried out at Sub level 2949 South. It has generated over breakage of 15 centimeters throughout the periphery on average of the work, increasing over dilution by 15%. The power factor is 1.56 Kg/t with an effective advance of 1.4 meters which are deficient

The differential blasting of the drilling and blasting of the shots carried out in the vein, there is an effective advance of 1.5 meters, the number of loaded drills is 13, the drilling diameter is 38 mm, the broken tonnage is 2.83 tons, The power factor is 3.30 kilograms per ton. The shots in the boxes have an effective advance of 1.5 meters, the number of loaded drills is 8, the drilling diameter is 38 mm, the broken tonnage is 6.82 tons, the power factor is 0.84 kilograms per ton.

The dilution of the broken ore is 7 % in the Sub level 2949 North and the dilution of the broken ore is 6 % in the horizontal cuts of the Cabana 2 vein, the analysis of the fragmentation of the broken ore of the Sub level 2949 North in the P80 of the blasted material passes through a mesh of 0.80 inches on average of 2.04 centimeters and the analysis of the fragmentation of the broken ore of the horizontal cuts of the Cabana 2 vein, the P80 of the blasted material passes through a mesh of 0.77 inches on average of 1.95 centimeters.

**Keywords:** application of differentiated blasting on the advancing fronts.

## INTRODUCCIÓN

En minera aurífera Retamas S. A. se viene minando con el método de corte y relleno ascendente, en esta, las labores de desarrollo como las galerías principales, chimeneas de doble o triple compartimiento y subniveles se realizan en veta y producto del deficiente diseño de malla de perforación y voladura se tiene un aumento de la dilución del mineral, así mismo en su mayoría se encuentra en contacto con panizo, relleno o calizas. Esto genera que cuando se realiza la voladura se desprenda parte del desmonte cubriendo el mineral o viceversa.

Actualmente, se viene explotando con una ley promedio de oro (Au) de 10 gr/t. Como medida correctiva, se plantea realizar el análisis de la caracterización geomecánica de las rocas del yacimiento. Se encuentra en roca granodiorita, con alteración, presencia de subvertical a labor, presenta un RMR 41-50, catalogado de acuerdo al GSI como un macizo rocoso Muy fracturado malo (MF/M), según la tabla geomecánica considera que la roca es de un tipo Regular "B" III B; en consecuencia, se realiza un sostenimiento con malla de 4" x 4" no galvanizada y barra helicoidal de 5 pie, intermediando con *slip set* de 5 pies, distribución de pernos en cocada.

Cabana 2 realizada en el subnivel 2949 sur, ha generado sobrerotura de 15 centímetros en toda la periferia en promedio de la labor, incrementando la sobre dilución en un 15 %. El factor de potencia es de 1.56 kg/t con un avance efectivo de 1.4 metros los cuales son deficientes

La voladura diferencial de la perforación y voladura de los disparos realizados en veta tiene un avance efectivo de 1.5 metros, el número de taladros cargados es de 13, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 2.83 toneladas, el factor de potencia es de 3.30 kilogramos por tonelada. Los disparos en las cajas se tiene un avance efectivo es de 1.5 metros, el número de taladros cargados es de 8, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 6.82 toneladas, el factor de potencia es de 0.84 kilogramos por tonelada.

La dilución del mineral roto es del 7 % en el subnivel 2949 norte y la dilución del mineral roto es del 6 % en los cortes horizontales de la veta Cabana 2, el análisis de la fragmentación del mineral roto del subnivel 2949 norte en el P80 del material volado pasa por una malla de 0.80 pulgadas en promedio de 2.04 centímetros y el análisis de la fragmentación del mineral roto de los cortes horizontales de la veta Cabana 2, el P80 del material volado pasa por una malla de 0.77 pulgadas en promedio de 1.95 centímetros.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

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

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

Las empresas mineras pequeñas, medianas y gran minería a nivel mundial, durante muchos años han buscado disminuir la dilución del mineral en la explotación por diversos métodos de minado, desde los trabajos de preparación y desarrollo hasta la etapa de explotación, esto hace que continuamente se esté buscando nuevas formas o nuevos métodos de explotación, a fin que ayuden a optimizar la productividad por medio de controles de los parámetros y factores en la perforación y voladura, transporte, acarreo entre otros trabajos realizados dentro de las etapas de preparación y desarrollo, y en la etapa de extracción del mineral.

A nivel nacional en todo el Perú, en la actualidad, se encuentran proyectos mineros en pequeña, mediana y gran minería, dentro de los objetivos de las empresas mineras está poder reducir la dilución de mineral por medio de métodos de circado o métodos selectivos de minado, a fin de mejorar la recuperación del mineral.

#### **1.1.2 Formulación del problema**

##### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cómo será la aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral en la minera aurífera Retamas S.A.?

##### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera el estudio de la clasificación geomecánica del macizo rocoso se aplicará en la voladura diferenciada en los frentes de avance en la minera aurífera Retamas S.A.?
- ¿De qué manera se realizará el diseño de malla de perforación y voladura en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral en la minera aurífera Retamas S.A.?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Desarrollar la aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral en la minera aurífera Retamas S.A.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Desarrollar el estudio de la clasificación geomecánica del macizo rocoso para su aplicación en la voladura diferenciada en los frentes de avance en la minera aurífera Retamas S.A.
- Desarrollar el diseño de malla de perforación y voladura en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral en la minera aurífera Retamas S.A.

## **1.3 Justificación e importancia**

En minera aurífera Retamas S. A. se viene minando con el método de corte y relleno ascendente, en esta, las labores de desarrollo como las galerías principales, chimeneas de doble o triple compartimiento y subniveles se realizan en veta y producto del deficiente diseño de malla de perforación y voladura se tiene un aumento de la dilución del mineral, así mismo en su mayoría se encuentra en contacto con panizo, relleno o calizas. Esto genera que cuando se realiza la voladura se desprenda parte del desmonte cubriendo el mineral o viceversa.

Actualmente, se viene explotando con una ley promedio de oro (Au) de 10 gr/t. Como medida correctiva, se plantea realizar el análisis de la caracterización geomecánica de las rocas del yacimiento

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis general**

La aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance es factible y viable para reducir la dilución de mineral en la minera aurífera Retamas S.A.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- El estudio de la clasificación geomecánica del macizo rocoso influye positivamente en la aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance en la MINERA AURÍFERA Retamas S.A.
- El diseño de malla de perforación y voladura en los frentes de avance es factible y viable para reducir la dilución de mineral en la minera aurífera Retamas S.A.

## **1.5 Identificación de las variables**

### **1.5.1 Variable**

Aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance.

### **1.5.2 Variable dependiente**

Reducir la dilución de mineral.

### **1.5.3 Matriz de operacionalización de variables**

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

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I: Voladura diferenciada en los frentes de avance	Es un método de minado selectivo en estructuras de mineral de poca potencia, en la que se extrae primero el material no económico, y posteriormente el mineral de alta ley.	<p>Caracterización geomecánica</p> <p>Diseño de malla de perforación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso.</li> <li>• Familias de discontinuidades.</li> <li>• Parámetros de las discontinuidades.</li> <li>• Factores y parámetros de perforación.</li> <li>• Metros perforados.</li> <li>• Cantidad de aceros de perforación.</li> <li>• Longitud de desviación de taladros (cm)</li> </ul>
V.D: Reducir la dilución de mineral	Es disminuir la dilución de mineral, que ocurre cuando el mineral se mezcla con una cantidad considerable de material detrítico, diluyendo la concentración de leyes.	<p>Concentración de ley de mineral</p> <p>Evaluación de los costos de operación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de mineral</li> <li>• Dilución de mineral</li> <li>• Costo de perforación (\$/m)</li> <li>• Costo de voladura (\$/m)</li> <li>• Costo de limpieza (\$/m)</li> <li>• Costo de sostenimiento (\$/m)</li> <li>• Costo de relleno (\$/m)</li> </ul>



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

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

a) Tesis titulada: “*Reducción de dilución mediante la aplicación de voladura diferenciada en labores de Breasting dentro de la mina Pallancata*” realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para disminuir la dilución actual dentro de los tajeos de corte y relleno mediante el uso de voladura diferenciada (1). Además, la metodología tiene las siguientes características: (1)

- Al final de las pruebas piloto realizadas se obtuvo una reducción de la dilución en un 88.88 % en la labor BA1905, y una reducción del 76.48 % en la GL2087, teniendo así una reducción promedio del 83.20 % en un total de 22 disparos realizados donde se logró separar 560.26 toneladas de desmonte de un inicial de 2077.50 toneladas, logrando así disminuir considerablemente la dilución (83% de reducción) y por ende la recuperación metalúrgica en la planta según el histórico de recuperaciones versus leyes de cabeza (1).
  
- Si bien la voladura diferenciada para el caso de aplicación realizado conlleva algunos costos adicionales en transporte y el zarandeo de las cargas, se tiene un ahorro en el tratamiento y recuperación del mineral al tener menor tonelaje con mayor ley (1).

- Un segundo beneficio indirecto es que, al llevar menor tonelaje a la planta, la vida de la relavera es mayor, por lo que los gastos en la misma se ven afectados positivamente al tener que reducir las obras en la expansión de esta (1).

b) Tesis titulada: “*Aplicación del método Cut & Fill con circado y su influencia en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S. A., Ancash -2021*” realizada en la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para determinar la influencia de la aplicación del método *cut & fill* con circado en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021 (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2):

- La dilución de mineral del tajo L-598 V5 en el nivel 4455 durante el año 2020 se presentó con un promedio de 13.09 % de dilución de mineral; mientras que, en mayo del 2021 aplicando el método *cut & fill* con circado se obtuvo 8.47 % de la dilución de mineral, influyendo positivamente en las leyes de mineral y facilitando el proceso metalúrgico (2).
- El diseño de la malla de perforación con método *cut & fill* con circado es muy apropiado de acuerdo con el tipo de terreno que se presenta en el nivel 4455, ya que se logra optimizar 122 taladros. De esta manera se ahorró en los costos de perforación, aceros y explosivos; dando como resultado 421.66 dólares. Así, se influye positivamente en el proceso de minado (2).
- Los costos de operación de acuerdo con el método *cut & fill* y *cut & fill* con circado tienden a tener una diferencia de 0.75 dólares por metro cúbico ya que el método *cut & fill* con circado en realce es mucho más rentable a comparación de del método *cut & fill* (2).

c) Tesis titulada: “*Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad*” realizada en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para determinar un método de minado selectivo para explotar vetas de

oro en la minera Marsa S.A Pataz. Región la Libertad (3). Además, la metodología tiene las siguientes características (3):

- Al emplear el método selectivo se mejora la productividad de la explotación de las vetas de la minera Marsa (3).
- 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 (3).
- 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 (3).
- Aplicando el método selectivo se mejora la eficiencia de voladura de 90 % a 95 % (3).
- 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 (3).

d) Tesis titulada: "*Estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca*" realizada en la Universidad Cesar Vallejo. El objetivo del estudio fue realizar un estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca (4). Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- En el trabajo se realizó un estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca. Lo más significativo de realizar el estudio del método de circado fue evaluar las condiciones geomecánicas y geológicas porque te permiten estudiar las condiciones de la veta, y a partir de ello evaluar la manera de explotarla selectivamente. Lo difícil en este

proceso fue hallar el método de explotación complementario al método de circado porque según el método de explotación considerado se tuvo que hacer un diseño de malla y secuencia de encendido que vaya acorde con las características de labor, ya que la distribución de taladros dependió de la zona, ya sea mineralizada o de la zona de desmonte evitando de esta manera la dilución (4).

