

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



**T E S I S**

**Diseño de mallas de perforación de taladros largos para mejorar  
producción y fragmentación en Compañía Minera Alpayana S.A.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Gilberto Fernando PIO DEL VALLE**

**Asesor:**

**Mg. Floro Pagel ZENTENO GÓMEZ**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Diseño de mallas de perforación de taladros largos para mejorar  
producción y fragmentación en Compañía Minera Alpayana S.A.**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Vicente César DAVILA CORDOVA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería de Minas  
Unidad de investigación

---

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 137-JUIFIM-2023**

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

Presentado por:

**Bachiller: PIO DEL VALLE, Gilberto Fernando**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería de Minas**

Tipo de Trabajo

**Tesis**

**“DISEÑO DE MALLAS DE PERFORACIÓN DE TALADROS LARGOS  
PARA MEJORAR PRODUCCIÓN Y FRAGMENTACIÓN EN  
COMPAÑÍA MINERA ALPAYANA S.A.”**

**Asesor:**

Msc. Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ

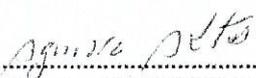
Índice de Similitud: 24 %

Calificativo

**APROBADO**

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

Cerro de Pasco; 22 de setiembre del 2023

  
.....  
**Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO**

JEFE DE LA UNIDAD DE  
INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE  
INGENIERIA DE MINAS

C.c.

## **DEDICATORIA**

Dedico a mi madre Cupertina Del Valle Rojas en gesto de agradecimiento, que fue mi motor para seguir este largo camino profesional. Dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio. Enseñándome a valorar todo lo que tengo. Ellos que inspiran mis ganas de seguir adelante y superarme día a día.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, quiero agradecer al Ing. José Luis Pinto Arroyo, por haberme brindado su apoyo y darme la oportunidad de poder realizar mi proyecto de investigación profesional en la empresa la cual dirigió. A mi madre Cupertina Del Valle Rojas que siempre me mostró su apoyo mientras estaba en vida para realizar mi sueño. A mis hermanos y hermana que en todo momento estuvieron conmigo dándome aliento y fuerza para realizarme profesionalmente. Al Señor Alejandro Cristóbal, mi mentor y guía en todo el proceso durante esta investigación y puesta en marcha esta investigación en mina; quien me enseñó y compartió su amplio conocimiento conmigo en interior mina.

Finalmente, agradezco a los jefes de guardia y compañeros de trabajo. A los operadores de simba, maestros disparadores y ayudantes, etc. quienes fueron un pilar fundamental para mi aprendizaje. Y a todos los que contribuyeron con un granito de arena en esta investigación y en mis conocimientos adquiridos.

## RESUMEN

La explotación de minerales con el uso de taladros largos se ha hecho necesario en laminería peruana porque su principal objetivo es el incremento de la producción. De manera tal que la investigación se basa en el problema ¿De qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.? Para responder a la interrogante se trazó como objetivo determinar de qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción en dicha compañía minera. La investigación fue realizada con el método científico, de tipo aplicada y de nivel explicativo; como diseño de investigación se usó el cuasi experimental. La población se consideró a los tajeos de los Niveles: Nv.6, Nv. 8A, Nv. 13, Nv. 14 y Nv. 18 de la mina Casapalca; la muestra fue elegida de manera no aleatoria y se consideró a los tajeos Tj-330, Tj-454, Tj-698, Tj-012 y el Tj-555. Se realizaron nueve disparos en dichos tajeos y se obtuvo un factor de potencia de 0,63 kg/Tn en vez de los 0,90 kg/Tn que era el indicador anterior. También de acuerdo los resultados si se puede pasar de 3390 TM/día a 4000 TM/día porque con los tajeos Tj-330, T-698, Tj-454 y Tj-012 se obtiene una producción de 4377,66 TM/día, superando un 9% de lo planteado como meta.

**Palabras clave:** Diseño, taladros largos, producción, factor de potencia.

## ABSTRACT

The exploitation of minerals with the use of long drills has become necessary in Peruvian mining because its main objective is the increase in production. So, the research is based on the problem How does the design of long drill patterns influence the improvement of production at Compañía Minera Alpayana S.A.? To answer the question, the objective was to determine how the design of long drill patterns influences the improvement of production in this mining company. The research was carried out with the scientific method, of applied type and of explanatory level; quasi-experimental was used as a research design. The population was considered to the slices of the Levels: Nv.6, Nv. 8A, Nv. 13, Nv. 14 and Nv. 18 of the mine Casapalca; the sample was chosen non-randomly and the stopes Tj-330, Tj-454, Tj-698, Tj-012 and Tj-555 were considered. Nine shots were fired at these pits and a power factor of 0.63 kg/Tn was obtained instead of the 0.90 kg/Tn that was the previous indicator. Also, according to the results if you can go from 3390 MT / day to 4000 MT / day because with the Tj-330, T- 698, Tj-454 and Tj-012 slices a production of 4377.66 MT / day is obtained, exceeding 9% of what was set as a goal.

**Keywords:** Design, long drills, production, powder factor.

## INTRODUCCIÓN

La actividad minera es una de las palancas económicas de nuestro país. El reto diario de la producción en grandes cantidades para poder aprovechar los altos precios de los metales en esta época exige a que el ciclo de minado sea mejorado en cada una de las operaciones unitarias.

Entonces, como las primeras actividades y de quienes dependen las demás operaciones es la perforación y seguidamente la voladura. La perforación se realiza con barras de 14 pies, es decir con taladros largos, en mallas en abanico, por lo que se requiere realizar inspecciones para poder visibilizar los problemas en dichas operaciones unitarias.

En el caso de la perforación un problema es la desviación de los taladros, pero en la investigación se ha logrado reducir de manera significativa y se disminuyó la dilución del mineral.