- En este trabajo se efectuó el estudio geomecánico para la viabilidad del método del circado en la mina Nueva Esperanza - Nivel II. Lo más importante del estudio geomecánico son los parámetros geológicos y geomecánicos, recolectados del yacimiento de las diferentes labores, porque este es la base para la evaluación del método. En las vetas angostas es necesario desarrollar un estudio minucioso, ya que se busca la selectividad en el proceso de explotación. Lo difícil en el desarrollo de este objetivo es realizar el estudio geomecánico de la zona mineralizada, la caja techo y la caja piso ya que cada una de estas presentan características diferentes, que son fundamentales para la determinación del método de explotación selectivo (4).

e) Tesis titulada: "*Explotación de vetas angostas con métodos de circado - corte y relleno ascendente para mejorar productividad - Unidad Minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. - 2019*" realizada en la Universidad Nacional del Centro del Perú. El objetivo del estudio fue determinar en qué medida la explotación de vetas angostas con métodos de circado permite mejorar la productividad en la unidad minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. (5). Además, la metodología tiene las siguientes características (5):

- La explotación de vetas angostas con el método de circado en corte y relleno ascendente permite mejorar positivamente la productividad en la unidad minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. (5).
- La clasificación geomecánica permite mejorar significativamente la productividad en la unidad minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. (5).
- Una eficiente perforación y voladura permite mejorar la productividad adecuadamente en la unidad minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. (5).

- El volumen de mineral roto era con anterioridad al nuevo diseño de malla era de 4 tn; con el nuevo diseño se ha alcanzado a obtener hasta 5 tn. Lo cual significa un incremento del 25 % (5).
- De acuerdo con los cálculos realizados el rendimiento que anteriormente fue de 4 toneladas/hombre, esta ha sido mejorado a 5,5 toneladas/hombre lo cual significa un incremento del orden 37,5 % más que antes (5).

## 2.2 Generalidades de la minera aurífera Retamas S. A.

### 2.2.1 Ubicación

La minera aurífera Retamas S. A. está ubicada en el anexo de Llacuabamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de la Libertad; en el flanco oeste de la cordillera oriental a 180 km hacia el este de la ciudad de Trujillo, a una altura de 3900 m s. n. m. (6)

**Tabla 2. Ubicación y accesibilidad de la minera aurífera Retamas S.A.**

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo aproximado (h)
Lima - Trujillo	562	Asfaltada	7.5 horas.
Trujillo – Chirán	34	Asfaltada	1 horas.
Chirán – Chagual	307	carretera	8 horas
Chagual – Mina MARSÁ	69.2	carretera	3 horas
<b>TOTAL</b>	<b>972.2</b>		<b>19.5 horas</b>

*Tomada del Departamento de Planeamiento de la Minera Aurífera Retamas S.A. (6)*



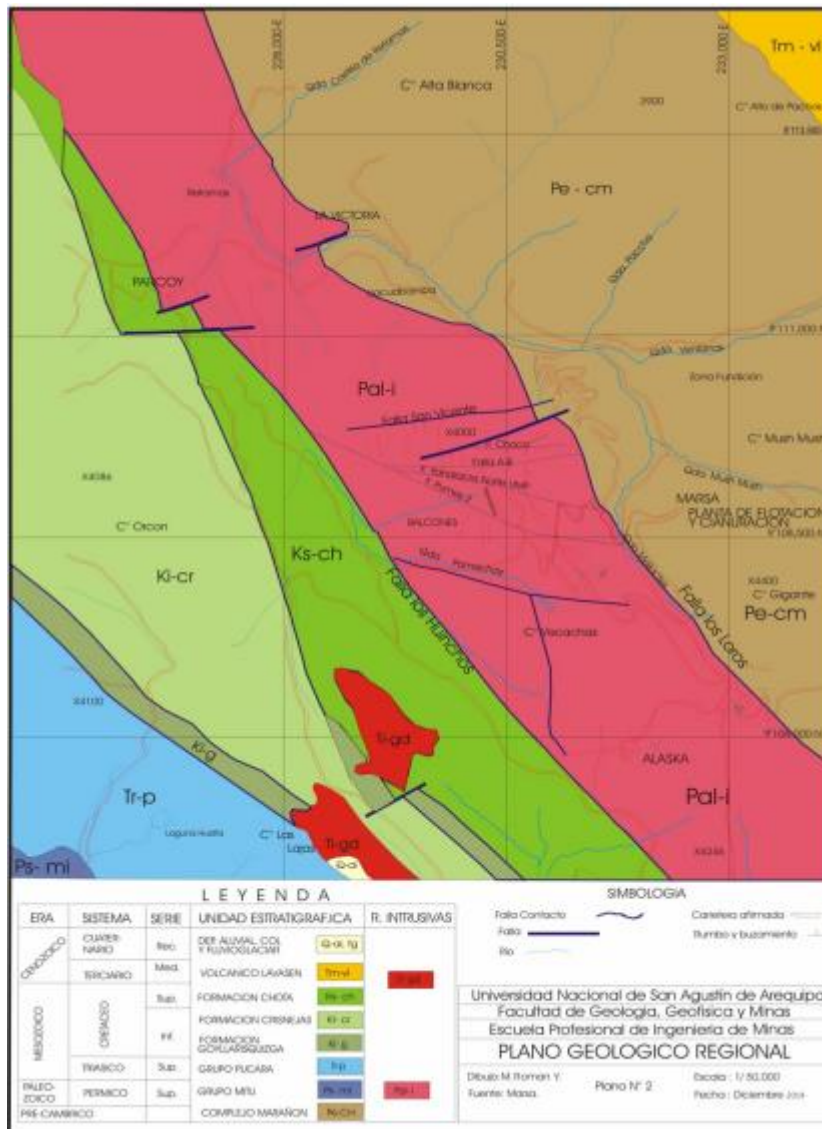
**Figura 1. Ubicación de la minera aurífera Retamas S. A.  
Tomada del Departamento de Planeamiento de la Minera Aurífera Retamas S. A. (6)**

## 2.2.2 Geología general

### a) Geología regional

Las deformaciones plásticas de las filitas denotan cuatro eventos tectónicos:

- Metamorfismo que debe haber tenido lugar alrededor de la transición precámbrica (7).
- Paleozoico donde las rocas volcánicas se encuentran solo en la parte superior fracturadas pizarras ordoviciense con graptolites. Formación Contaya que sobreyasen en los volcánicos que casi no han sufrido deformaciones (7).
- El Paleozoico Medio Superior y el Triásico Inferior están representados por sedimentos con movimientos (grupo Ambo) de Carbonífero y el grupo Mito del Pérmico Superior y el Triásico Inferior, después de la deposición de los carbonatos marinos moricosliásicos (grupo Pucará) (7).
- El desarrollo geológico está caracterizado desde el Jurásico Medio, por el levantamiento de la cordillera oriental y una escasa sedimentación donde se distingue el grupo Goyllarisquizga del Neociano, formación Crisnejas del Albiano Medio y formación Chuta del santón Eoceno, con intrusiones subvolcánicas y un volcanismo, ácido que han atribuido al ácido andino como volcanismo LAVASEN (7).



**Figura 2. Columna estratigráfica regional**  
Tomada del Departamento de Administración de la minera aurífera Retamas S.A. (6)

## b) Geología local

La zona se halla mayormente cubierta por depósitos cuaternarios; las rocas y estructuras mineralizadas se encuentran poco expuestas en la mina El Gigante, debajo de la cubierta Cuaternaria se extiende el intrusivo de Patáz, de naturaleza félsica a metafélsica; en este se hospedan las vetas auríferas (7).

### • Rocas intrusivas

El intrusivo de Patáz se extiende como una franja longitudinal de rumbo N 60°W y ancho promedio de 2.5 Km. El contacto NE con el Complejo del Marañón se caracteriza por una franja de enclaves de ancho variable, constituidos por



fragmentos alargado de filitas pizarras, metavolcánicos y microdiorita; mientras que el contacto SW está marcado por la falla Huinchus (7).

- **Rocas metamórficas**

Representada por el complejo del Marañón. Constituida por pizarras oscuras y filitas grisáceas, intercaladas con pequeñas capas de esquistos cloritizadas y metavolcánicos; se hallan expuestas en lado NE del batolito de Pataz, en las quebradas Ventanas, Mushmush, Molinetes, Los Loros y San Vicente; encontrándose plegadas, falladas y/o perturbadas por varios eventos de metamorfismo dinámico e ígneo; asociados a este callamiento aparecen ciertas estructuras auríferas de características similares y/o diferentes a las estructuras emplazadas en el intrusito (7).

- **Rocas sedimentarias**

Conformada por la secuencia sedimentaria del Paleozoico y Mesozoico que aflora al SW del batolito de Pataz, desde Alaska por el sur hasta Cachica por el norte (correspondiente a nuestra zona de interés). Esta secuencia está constituida por la unidad volcano sedimentaria (areniscas, limonitas, micro conglomerados a conglomerados, tobas riolíticas y brechas – aglomerados de riolitas dacitas), pertenecientes al grupo Mitú (Pérmico) y calizas del grupo Pucará (Triásico – Jurásico) (7).

- **Depósitos cuaternarios**

Los depósitos cenozoicos, constituidos por suelos residuales, coluviales, fluvio-glaciares y aluviales, se extienden cubriendo gran parte del área, con espesores que varían de 1 a 50 m formando un relieve abrupto con vegetación de Puna (7).

### **c) Geología estructural**

Se considera una asociación típica mesotermal, con temperatura en el rango de 250 – 350 °C, se presenta una serie de vetas auríferas a partir de una intrusión calco – alcalinas de batolito de Pataz con una removilización en las rocas encajonantes (7).

Pero, cabe mencionar que los yacimientos de Pataz se deben a procesos hidrotermales postmagmáticos o sea cuando el proceso de recristalización ha concluido con lo fundamental (7).

- **Mineralogía**

La mineralogía del yacimiento incluye los siguientes minerales: Sulfuros: Pirita, calcopirita, galena, esfalerita.

- ✓ Óxidos: cuarzo, limonita, magnetita
- ✓ Sulfosales: arsenopirita
- ✓ Carbonatos: calcita, sericita

Dentro de las vetas de cuarzo aurífero, la pirita es el sulfuro más abundante, la arsenopirita es el mineral que le sigue en abundancia, la galena, que es típica en esta asociación mineral se observa en zonas de oxidación de los filones, formando agregados de grano fino y otros en forma masiva; la esfalerita no es muy frecuente, se presenta en la zona de sulfuros, acompañando a la galena y pirita (oro, pirita, galena, esfalerita y calcopirita) (7).

## **2.3 Bases teóricas**

### **2.3.1 Descripción del método de minado por corte y relleno**

#### **a) Método de minado corte y relleno**

El método de minado por corte y relleno, también conocido como *cut and fill*, extrae la mena a través de recortes horizontales que se inician en un rebaje inferior en la cámara, donde posteriormente progresará la explotación (8).

El mineral es arrancado en franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente. Cuando se ha extraído la franja completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril, que sirve de piso de trabajo para proceder a la extracción de la siguiente franja, al tiempo que permite sostener las paredes y, en algunos casos especiales, el techo (8).

## **b) Parámetros de la aplicación del método corte y relleno**

Este método puede utilizarse en yacimientos que presenten las siguientes características:

- Buzamiento superior a los 50°, en roca incompetente (hastiales débiles) o de calidad geotécnica pobre, con un cuerpo mineralizado de potencia moderada y de límites regulares. Mineral moderadamente firme a débil (8).
- Yacimiento de grandes longitudes (irregularidades y discontinuidades son admisibles) (8).
- De pequeña potencia (< 30m), gran extensión y, comparativamente, con mineral de alta ley y valor (uniforme o variable, lo que puede dar lugar a una explotación más selectiva) (8).
- Buzamientos algo más horizontales, podrían ser admisibles si los coladeros son de una pendiente superior al ángulo de reposo (más labores en estéril) (8).
- Profundidad: hasta 2000 metros (8).

## **c) El ciclo de minado en este método corte y relleno**

### **• Perforación**

Se realizan con máquinas perforadoras neumáticas tipo *Jack Leg* y *Stoper*, barreros cónicos de 2, 3, 4 y 5 pies de longitud y brocas de 38 mm de diámetro (9).

### **• Voladura**

Se realiza voladura controlada con explosivos de 45 % de potencia para terreno suaves y 65% para terrenos más duros (9).

### **• Sostenimiento**

Se emplea madera como elemento principal y en labores anchas el Split set con plantillas (9).

- **Limpieza de mineral**

Se realiza a pulso con carretillas tipo *buggy* y con *winches* de arrastre de 10 HP, *scrapers* de 18" de ancho y capacidad de 4.5 pies (9).

- **Transporte**

El transporte del mineral se realiza primero descargando el mineral de las tolvas a los carros mineros U-35, que luego son transportados con locomotora de batería hasta la bocamina de superficie (9).

Es importante mencionar que cuando las características geomecánicas de la labor lo requieren se utiliza un sostenimiento temporal con puntales de seguridad y dejando pilares que luego son recuperados (9).

Esto permite al trabajador realizar su tarea en forma segura durante la limpieza del mineral y luego del cual se proceden al relleno detrítico respectivo del tajeo que constituye el sostenimiento definitivo (9).

### **2.3.2 Frentes de avance de recortes horizontales**

En la minería subterránea, el corte horizontal es un método que se utiliza para extraer minerales. Este proceso comienza con perforaciones horizontales a partir de una galería combinada de acceso y carga. El tajeo inicial es horizontal en la dirección del techo (10).

Existen varios métodos de corte en la minería subterránea, que comprenden dos grupos principales:

- Cortes con taladros en ángulo o cortes en diagonal (10).
- Cortes con taladros en paralelo (10).

Por otro lado, el método de corte y relleno es un método ascendente (realce). El mineral es arrancado por franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajeo y avanzando verticalmente (11)

### 2.3.3 Dilución de mineral

Dilución de mineral es el proceso en el que se mezcla el mineral explotado con material estéril o de baja ley, que contribuyen a bajar el grado del mineral explotado, Hace referencia al porcentaje de material estéril o de baja ley que se mezcla con el mineral producido por el método de explotación utilizado, y las operaciones complementarias (12).

#### 2.6.1. Cálculo de la dilución

En el método de minado por corte y relleno en sus variantes, en su mayoría, es aplicada a vetas de oro ya que su selectividad de este método es lo ideal, su recuperación en promedio es de 90 al 95 %, y la dilución en promedio es de 15 a 20 % respectivamente.

Con el método de circado existe una mejora en la recuperación con en la dilución el cual se puede calcular con las siguientes expresiones:

#### a) Cálculo de la dilución según Jang (2020), en función a los parámetros siguientes:

La siguiente expresión planteada es para el cálculo de la dilución de mineral

$$Dilución = \frac{n(n-1)x^2}{\left(\frac{(w)1}{2}\right) * sen a}$$

Donde:

- k: constante (13)
- w: potencia de veta (13)
- $\alpha$ : buzamiento veta (13)

#### b) Cálculo de la dilución según Louwerse (2020), en función a los parámetros siguientes:

Las siguientes expresiones planteadas son para el cálculo de la dilución de mineral (14)

- Primera expresión de cálculo de la dilución del mineral

$$Dilución = D(\%) \frac{Estéril(toneladas)}{Mineral(toneladas)} \quad (14)$$

- Segunda expresión de cálculo de la dilución del mineral

$$\mathbf{Dilución} = D(\%) \frac{\text{Estéril(toneladas)}}{\text{Mineral (toneladas)+Estéril (tonelada)}} \quad (14)$$

- Tercera expresión de cálculo de la dilución del mineral

$$\% \mathbf{Dilución} = \frac{(\text{ALTURA Labor}-\text{POTENCIA veta}) * \text{densidad del mineral}}{\text{Pveta} * \text{densidad del desmonte} + (\text{ALTURA Labor}-\text{POTENCIA veta}) * \text{densidad del mineral}} \quad (14)$$

## **CAPÍTULO III**

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

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

##### **3.1.1 Método general o teórico de la investigación**

###### **a) Método general**

Método deductivo porque desarrollar la aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance ayudará a reducir la dilución de mineral en la minera aurífera Retamas S.A.

###### **b) Método específico**

El método específico por emplear es el método experimental deductivo, porque al aplicar la voladura diferenciada en los frentes de avance se podrá reducir la dilución de mineral en la minera aurífera Retamas S. A.

##### **3.1.2 Alcance de la investigación**

###### **a) Tipo de investigación**

Es aplicativa, porque el objetivo de la investigación es aplicar la voladura diferenciada en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral en la minera aurífera Retamas S.A.

###### **b) Nivel de investigación**

Es explicativo, porque para aplicar la voladura diferenciada en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral en Minera Aurífera Retamas S. A. se

efectúa por medio del análisis e interpretación del macizo rocoso de los frentes de avance.

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

Es experimental

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Todos los frentes de avance de Minera Aurífera Retamas S. A.

#### **3.3.2 Muestra**

La veta Cabana 2 del subnivel 2949 norte de minera aurífera Retamas S. A.

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

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

- Observación: se realizará la recolección de datos en campo, *in situ*, mediante la técnica observacional y procesamiento de datos actuales de la perforación y voladura, representado en la labor de preparación del nivel 2620 de la galería 10136 norte, de la zona Valeria III, de minera aurífera Retamas S. A.
- Recopilación: la recolección de datos de la perforación, factores y parámetros, control de uso y consumo utilizando programa Excel y hacer uso de tesis, libros 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:

- ✓ Informes
- ✓ Publicaciones
- ✓ Tesis
- ✓ Planos
- ✓ Fichas
- ✓ Libros
- ✓ Internet
- ✓ PC



## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

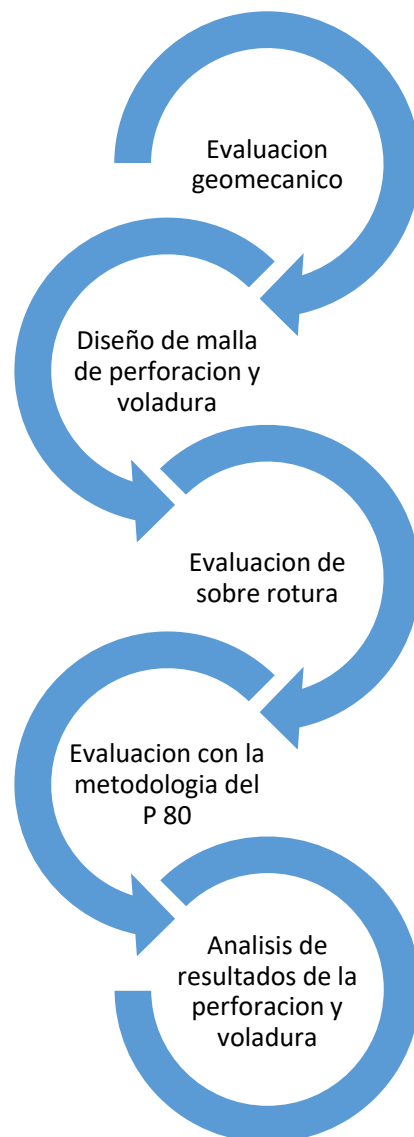
#### **4.1 Aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral de la minera aurífera Retamas S.A.**

La mejora de la aplicación de la voladura diferenciada en frentes de avance engloba el desarrollo de la siguiente metodología de trabajo:

- Evaluación geomecánicas: ayudara a determinar principalmente el tipo de roca en la zona mineralizada y las cajas o hastiales de la labor minera.
  
- Desarrollo del diseño de malla de perforación y voladura: en los frentes de avance en veta se realizará dos tipos de diseño de malla de perforación y voladura en breasting, como también en los subniveles de avance con el objetivo de extraer el mineral en el primer corte y el segundo corte material estéril para el relleno de la labor.
  
- Evaluación de sobre rotura: por estándar la sobre rotura máxima en los frentes de avance de las labores es de 5 cm en toda la periferia de la labor, cuyo control es por medio de la voladura controlada.
  
- Evaluación con la metodología del P 80: este modelo nos ayuda a determinar la granulometría de la labor y concluir de tamaño de fragmentación, se tiene tras el disparo realizado en el frente de avance.

- Análisis de resultados de la perforación y voladura: aquí se determina si el disparo realizado es el óptimo o por lo contrario deficiente, con una evaluación previa se determinará reajustes en el diseño de malla de perforación y voladura a fin de mejorar continuamente.