En el mismo sentido, al realizar seguimiento al carguío del explosivo la carga no ha sido dimensionada adecuadamente, de modo que en la parte inferior del tajeo se tuvo problemas en las salidas por sobrecarga de energía; de igual manera fue superada.

Respecto al tema principal del diseño de la malla de perforación y voladura, se ha realizado mediante el uso de softwares avanzados que ha permitido determinar la malla de perforación y voladura utilizando el criterio del radio influencia debido al halo de energía contenida en cada taladro, la cual al ser implementada ha permitido la reducción del factor de potencia y con los tajeos minados se pueden cubrir los 4000 TM/día de mineral planteado como meta de la nueva producción.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.	Ubicación y Acecesibilidad de la Mina Casapalca de Compañía Minera Alpayana S.A. ....	3
1.2.2.	Geología.....	9
1.2.3.	Geología Estructural .....	13
1.2.4.	Método de explotación .....	16
1.3.	Formulación del problema .....	18
1.3.1.	Problema General.....	18
1.3.2.	Problemas Específicos.....	18
1.4.	Formulación de objetivos.....	18
1.4.1.	Objetivo General.....	18
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	18
1.5.	Justificación de la investigación.....	19
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	19

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del estudio .....	20
------	--------------------------------	----

2.1.1.	Antecedentes Internacionales .....	20
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	21
2.2.	Bases teóricas - científicas .....	23
2.2.1.	Perforación .....	23
2.2.2.	Mallas de perforación en minería subterránea .....	25
2.2.3.	Factores que afectan la perforación y voladura.....	25
2.2.4.	Evaluación de la perforación y voladura .....	26
2.2.5.	Explotación con taladros largos .....	29
2.2.6.	Fragmentación de rocas con voladura .....	33
2.3.	Definición de términos básicos .....	35
2.4.	Formulación de hipótesis.....	38
2.4.1.	Hipótesis General.....	38
2.4.2.	Hipótesis Específicas. ....	38
2.5.	Identificación de variables.....	38
2.5.1.	Variables para la hipótesis general.....	39
2.5.2.	Variables para las hipótesis específicasPara la primera hipótesis específica .....	39
2.5.3.	Para la segunda hipótesis específica .....	39
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	40

### **CAPÍTULO III**

#### **3. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	42
3.2.	Nivel de investigación.....	42
3.3.	Métodos de investigación .....	43
3.4.	Diseño de investigación.....	43
3.5.	Población y muestra .....	43
3.5.1.	Población .....	43
3.5.2.	Muestra.....	43

3.6.	Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	43
3.6.1.	Técnicas.....	43
3.6.2.	Instrumentos .....	44
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación ...	44
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	44
3.9.	Tratamiento estadístico .....	45
3.10.	Orientación ética, filosófica y epistémica .....	45

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	47
4.1.1.	Seguimiento de la voladura actual.....	47
4.1.2.	Diseño de mallas de carguío en taladros en abanico.....	50
4.1.3.	Implementación de las mallas.....	57
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	60
4.2.1.	Presentación de los resultados.....	60
4.2.2.	Análisis e interpretación de los resultados.....	63
4.3.	Prueba de hipótesis.....	69
4.3.1.	Primera Hipótesis Específica.....	71
4.3.2.	Segunda Hipótesis Específica.....	75
4.4.	Discusión de resultados.....	79

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de Ubicación de la Mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A. ....	4
Figura 2 Mapa de Localización de la Mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A. ....	5
Figura 3 Mapa de Accesibilidad de la Mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A. ....	6
Figura 4 Mapa Satelital de la Mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A. ....	7
Figura 5 Plano Topográfico de la Zona El Carmen – Unidad Minera Americana de la Compañía Minera Alpayana S.A. ....	8
Figura 6 Columna estratigráfica de Casapalca.....	10
Figura 7 Mapa Geológico local de la Minera Casapalca.....	11
Figura 8 Mapa Geológico regional de la Minera Casapalca .....	12
Figura 9 Sección transversal de la Veta Esperanza .....	14
Figura 10 Cuerpos Mineralizados de la Veta Esperanza en 2D .....	15
Figura 11 Formación Estructural Casapalca .....	16
Figura 12 Parámetros de diseño de los tajeos .....	17
Figura 13 Sección longitudinal vertical de la secuencia de voladura con taladros largos. ....	31
Figura 14 Sección transversal de la secuencia de voladura con taladros largos .....	32
Figura 15 Excesiva concentración de energía.....	49
Figura 16 Diseño de malla Nivel 8A, Tajeo 698, sección 16.....	52
Figura 17 Diseño de malla Nivel 8A, Tajeo 698, sección 15.....	53
Figura 18 Diseño de malla Nivel 8A, Tajeo 698, sección 14.....	54
Figura 19 Diseño de malla Nivel 14, Tajeo 454, sección 34. ....	55
Figura 20 Diseño de malla Nivel 14, Tajeo 454, sección 35. ....	56
Figura 21 Colocado de doble manga de polietileno 5 u para anfo.....	57

Figura 22 Cebos con cartuchos de emulsión. ....	58
Figura 23 Proceso de carguío con anfo .....	58
Figura 24 Amarres en tajeos.....	59
Figura 25 Colocación de cinta en ángulos cerrados para evitar cortes del cordón. ....	59
Figura 26 Instrumentos para medición de VOD y vibraciones.....	60
Figura 27 Fragmentación después de la voladura.....	63
Figura 28 Factor de potencia de los disparos en los tajeos.....	64
Figura 29 Tj-330, Nv. 13 .....	66
Figura 30 Distribución granulométrica Tj-330, Nv. 13.....	66
Figura 31 Tj-698, Nv. 8A.....	68
Figura 32 Distribución granulométrica Tj-698, Nv. 8A. ....	68
Figura 33 Perforación de taladros largos .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	40
Tabla 2 Resultados de las pruebas de voladura. ....	61
Tabla 3 Consumo de explosivos y factor de potencia .....	62
Tabla 4 Factor de potencia y tonelaje roto. ....	64
Tabla 5 Metodología utilizada para la prueba de hipótesis estadística .....	70
Tabla 6 Variables e indicadores de hipótesis general. ....	71
Tabla 7 Base de datos utilizada .....	72
Tabla 8 Tabla de prueba de normalidad de las variables .....	73
Tabla 9 Correlación de variables.....	73
Tabla 10 Correlación de muestras .....	74
Tabla 11 Variables e indicadores de hipótesis específica A. ....	75
Tabla 12 Bases utilizadas en el proyecto. ....	76
Tabla 13 Tabla de prueba de normalidad de las variables .....	76
Tabla 14 Correlación de variables.....	77
Tabla 15 Prueba de muestras emparejadas.....	78