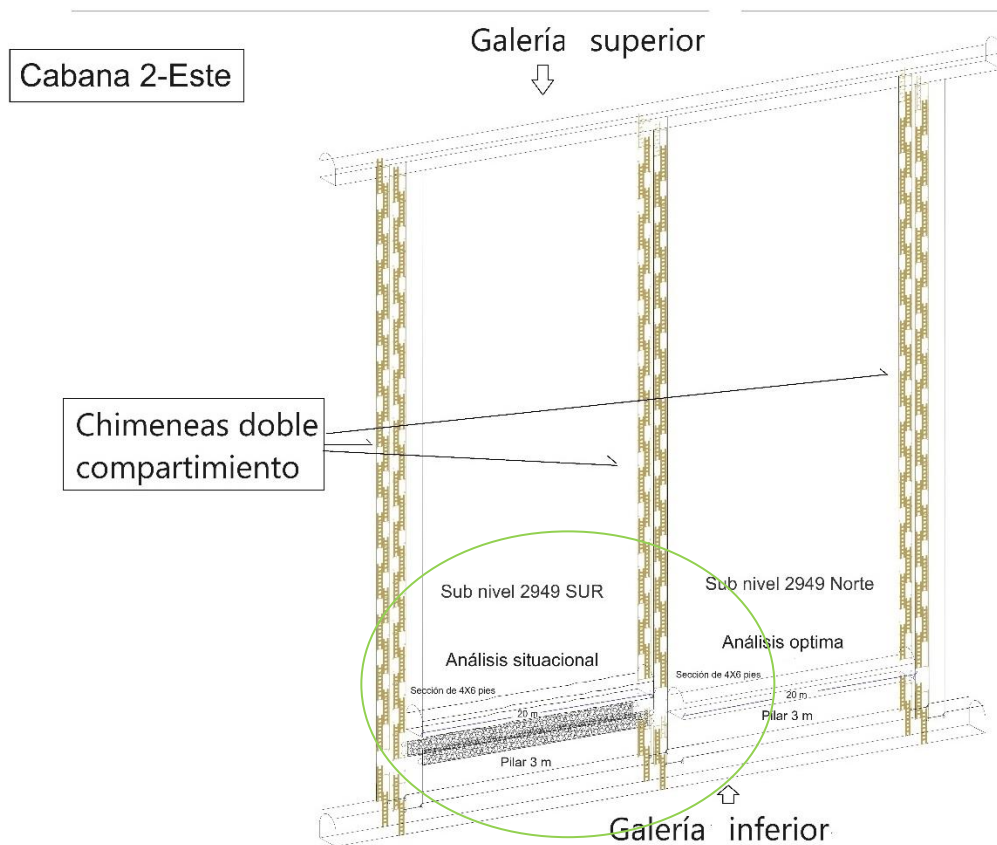
En la siguiente figura se muestra la metodología de trabajo para reducir la dilución de los frentes de avance de la veta Cabana 2 del Sub nivel 2949 Norte.



**Figura 3. Metodología de trabajo para reducir la dilución de los frentes de avance de la veta Cabana 2 del subnivel 2949 norte**  
**Tomada del Departamento de Planeamiento de la minera aurífera Retamas S. A. (6)**

#### 4.1.1 Diseño del método de minado corte y relleno, de la veta Cabana 2, del subnivel 2949 norte

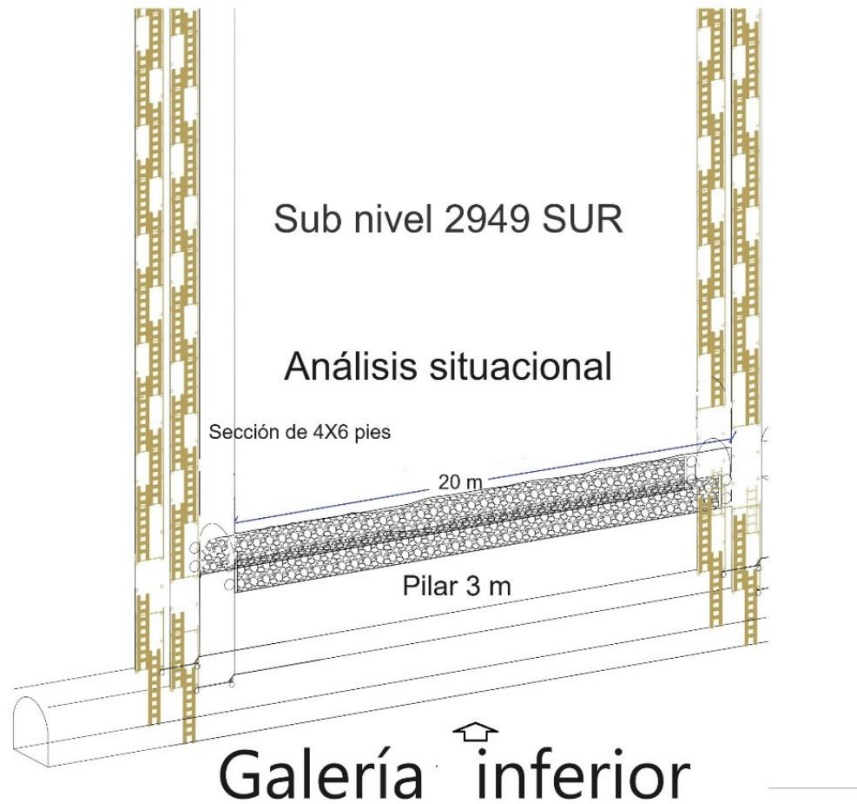
La veta Cabana 2 se viene minado con el método de explotación corte y relleno ascendente, el que se evaluará en dos escenarios, el actual y el óptimo, que serán evaluados respectivamente como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 4. Diseño del método de minado corte y relleno de la veta Cabana 2 Tomada del Departamento de Planeamiento de la minera aurífera Retamas S. A. (6)**

##### a) Análisis de la situación actual del subnivel 2940 sur

Para el escenario actual, se tuvo un avance concluido de 20 metros de subnivel 2940 Sur, como se muestra en la siguiente figura.



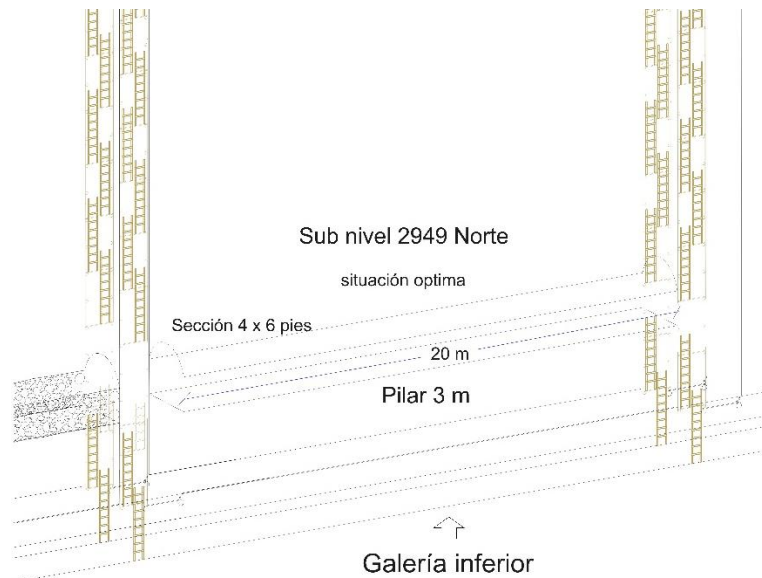
**Figura 5. Diseño del método de minado corte y relleno, de la veta Cabana 2 del subnivel 2940 sur**  
**Tomada del Departamento de Planeamiento de la minera aurífera Retamas S. A. (6)**

### **Interpretación**

El subnivel 2940 sur cuenta con una longitud de avance de 20 metros concluidos con sección de 4 x 6 pies, con barra cónica de 6 pies, en la que se obtuvo deficiencias en la sobrerotura y un incremento de la dilución de mineral, ya que se realiza la labor sobre mineral.

### **b) Análisis de la situación óptima del subnivel 2940 norte**

Para el escenario óptimo se tiene una programación de desarrollo de avance lineal de 20 metros del subnivel 2940 norte, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 6. Diseño del método de minado corte y relleno, de la veta Cabana 2 del subnivel 2940 norte**  
**Tomada del Departamento de Planeamiento de la minera aurífera Retamas S. A. (6)**

### **Interpretación**

Para el escenario óptimo se tiene una programación de desarrollo de avance lineal de 20 metros del subnivel 2940 norte, los trabajos se desarrollan con sección de 4 x 6 pies, con barra cónica de 6 pies. Esta programación ayudará a mejorar las deficiencias en la sobre rotura y el incremento de la dilución de mineral, ya que se realizará la labor sobre mineral. La aplicación de la metodología de trabajo ayudara a reducir la dilución de los frentes de avance de la veta Cabana 2 del subnivel 2949 norte.

### **4.2 Clasificación geomecánica del macizo rocoso para su aplicación en la voladura diferenciada en los frentes de avance de la minera aurífera Retamas S.A.**

En la veta Cabana 2, para el inicio de la explotación, se debe realizar el subnivel 2949 norte para después realizar los cortes horizontales de minado, es por ello de suma importancia evaluar el tipo de roca presente en todo el tajeo a fin de que el diseño de malla de perforación y voladura sea lo más eficiente posible.

### a) Evaluación geomecánica de la veta Cabana 2

En la veta Cabana 2, la evaluación geomecánica fue correlacional según la evaluación del tipo de roca de la galería superior e inferior, conjuntamente las chimeneas de preparación realizadas para el inicio de la explotación se deben de realizar en el subnivel 2949 norte.

En el anexo 23 se muestra la caracterización del macizo rocoso de la galería superior e inferior del tajeo norte, situada en el subnivel 2949 norte de la veta Cabana 2.