## Abreviaturas y acrónimos

<b>ABREVIATURAS</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<b>B/C</b>	<b>Relación Beneficio/Costo</b>
<b>CH</b>	<b>Chimenea</b>
<b>CRC</b>	<b>Corte y relleno ascendente convencional</b>
<b>CRM</b>	<b>Corte y relleno ascendente mecanizado</b>
<b>Cut Off</b>	<b>Ley de corte</b>
<b>Gal</b>	<b>Galería</b>
<b>INEI</b>	<b>Instituto Nacional de Estadística e Informática</b>
<b>ISEM</b>	<b>Instituto de Seguridad Minera</b>
<b>M&amp;O</b>	<b>Mantenimiento y Operación</b>
<b>MINEM</b>	<b>Ministerio de Energía y Minas</b>
<b>MINAM</b>	<b>Ministerio del Ambiente</b>
<b>OSINERGMIN</b>	<b>Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería</b>
<b>RH</b>	<b>Relleno Hidráulico</b>
<b>TIR</b>	<b>Tasa Interna de Retorno</b>
<b>TJ</b>	<b>Tajo</b>
<b>TMD</b>	<b>Tonelada de mineral por día</b>
<b>VAN</b>	<b>Valor Actual Neto</b>

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La perforación de rocas es una operación minera con el que se da inicio a la construcción de labores de acceso al depósito mineral que pueden ser vetas o cuerpos generalmente, y también sirve para la extracción del mineral para su posterior beneficio (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

En la mina Casapalca de Compañía Minera Alpayana S.A. Se realiza la explotación con el uso de la perforación convencional y, también, la perforación mecanizada, pero se está dando mayor importancia a la explotación con taladros largos porque permite una mayor producción y por ende una mayor productividad (Cruz Alvarez, 2020).

En Casapalca se realiza la perforación de taladros largos tanto positivos y negativos, en algunos casos resulta en sobre rotura de hasta 35% a 40%, en otros disparos se ha determinado la presencia de bancos mayores a 1 metro cuando la fragmentación en mineral debe ser con un P80 igual a 8 pulgadas tal como es el requerimiento para su tratamiento metalúrgico. Estos inconvenientes retrasan la producción, así como el carguío y el transporte cuando se realiza la limpieza del mineral para llevar al lugar de beneficio.

Tales deficiencias han dado lugar a que se desarrolle un trabajo de

investigación para poder analizar, diseñar e implementar nuevas mallas de perforación para taladros largos, tanto positivos como negativos, para que con ellas se pueda llegar a las metas de producción y fragmentación establecidas (Barrientos Llacua & Durand Lanazca Gabriel, 2020). Esos resultados también pueden ser considerados como indicadores de perforación e incluso voladura.

Por lo tanto, la investigación tuvo como objetivo el incremento de la producción de 3390 TM a 4000 TM por día.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

Para delimitar el presente trabajo se tomaron en cuenta lo siguiente:

- **Delimitación espacial.**

La investigación se realizó en la mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A.

Dicha unidad de producción se halla localizada en:

Distrito: Chicla.

Provincia: Huarochirí.

Región: Lima.

- **Delimitación temporal.**

Para la investigación se ha tomado un periodo de tiempo de 5 meses; a partir del mes de enero del 2022.

- **Delimitación conceptual.**

El trabajo de investigación estará enfocado primeramente en la recopilación bibliográfica respecto al diseño de mallas de perforación para taladros largos, por ser un caso especial porque se basa en la perforación de taladros de 8 a más metros de perforación y de grandes diámetros.

De igual manera, se tendrán en cuenta el estudio y el análisis de la producción masiva por usar taladros largos que involucran grandes inversiones en equipos y tecnología.

También la capacitación de los colaboradores es necesaria para poder

tener el mismo criterio en el replanteamiento de las nuevas mallas de perforación con calidad y responsabilidad.

En tema de la producción es necesario su análisis para poder profundizar los conocimientos de la mejora continua para poder incrementar la misma producción de mineral, así como establecer parámetros de productividad para una explotación sostenible.

También, en lo relacionado con la fragmentación por acción de los explosivos, que está parametrizado por los requerimientos de la planta de beneficio, porque la trituración primaria es afectada con el consumo de mayor cantidad de energía para poder reducir los fragmentos de gran tamaño a lo requerido para su tratamiento.

### **1.2.1. Ubicación y Accesibilidad de la Mina Casapalca de Compañía Minera Alpayana S.A.**

#### ➤ Ubicación

La mina Casapalca se encuentra localizada en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, región de Lima, a una altura promedio de 4400 m.s.n.m.