**Tabla 3. Caracterización geomecánica de la veta Cabana 2**

Veta	Buzamiento	Tipo de rocas	Evaluación del GSI			Evaluación de Bieniawski		
			mineral	Caja techo	Calidad	RMR	Calidad	Tiempo
Cabana 2	60	Regular "B" III B	F/R	F/B	Regular	41 - 50	Regular	inmediato

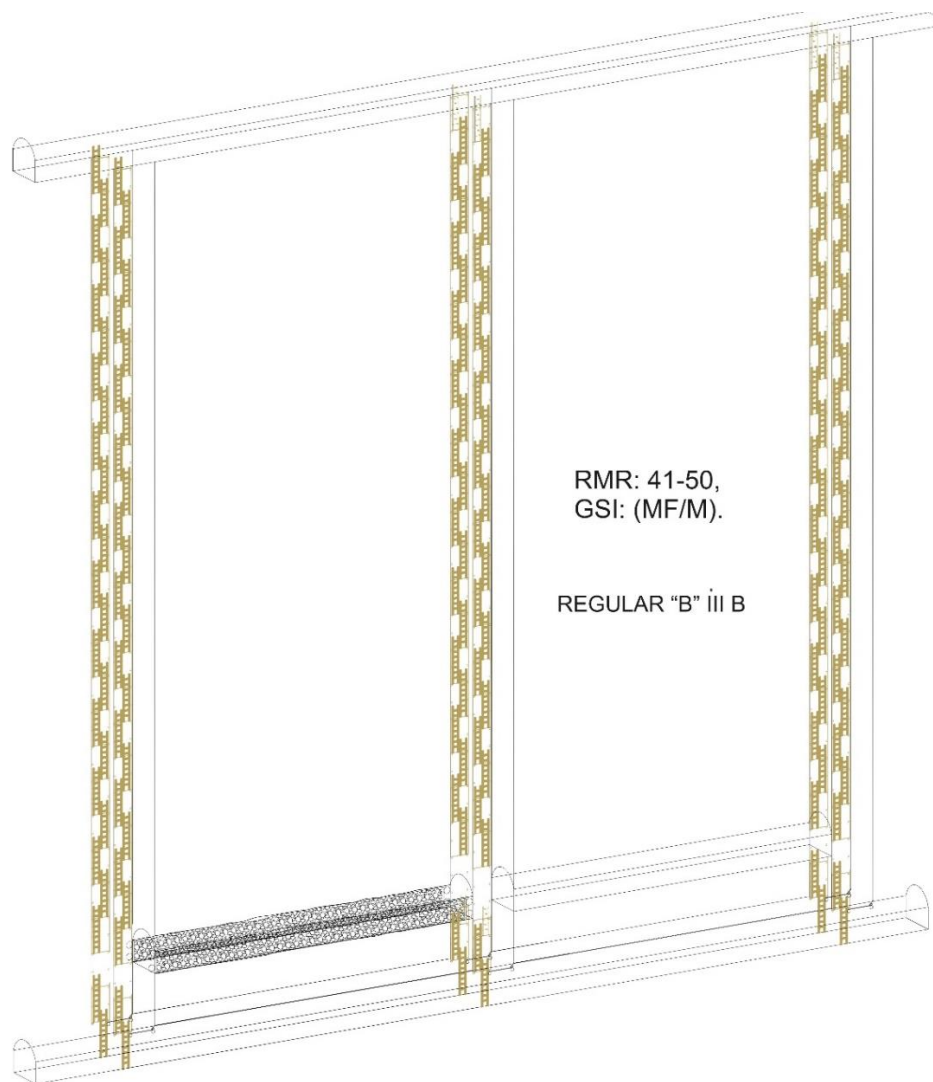
*Tomada del Área de Geomecánica de la minera aurífera Retamas S. A. (15)*

#### Interpretación

Se encuentra en roca granodiorita, con alteración, presencia de subvertical a la labor, presenta un RMR 41-50, catalogado de acuerdo con el GSI como un macizo rocoso Muy fracturado malo (MF/M).

Según la tabla geomecánica, considera que la roca es de un tipo Regular "B" III B, por consecuencia se realiza un sostenimiento con malla de 4"x4" no galvanizada y barra helicoidal de 5 pies, intermediando con *slip set* de 5 pies, distribución de pernos en cocada.

Caracterización geomecánica de la veta Cabana 2, en el subnivel 2949.



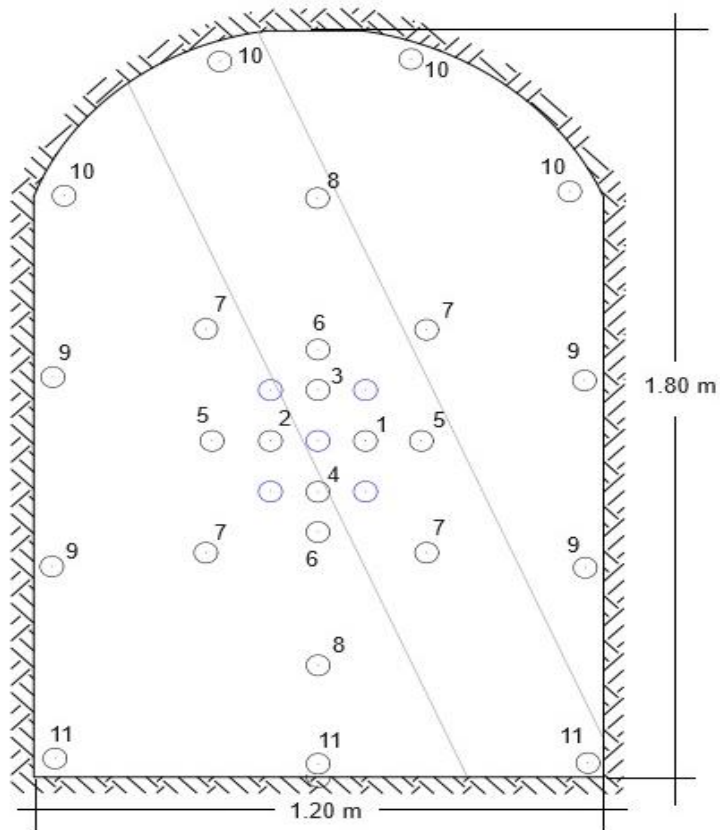
**Figura 7. Caracterización geomecánica de la veta Cabana 2, en el subnivel 2949 Tomada del Área de Geomecánica de la minera aurífera Retamas S. A. (15)**

#### **4.3 Diseño de malla de perforación y voladura en los frentes de avance para reducir la dilución de mineral de la minera aurífera Retamas S. A.**

Para determinar las eficiencias del disparo realizado anteriormente se realizó una comparativa del diseño de malla de perforación y voladura utilizado anteriormente y el diseño de malla propuesto el ancho de veta en promedio es de 30 centímetros respectivamente.

##### **4.3.1 Evaluación del diseño de malla situacional**

Anteriormente, el diseño de malla de perforación y voladura se realizaba de acuerdo con la siguiente figura:



Datos Generales	
Seccion `programado (m)	1.20 x 1.80
Seccion `ejecutado (m)	1.35 x 1.95
Tipo de roca:	IIIB
Densidad de roca (gr/cm3)	3.2
Long. Perf. (pies)	6
Avance efectivo - 80%(m)	1.4
Nº de taladros	30
Nº de taladros de alivio	5
Nº de taladros de cargados	25
Diametro de perforacion (mm)	38
Volumen roto (m3)	3.61
Tonelaje roto (ton)	11.55
Factor de potencia (kg/t)	<b>1.56</b>

Datos Generales	
Mecha rapida (m)	10
carmex 2.1 m (unid.)	25
Semexsa 7/8" x 1/8" 65%: (Cart)	225
Kg. de Explosivo	18

**Figura 8. Diseño de malla de perforación y voladura de la veta Cabana 2, en el subnivel 2949 sur Tomada del Área de Perforación y Voladura de la minera aurífera Retamas S. A. (16)**



### **Interpretación**

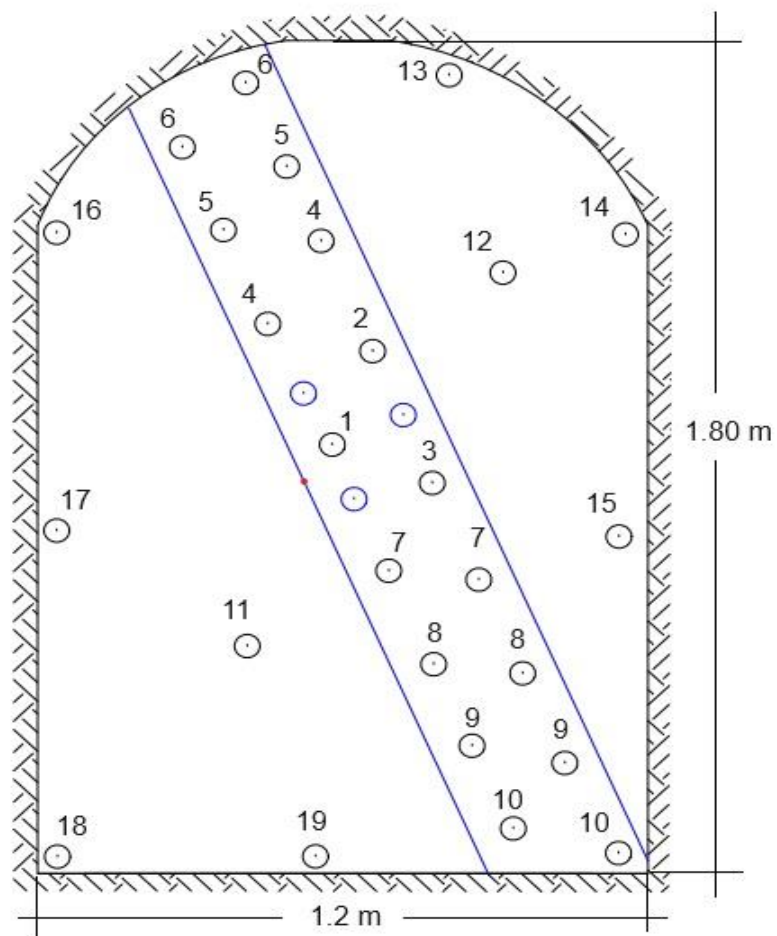
Este diseño de malla de perforación y voladura de la veta Cabana 2, realizada en el subnivel 2949 sur, ha generado sobre rotura de 15 centímetros en toda la periferia de la labor, incrementando la sobre dilución en un 15 %.

El factor de potencia es de 1.56 kg/t, con un avance efectivo de 1.4 metros, los cuales son deficientes.

#### **4.3.2 Evaluación del diseño de malla de perforación y voladura**

##### **a) Disparo con el método de circado de la veta Cabana 2, realizada en el subnivel 2949 norte**

Tras las deficiencias de sobrerotura y sobredilución se procedió a la aplicación de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura de la veta Cabana 2, realizada en el subnivel 2949 norte, con el objetivo de mejorar los trabajos de perforación y voladura.



Disparo en veta			
Datos Generales		Datos Generales	
Seccion `programado (m)	0.30 x 1.80	Mecha rapida (m)	6
Seccion `ejecutado (m)	0.35 x 1.85	carmex 2.1 m (unid.)	20
Tipo de roca:	IIIB	Semexsa 7/8" x /" 65%: (Cart)	153
Densidad de roca (gr/cm3)	3.2	Kg. de Explosivo	12.24
Long. Perf. (pies)	6		
Avance efectivo - 80%(m)	1.5		
Nº de taladros	20		
Nº de taladros de alivio	3		
Nº de taladros de cargados	17		
Diametro de perforacion (mm)	38		
Volumen roto (m3)	0.95		
Tonelaje roto (ton)	3.03		
Factor de potencia (kg/t)	<b>4.04</b>		

Disparo en cajas			
Datos Generales		Datos Generales	
Seccion `programado (m)	0.90 x 1.80	Mecha rapida (m)	4
Seccion `ejecutado (m)	0.95 x 1.85	carmex 2.1 m (unid.)	9
Tipo de roca:	IIIB	Semexsa 7/8" x /" 65%: (Cart)	81
Densidad de roca (gr/cm3)	3.2	Kg. de Explosivo	6.48
Long. Perf. (pies)	6		
Avance efectivo - 90%(m)	1.5		
Nº de taladros	9		
Nº de taladros de alivio			
Nº de taladros de cargados	9		
Diametro de perforacion (mm)	38		
Volumen roto (m3)	2.44		
Tonelaje roto (ton)	7.80		
Factor de potencia (kg/t)	<b>0.83</b>		

**Figura 9. Diseño de malla de perforación y voladura de la veta Cabana 2 realizada en el subnivel 2949 norte Tomada del Área de Perforación y Voladura, de la minera aurífera Retamas S. A. (16)**

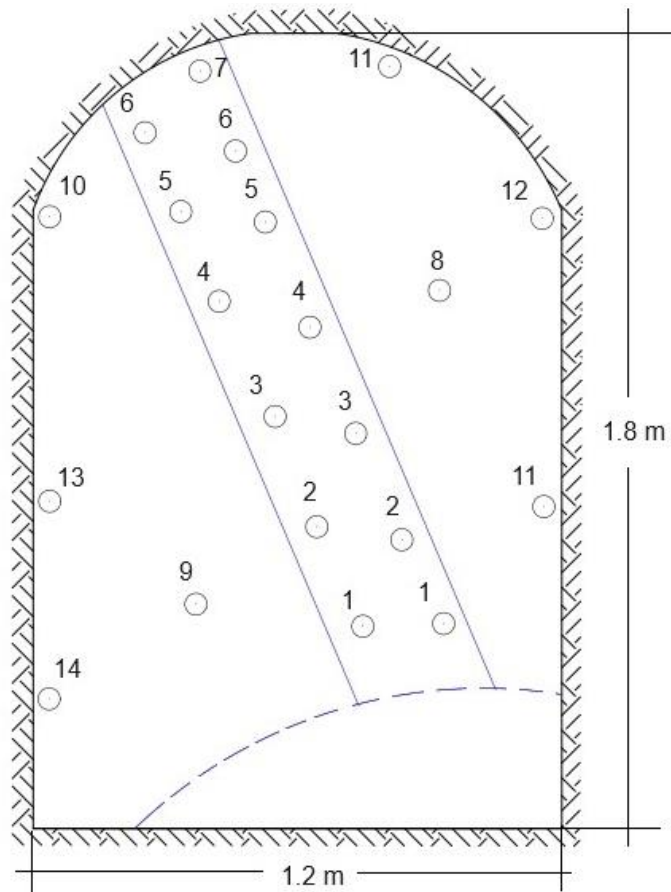
## **Interpretación**

Los disparos en veta han permitido un avance efectivo de 1.5 metros, el número de taladros cargados es de 20 y los taladros de alivio es de 3, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 3.03 toneladas, el total en kilogramos de explosivo de Semexsa 65 % es de 12.24. el factor de potencia es de 4.04 kilogramos por tonelada.

Los disparos en las cajas indican un avance efectivo es de 1.5 metros, el número de taladros cargados es de 9, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 7.80 toneladas, el total en kilogramos de explosivo de Semexsa 65 % es de 6.48. el factor de potencia es de 0.83 kilogramos por tonelada.

### **b) Disparo con voladura diferenciada en los cortes horizontales de la veta Cabana 2 realizada tajeo**

Una vez realizada el subnivel 2949 norte, se procedió a realizar los cortes horizontales del método de minado de corte y relleno ascendente, que da como cara libre en la parte inferior de la labor del frente que, tras el relleno para continuar con el minado, es beneficiosa para diferenciar los cortes horizontales de minado.



**Figura 10. Diseño de malla de perforación y voladura cortes horizontales de minado corte y relleno ascendente de la veta Cabana 2 Tomada del Área de Perforación y Voladura de la minera aurífera Retamas S. A. (16)**

Disparo en veta			
Datos Generales		Datos Generales	
Sección programado (m)	0.30 x 1.70	Mecha rápida (m)	5
Sección ejecutado (m)	0.35 x 1.73	carmex 2.1 m (unid.)	13
Tipo de roca:	IIIB	Semexsa 7/8" x 1" 65%: (Cart)	117
Densidad de roca (gr/cm <sup>3</sup> )	3.2	Kg. de Explosivo	9.36
Long. Perf. (pies)	6		
Avance efectivo - 90%(m)	1.5		
Nº de taladros	13		
Nº de taladros de alivio			
Nº de taladros de cargados	13		
Diametro de perforacion (mm)	38		
Volumen roto (m <sup>3</sup> )	0.89		
Tonelaje roto (ton)	2.83		
Factor de potencia (kg/t)	<b>3.30</b>		

Disparo en cajas			
Datos Generales		Datos Generales	
Sección programado (m)	0.90 x 1.80	Mecha rápida (m)	4
Sección ejecutado (m)	0.95 x 1.85	carmex 2.1 m (unid.)	8
Tipo de roca:	IIIB	Semexsa 7/8" x 1" 65%: (Cart)	72
Densidad de roca (gr/cm <sup>3</sup> )	3.2	Kg. de Explosivo	5.76
Long. Perf. (pies)	6		
Avance efectivo - 90%(m)	1.5		
Nº de taladros	8		
Nº de taladros de alivio			
Nº de taladros de cargados	8		
Diametro de perforacion (mm)	38		
Volumen roto (m <sup>3</sup> )	2.13		
Tonelaje roto (ton)	6.82		
Factor de potencia (kg/t)	<b>0.84</b>		

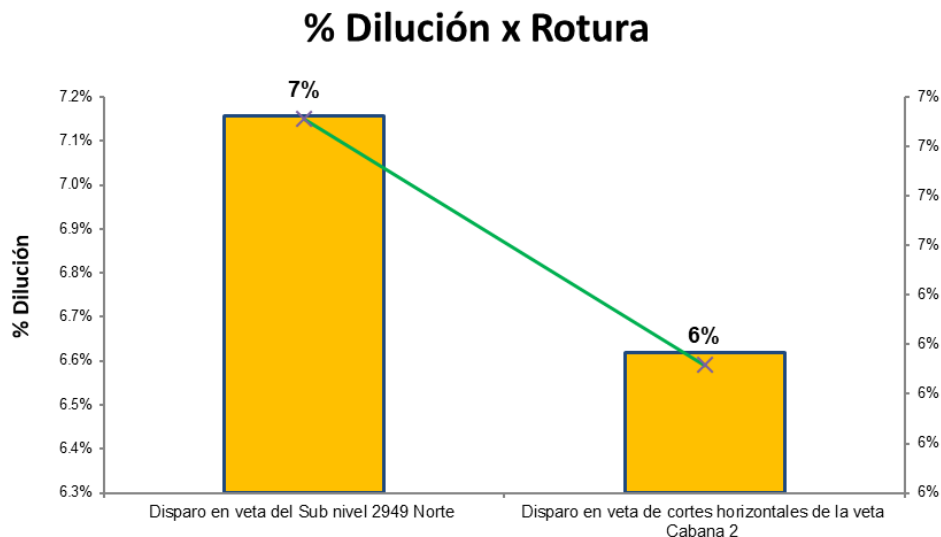
## Interpretación

En los disparos en veta, se tiene un avance efectivo de 1.5 metros, el número de taladros cargados es de 13, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 2.83 toneladas, el total en kilogramos de explosivo de Semexsa 65 % es de 9.36, el factor de potencia es de 3.30 kilogramos por tonelada.

En los disparos en las cajas, se tiene un avance efectivo de 1.5 metros, el número de taladros cargados es de 8, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 6.82 toneladas, el total en kilogramos de explosivo de Semexsa 65 % es de 5.76 el factor de potencia es de 0.84 kilogramos por tonelada.

### c) Análisis de la dilución del subnivel 2949 norte y cortes horizontales de la veta Cabana 2

Tras los disparos en el subnivel 2949 norte y en los cortes horizontales de la veta Cabana 2, se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la siguiente figura.



**Figura 11. Análisis del porcentaje de dilución por rotura  
Tomada del Área de Perforación y Voladura de la minera aurífera Retamas S. A. (16)**

## **Interpretación**

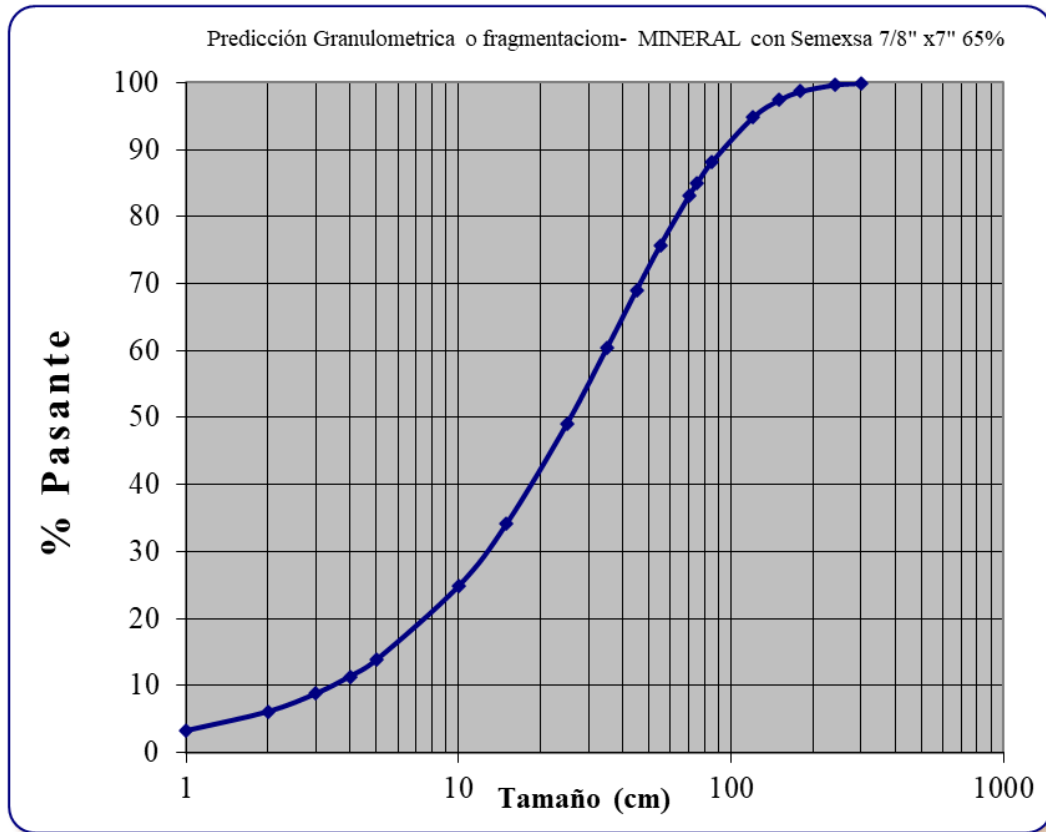
Una vez realizada la voladura se pudo observar lo siguiente:

- La dilución del mineral roto es del 7 % en el subnivel 2949 norte después del disparo.
- La dilución del mineral roto es del 6 % en los cortes horizontales de la veta Cabana 2.