Las coordenadas UTM de la mina son las siguientes:

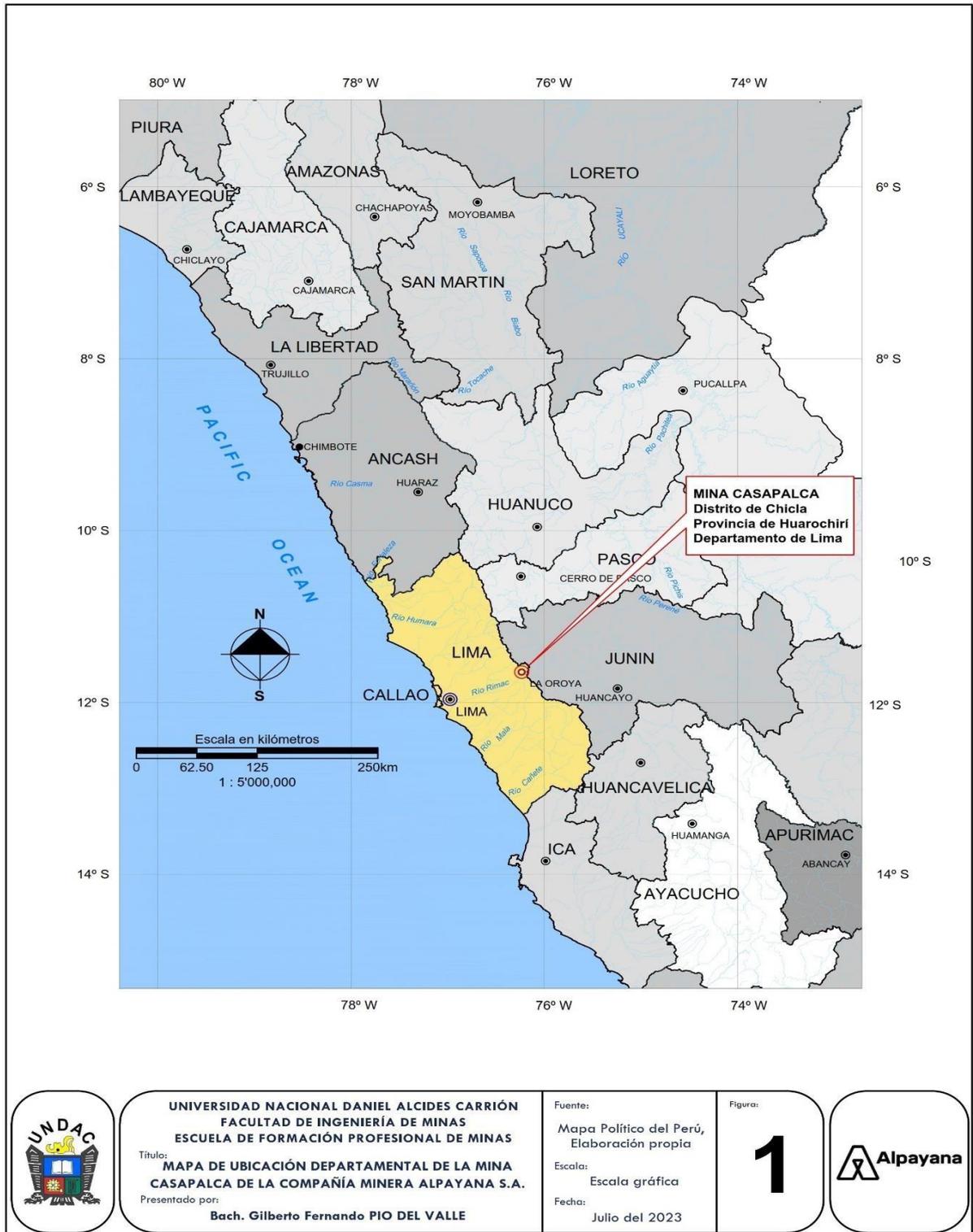
- 366761 E
- 8710455 N

#### ➤ Accesibilidad

Se accede a la mina por: a) Por carretera asfaltada Lima - Casapalca con 130 km. en un tiempo de tres horas, b) Por carretera asfaltada Huancayo - La Oroya - Casapalca con 100 km. en un tiempo de tres horas (Cervantes Mancha, 2018, p. 14).

Figura 1

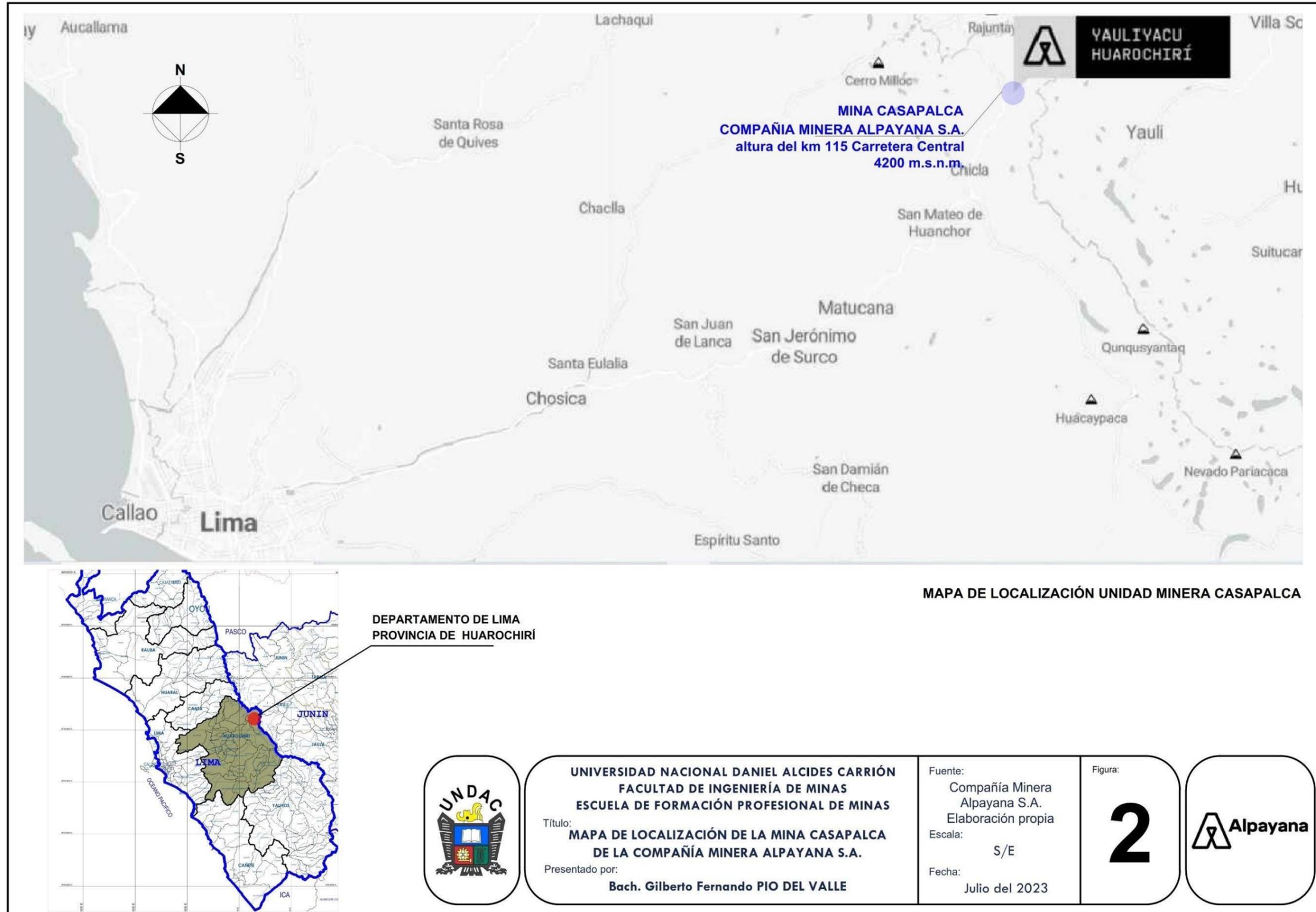
Mapa de Ubicación de la Mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A.