### **4.3.3 Evaluación con la metodología del P 80**

Se evaluó la granulometría tras el disparo en los trabajos realizados en la veta Cabana 2.

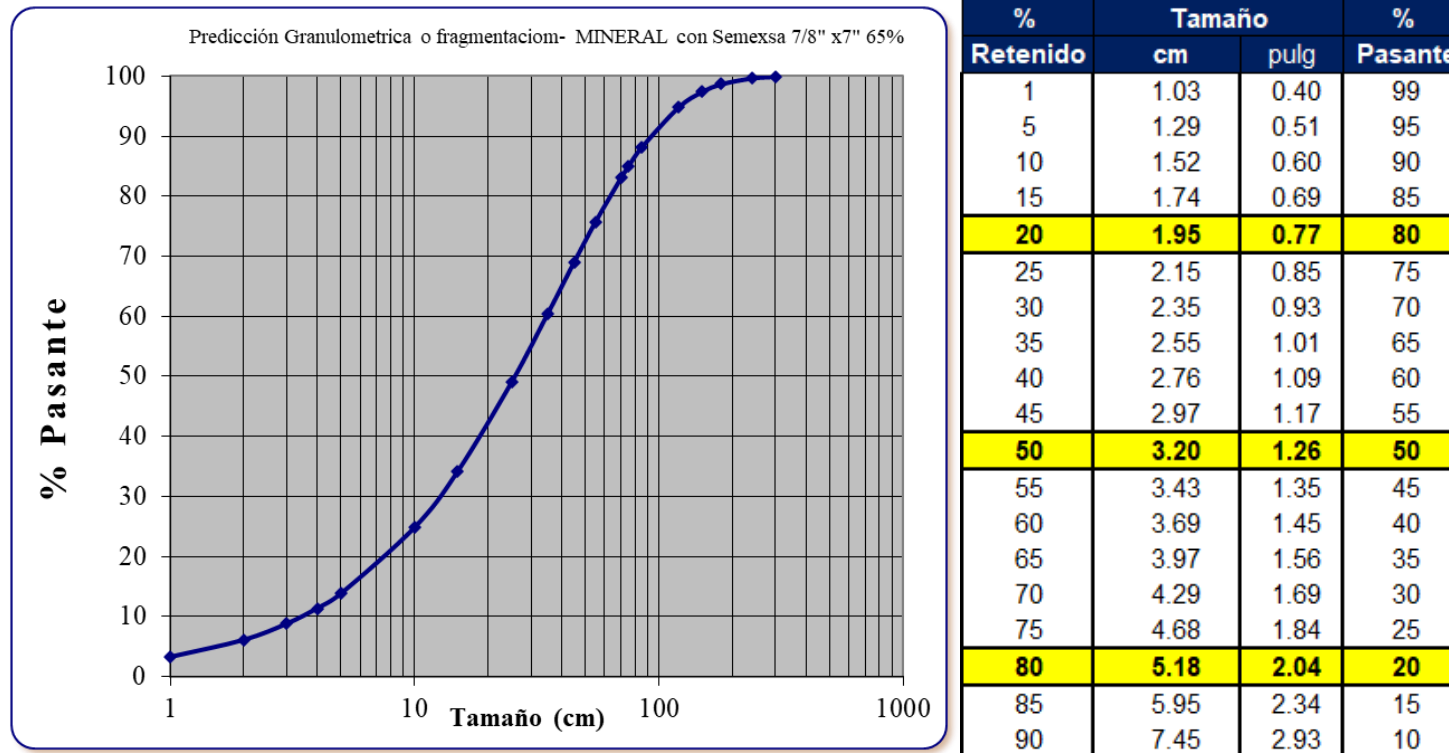
#### **a) Análisis de la fragmentación del mineral roto del subnivel 2949 norte, después del disparo**



% Retenido	Tamaño		% Pasante
	cm	pulg	
1	1.08	0.42	99
5	1.35	0.53	95
10	1.59	0.63	90
15	1.82	0.72	85
<b>20</b>	<b>2.04</b>	<b>0.80</b>	<b>80</b>
25	2.25	0.88	75
30	2.46	0.97	70
35	2.67	1.05	65
40	2.88	1.13	60
45	3.10	1.22	55
<b>50</b>	<b>3.33</b>	<b>1.31</b>	<b>50</b>
55	3.58	1.41	45
60	3.84	1.51	40
65	4.14	1.63	35
70	4.47	1.76	30
75	4.88	1.92	25
<b>80</b>	<b>5.39</b>	<b>2.12</b>	<b>20</b>
85	6.19	2.44	15
90	7.75	3.05	10

**Figura 12. Análisis del porcentaje de dilución por rotura Tomada del Área de Perforación y Voladura de la minera aurífera Retamas S. A. (16)**

**b) Análisis de la fragmentación del mineral roto de los cortes horizontales de la veta Cabana 2**



**Figura 13. Análisis del porcentaje de dilución por rotura  
Tomada del Área de Perforación y Voladura de la minera aurífera Retamas S.A. (16)**



### **Interpretación**

En cuanto al análisis de la fragmentación del mineral roto del subnivel 2949 norte después del disparo, se puede apreciar en la curva granulometría que el 20 % del material volado pasa por una mala de 2.12 pulgadas, el 50 % del material volado pasa por una malla de 1.31 pulgadas, y el P80 del material volado pasa por una malla de 0.80 pulgadas, en promedio de 2.04 centímetros

Sobre el análisis de la fragmentación del mineral roto de los cortes horizontales de la veta Cabana 2, se puede apreciar en la curva granulometría que el 20 % del material volado pasa por una malla de 2.04 pulgadas, el 50 % del material volado pasa por una malla de 1.24 pulgadas y el P80 del material volado pasa por una malla de 0.77 pulgadas, en promedio de 1.95 centímetros

## CONCLUSIONES

1. El subnivel 2940 sur cuenta con una longitud de avance de 20 metros concluidos, con sección de 4 x 6 pies, con barra cónica de 6 pies, en el que se obtuvo deficiencias en la sobre rotura y un incremento de la dilución de mineral ya que se realizará la labor sobre mineral.
2. Para el escenario óptimo se tiene una programación de desarrollo de avance lineal de 20 metros del subnivel 2940 norte, los trabajos se desarrollan con sección de 4 x 6 pies, con barra cónica de 6 pies, esta programación ayudará a mejorar las deficiencias en la sobre rotura y el incremento de la dilución de mineral ya que se realizará la labor sobre mineral.
3. La aplicación de la metodología de trabajo ayudará a reducir la dilución de los frentes de avance de la veta Cabana 2 del subnivel 2949 norte.
4. Se encuentra en roca granodiorita, con alteración, presencia de subvertical a labor, presenta un RMR 41-50, catalogado de acuerdo con el GSI como un macizo rocoso muy fracturado malo (MF/M). Según la tabla geomecánica, considera que la roca es de un tipo Regular "B" III B, por consecuencia se realiza un sostenimiento con malla de 4"x4" no galvanizada y barra helicoidal de 5 pie, intermediando con slip set de 5 pies, distribución de pernos en cocada.
5. El diseño situacional de este diseño de malla de perforación y voladura de la veta Cabana 2 realizada en el subnivel 2949 sur, ha generado sobre rotura de 15 centímetros en toda la periferia en promedio de la labor incrementando la sobre dilución en un 15 %.
6. El factor de potencia es de 1.56 kg/t con un avance efectivo de 1.4 metros, los cuales son deficientes.

7. En la voladura diferencial de la perforación y voladura de los disparos realizados en veta, se tiene un avance efectivo de 1.5 metros, el número de taladros cargados es de 13, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 2.83 toneladas, el factor de potencia es de 3.30 kilogramos por tonelada.
  
8. En los disparos en las cajas, se tiene un avance efectivo es de 1.5 metros, el número de taladros cargados es de 8, el diámetro de perforación es de 38 mm, el tonelaje roto es de 6.82 toneladas, el factor de potencia es de 0.84 kilogramos por tonelada.
  
9. La dilución del mineral roto es del 7 % en el subnivel 2949 norte y la dilución del mineral roto es del 6 % en los cortes horizontales de la veta Cabana 2, el análisis de la fragmentación del mineral roto del subnivel 2949 norte en el P80 del material volado, pasa por una malla de 0.80 pulgadas en promedio de 2.04 centímetros y el análisis de la fragmentación del mineral roto de los cortes horizontales de la veta Cabana 2, el P80 del material volado pasa por una malla de 0.77 pulgadas, en promedio de 1.95 centímetros.

## RECOMENDACIONES

1. En todo diseño de malla de perforación y voladura, se recomienda siempre analizar y evaluar la caracterización del macizo rocoso en los hastiales, como en la veta de la labor para el replanteo del nuevo diseño de malla de perforación y voladura con el objetivo de realizar la voladura diferenciada y asegurar un buen disparo.
2. Es recomendable caracterizar geomecánicamente las cajas del tajeo a fin de determinar el carguío de los taladros y controlar las cajas del tajeo para determinar la granulometría. Es recomendable evaluarlo con la metodología del P80. En el análisis, para determinar la estabilidad se recomienda analizar el factor de seguridad y determinar la deformación que experimenta el tajeo en toda su altura.
3. Es recomendable utilizar la metodología del P80 para determinar la granulometría del mineral roto a fin de determinar si el disparo realizado fue eficiente o deficiente y el análisis de la dilución está asociada siempre al disparo realizado como también a la presencia de agua en la labor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **HINOSTROZA ARAUJO, Franco y YABAR ENCARNACIÓN, Gian Pierre.** *Reducción de dilución mediante la aplicación de voladura diferenciada en labores de Breasting dentro de la Mina Pallancata.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2023.
2. **MORENO GASPAS, Erika Aracely y ROJAS ALVAREZ, Erick Santiago.** *Aplicación del método Cut & Fill con circado y su influencia en el control de la dilución en el nivel 4455 en Compañía Minera Santa Luisa S. A., Ancash -2021.* Huancayo : Universidad Continental, 2021.
3. **ARTEAGA ESPINOZA, Jhosmell George.** *Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la Minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad.* Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2021.
4. **DE LA CRUZ ASALDE, Katherine Vanessa y VALDIVIA CASTILLO, Nahomi Antoinette.** *Estudio del Método de Circado para la Explotación de Vetangostas en la Mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca.* Chiclayo : Universidad Cesar Vallejo, 2020.
5. **ACOSTA MENDOZA, Ruben Noel.** *Explotación de vetas angostas con métodos de circado - corte y relleno ascendente para mejorar productividad - Unidad Minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. - 2019.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019.
6. **Departamento de planeamiento .** *Informe de ubicación de la Minera Aurífera Retamas S.A.* Pataz - Peru : Minera Aurífera Retamas S.A, 2022.
7. **BERROA SUAREZ, Edward Alexander.** *Optimización de las operaciones mineras mediante la profundización de la rampa negativa entre los niveles 2900-2650 VANKAR EIRL SAC Minera Aurífera Retamas S.A.* Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016.
8. **HERRERA HERBERT, Juan .** *Introducción a la minería subterránea vol. IV: métodos de explotación de interior.* Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2020.
9. **VILCA ARREDONDO, Anthony Claudio.** *Estudio geotécnico para la estabilidad del talud del depósito de desmonte Santa Rosa del Proyecto Santa Rosa - Arequipa.* Cusco : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.
10. **Seguridad Minera.** *Técnicas de minería subterránea para un trabajo seguro y rentable.* [En línea] 15 de 10 de 2013. [Citado el: 09 de 11 de 2023.] <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/tecnicas-de-mineria-subterranea-para-un-trabajo-seguro-y-rentable/>.
11. **ALARCON ZENTENO, Nicolas Dionicio.** *Corte y relleno, cámaras y pilares: métodos de minería subterránea.* [En línea] Gestipolis, 10 de 09 de 2015. [Citado el: 12 de 08 de 2023.] <https://www.gestipolis.com/corte-y-relleno-camaras-y-pilares-metodos-de-mineria-subterranea/>.
12. **RODRIGUEZ DORREGARAY, Fernando.** *Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en la mina Andaychagua de la CÍA. minera Volcan S.A.A.* Huancayo : Universidad Nacional del Peru, 2021.

13. **H. Jang, E. Topal y Y. Kawamura.** Unplanned dilution and ore loss prediction in longhole stoping mines via multiple regression and artificial neural network analyses. *Cielo*, 2015, Vol. 115 n.5 .

14. **Louwerse, Dennis.** *Waste Rock Dilution in Stoping of Steeply Dipping Narrow-Vein Deposits.* Otaniemi : School of Engineering, 2018.

15. **Área de Geomecánica .** *Informe de geomecánico veta Cabana 2 de la Minera Aurífera Retamas S.A.* Pataz - Peru : Minera Aurífera Retamas S.A, 2022. Tesis para optar el título de Ingeniero de Minas.

16. **Área perforación y voladura.** *Informe de malla de perforación y voladura.* Pataz - Peru : Minera Aurífera Retamas S.A, 2023.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de consistencia

Aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance, para reducir la dilución de mineral, minera aurífera Retamas S.A.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo será la aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance, para reducir la dilución de mineral, Minera Aurífera Retamas S.A.?	Desarrollar la aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance, para reducir la dilución de mineral, Minera Aurífera Retamas S.A.	La aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance, es factible y viable para reducir la dilución de mineral, Minera Aurífera Retamas S.A.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿De qué manera el estudio de la clasificación geomecánica del macizo rocoso, se aplicará en la voladura diferenciada en los frentes de avance, Minera Aurífera Retamas S.A.?	Desarrollar el estudio de la clasificación geomecánica del macizo rocoso, para su aplicación en la voladura diferenciada en los frentes de avance, Minera Aurífera Retamas S.A.	El estudio de la clasificación geomecánica del macizo rocoso, influye positivamente en la aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance, Minera Aurífera Retamas S.A.
¿De qué manera se realizará el diseño de malla de perforación y voladura en los frentes de avance, para reducir la dilución de mineral, Minera Aurífera Retamas S.A.?	Desarrollar el diseño de malla de perforación y voladura en los frentes de avance, para reducir la dilución de mineral, Minera Aurífera Retamas S.A.	El diseño de malla de perforación y voladura en los frentes de avance, es factible y viable para reducir la dilución de mineral, Minera Aurífera Retamas S.A.



¿De qué manera influirá la aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance en la reducción del costo de operación en la Minera Aurífera Retamas S.A.?

Realizar aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance en la reducción del costo de operación en la Minera Aurífera Retamas S.A.

La aplicación de la voladura diferenciada en los frentes de avance es factible y viable en la reducción del costo de operación en la Minera Aurífera Retamas S.A.



**Tabla 5. Caracterización del macizo rocoso de la galería inferior de la veta Cabana 2**

Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA EXCAVACION		TRAMO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)															
	DIRECCION DE BUZAM.	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	PARAMETRO		RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO		VALORACI.					
E - 10	305°	90°	0	4 m	TIPO DE ROCA		VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
A		%	B		%	FRECUENCIA FRACTURA	VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
MVOLC		100				N° Fract. / ml.	VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
						15 - 18	VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
TIPO	ORIENTACION		RELLENO		COMENTARIOS		VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
ESTRUC.	DIREC. DE BUZAM.	BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO	TIPO	ESPESOR		VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
D	145	55		Py, Arc	0 - 1 mm		VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
D	330	87	4	Py, Arc	0 - 1 mm		VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
D	130	58	3	Py, Arc	0 - 1 mm		VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
D	20	72	4	Py, Arc	0 - 1 mm		VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
D	170	53	3	Py, Arc	0 - 1 mm		VALOR ESTIMADO						VALORACI.							
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)							>250	(15)	100-250	(12)	X	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	7		
RGD %							90-100	(20)	75-90	(17)	X	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	13	
ESPACIAMIENTO (m)							>2	(20)	0,6-2	(15)	X	0,2-0,6	(10)	0,06-0,2	(8)	< 0,06	(5)	3	8	
CONDICION DE JUNTAS							PERSISTENCIA	<1m long.	(6)	1-3 m Long.	(4)	X	3-10m	(2)	10-20 m	(1)	> 20 m	(0)	4A	2
CONDICION DE JUNTAS							APERTURA	Cerrada	(6)	<0,1mm apert.	(6)	X	0,1-1,0mm	(4)	1 - 5 mm	(1)	> 5 mm	(0)	4B	4
CONDICION DE JUNTAS							RUGOSIDAD	Muy rugosa	(6)	Rugosa	(5)	X	Lig.rugosa	(3)	Lisa	(1)	Espejo de falla	(0)	4C	3
CONDICION DE JUNTAS							RELLENO	Limpia	(6)	Duro < 5mm	(4)	X	Duro> 5mm	(2)	Suave < 5 mm	(1)	Suave > 5 mm	(0)	4D	1
CONDICION DE JUNTAS							ALTERACION	Sana	(6)	Lig. Alterada	(5)	X	Mod.Alterada	(3)	Muy Alterada	(2)	Descompuesta	(0)	4E	3
AGUA SUBTERRANEA							Seco	(15)	Humedo	(10)	X	Mojado	(7)	Goteo	(4)	Flujo	(0)	5	7	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 48																				
CLASE DE MACIZO ROCOSO																				
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0									III B			
DESCRIPCION		I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala												

Indice de rebote 33

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

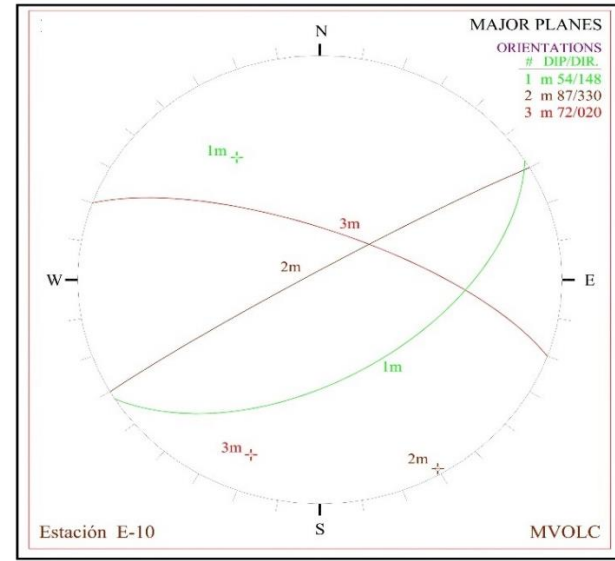
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
VOLC	Volcánico
FIL	Filita
MVOLC	Metavolcánico
MIN	Mineral
FIL SIL	Filita silicificada

ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diaclasa	E	Estrato
F	Falla	Ve	Venilla
Ct	Contacto	V	Veta

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Py	Pirita
Arc	Arcilla	Lm	Limos
Cb	Carbonatos	Si	Silice
Pzo	Panizo	Bx	Brecha

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0,6 - 2 m
3	0,2 - 0,6 m
4	0,06 - 0,2 m
5	< 0,06 m

GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningun signo de alteración en el material rocoso. Quizás lig. decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo la roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Mas de la mitad del mat. rocoso esta descomp. y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso esta descomp. y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.



**Tomada del Área de Geomecánica de la minera aurífera Retamas S. A. (15)**

# Ficha técnica del explosivo Semexsa

www.EXSA.net

## SEMEXSA®

Dinamita semigelatinosa muy versátil por sus características de detonación que pueden variar según las circunstancias, desde un alto efecto empujador hasta un alto poder rompedor, lo que permite su empleo en voladura de rocas intermedias a duras.

El nivel de energía de los diversos tipos de Semexsa permite superar la fuerza estructural y masa de las diferentes calidades de roca.

Gracias a su gran rendimiento, adaptabilidad y seguro manipuleo, son usadas en minería subterránea, canteras, obras civiles (túneles, carreteras) generando también un excelente comportamiento en labores confinadas como rampas, chimeneas, piques y entre otros.

Por último, su adecuada transferencia de energía liberada a la roca, minimiza los daños alrededor del taladro.

### Propiedades / Beneficios

- Alta a mediana velocidad de detonación.
- Mediana impedancia.
- Sensible al detonador No. 8 y al cordón de bajo gramaje.
- Larga vida útil.

### Características técnicas

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

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

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

### Presentación y embalaje

Masa explosiva encartuchada en papel kraft, los cartuchos son dispuestos en bolsas plásticas y embaladas en cajas de cartón corrugado.

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

Para otros formatos de cartuchos preguntar a un especialista EXSA.

En las cantidades mencionadas podrá haber variaciones en el número y peso de los cartuchos para mantener el estándar de 25 kg/caja.



### Almacenamiento y garantía

Conservado en su embalaje original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normativas vigentes, el producto está garantizado por 18 meses, después de su fecha de fabricación.

### Transporte

CLASE: 1  
DIVISIÓN: 1.1 D  
N° ONU: 0081



### Exclusión de responsabilidad

Estos explosivos han sido inspeccionados y encontrados en buen estado antes de ser embalados y/o entregados. Se deben almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, así como manipularse y transportarse de conformidad con las disposiciones legales vigentes. Por consiguiente, desde su entrega a los compradores, el fabricante no será responsable por su seguridad o por la obtención de los resultados que se busquen, ya sean estos expresos o implícitos. La totalidad del riesgo y de la responsabilidad, cualquiera sea su naturaleza, por accidentes, pérdidas, daños a la propiedad o personas (incluyendo la muerte), ya sean estos directos, indirectos, especiales y/o consecuenciales o de cualquier otro tipo derivado del uso de estos explosivos, es de los compradores desde la entrega de los mismos.

**Tomada de Exsa S.A.**

## Equipo de perforación manual Jackleg



*Tomada del Área de Perforación y Voladura de la minera aurífera Retamas S. A. (16)*