Fuente: Mapa Político del Perú. Elaboración propia.

Figura 2

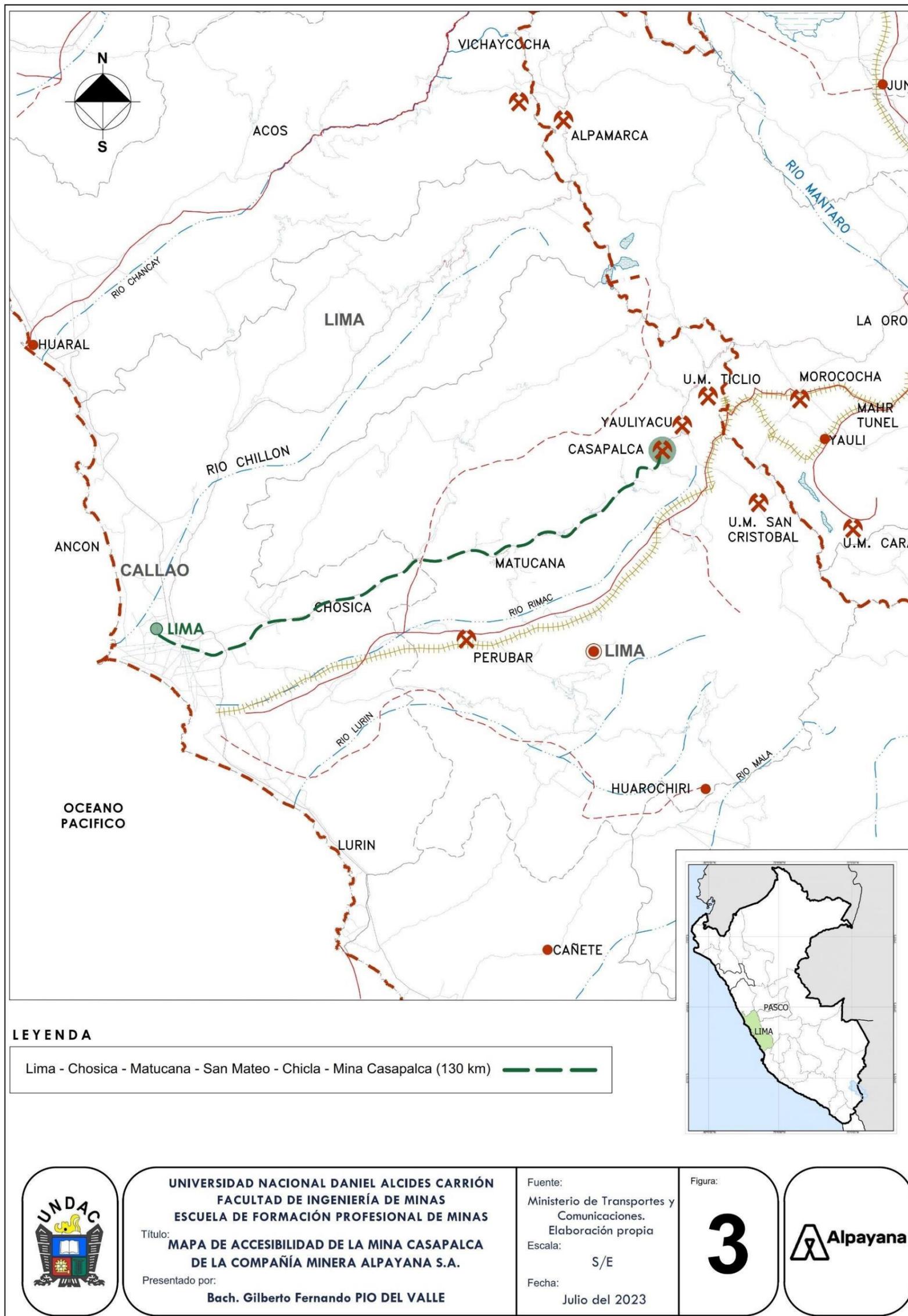
Mapa de Localización de la Mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A



Fuente: Compañía Minera Alpayana S.A. Elaboración propia

Figura 3

Mapa de Accesibilidad de la Mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Elaboración propia.

Figura 4

Mapa Satelital de la Mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A.

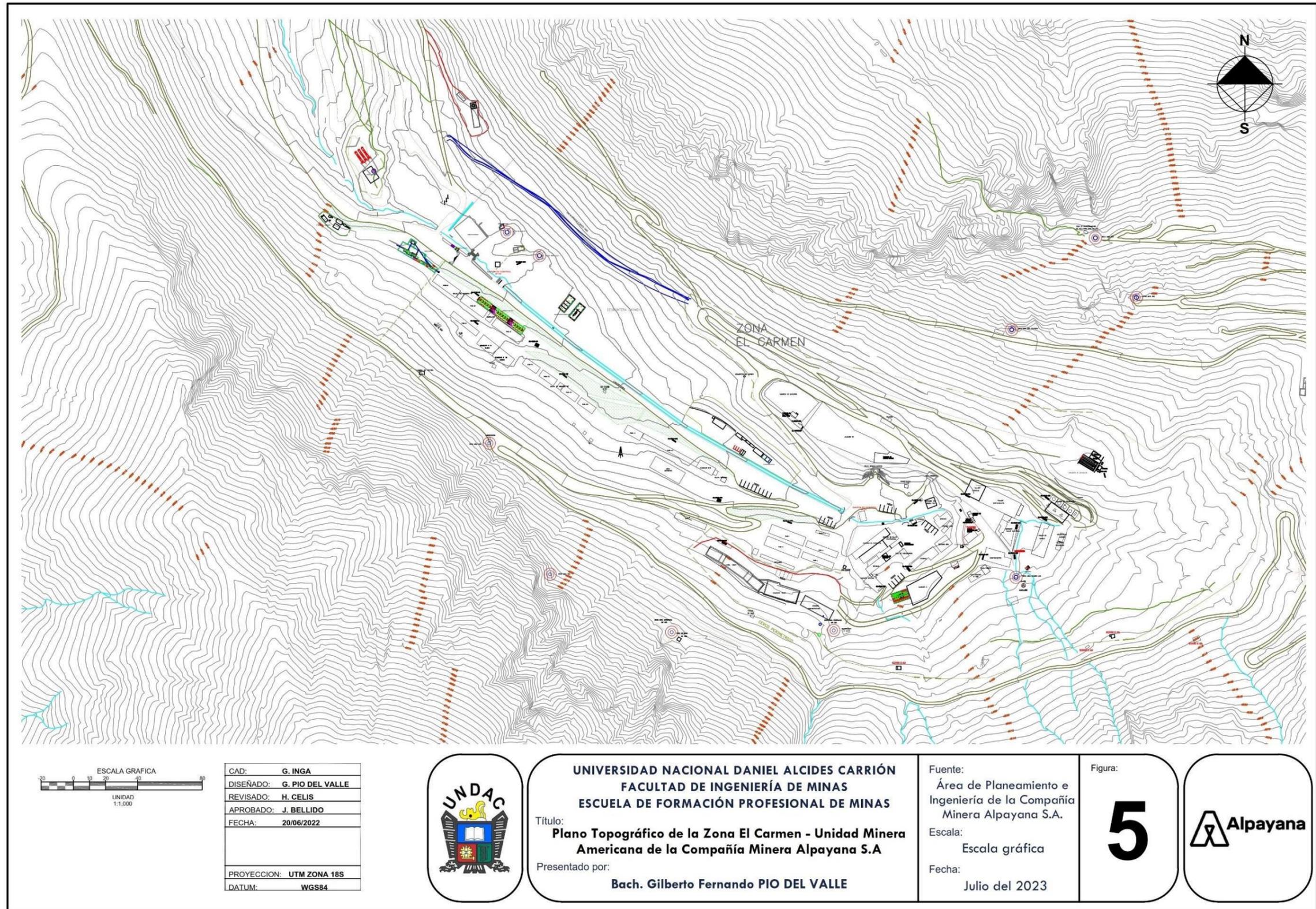


Figura 4. Mapa Satelital de la Mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A.

Fuente: Google Earth Pro. Elaboración propia.

Figura 5

Plano Topográfico de la Zona El Carmen – Unidad Minera Americana de la Compañía Minera Alpayana S.A.



Fuente: Área de Planeamiento e Ingeniería de la Compañía Minera Alpayana S.A.

### **1.2.2. Geología**

#### **➤ Estratigrafía de la zona**

La Columna Estratigráfica de la Región está conformada por las siguientes formaciones:

#### **Formación Carlos Francisco**

Es una serie potente de rocas volcánicas de tipo andesítico, consta de tres miembros:

- Miembro Yauliyacu.
- Miembro Carlos Francisco.
- Miembro Tablachaca.

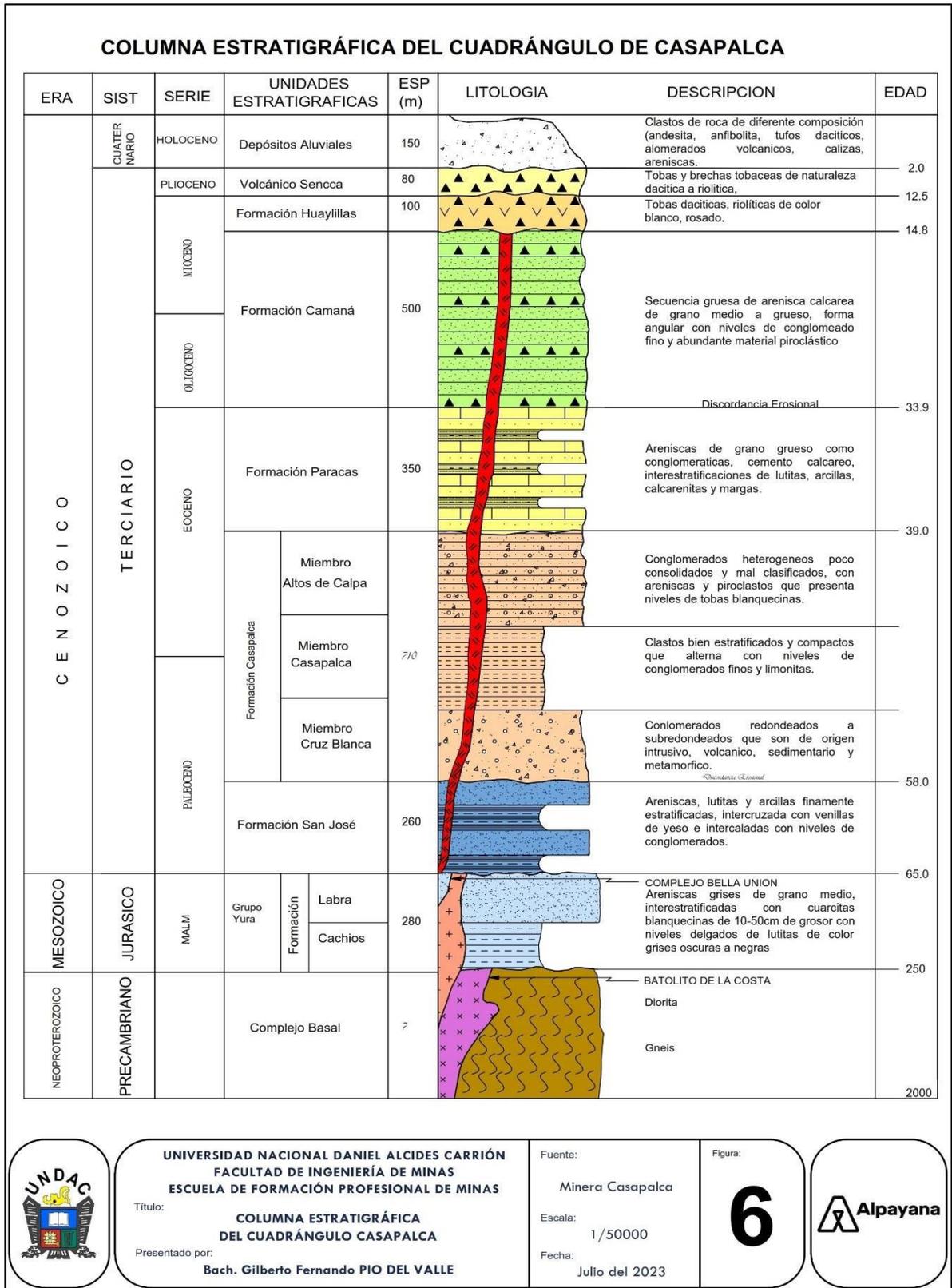
#### **Formación Casapalca**

Es la formación más antigua que aflora en el distrito, son rocas sedimentarias de ambiente continental. Esta formación ha sido dividida en dos miembros:

- Miembro El Carmen.
- Miembro Capas Rojas

Figura 6

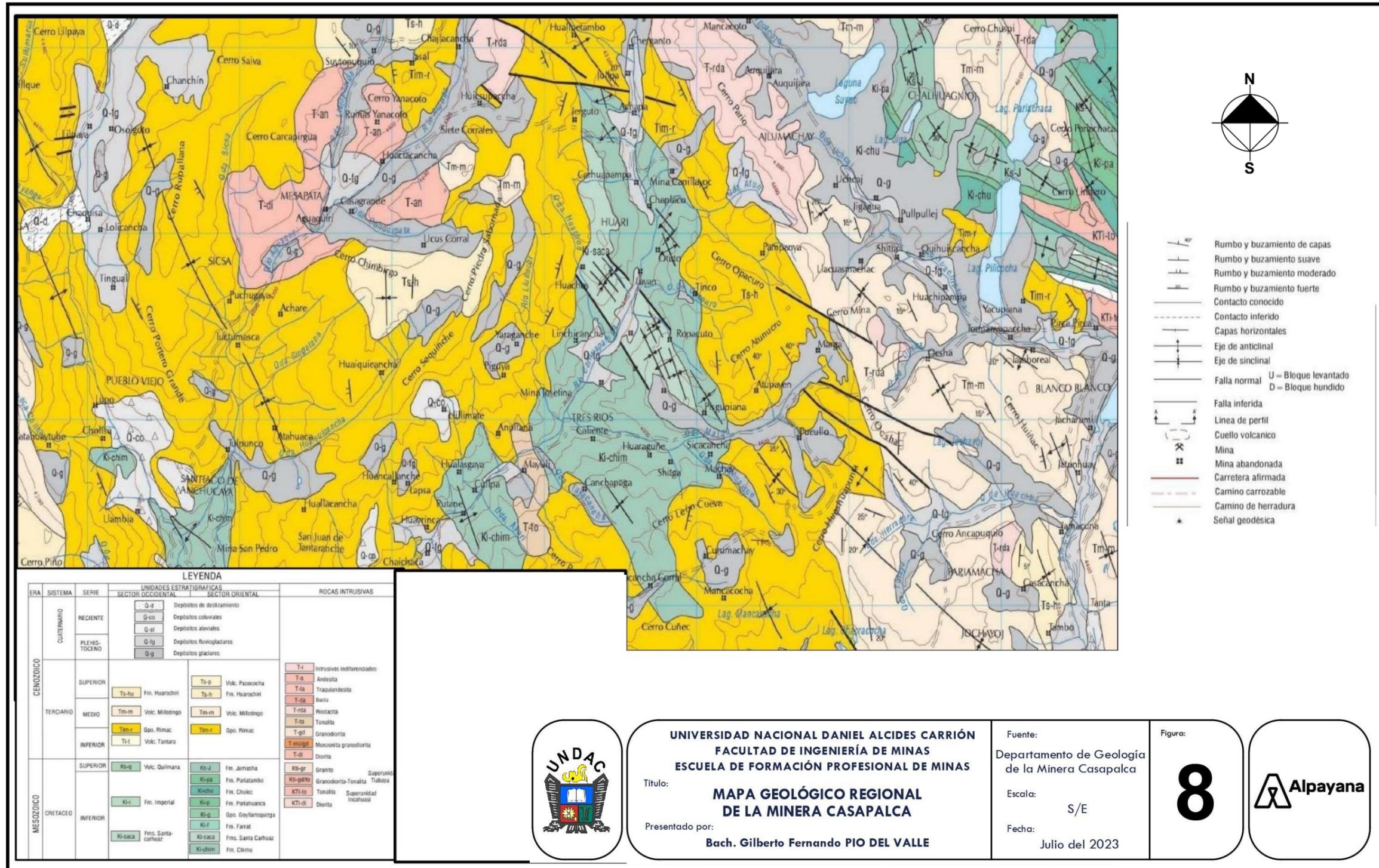
Columna estratigráfica de Casapalca



Fuente: Elaboración propia.



Figura 8  
 Mapa Geológico regional de la Minera Casapalca



Fuente: Departamento de Geología de la Minera Casapalca

### 1.2.3. Geología Estructural

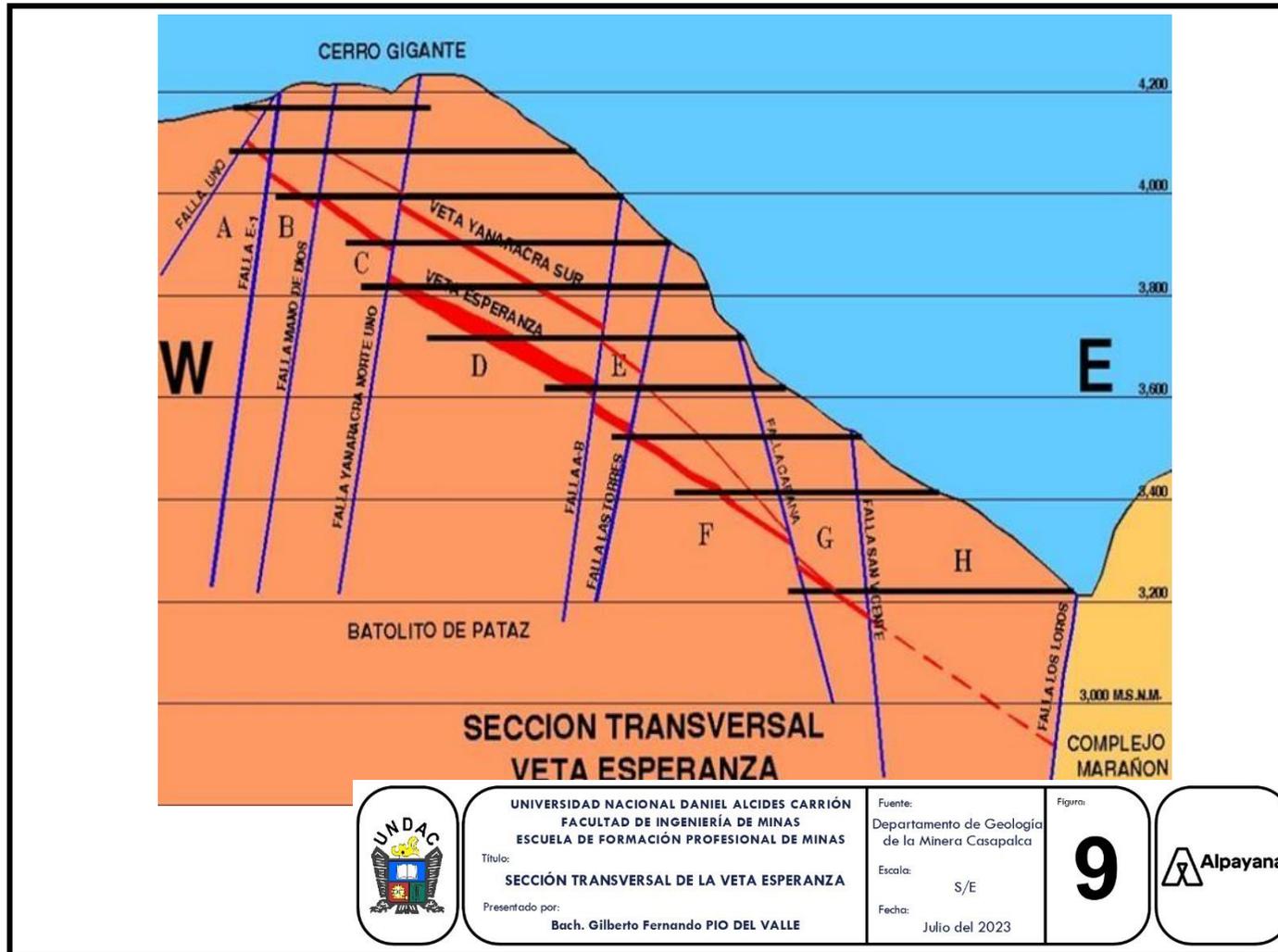
**Pliegues:** Uno de los rasgos más importantes en la mina de Casapalca es el plegamiento y posteriormente el fracturamiento.

**Fallas:** Los mayores rasgos estructurales de la mina de Casapalca se encuentran formados por fallas, fracturas, cuyo rumbo general es Este- Oeste formadas por la veta Esperanza y veta Oroya en forma casi perpendicular al gran eje del sinclinal Pumatarea – Aguascocha, anticlinal Casapalca.

Las fallas y fracturas están controladas por las rocas encajonantes de las estructuras mineralizadas.

Figura 9

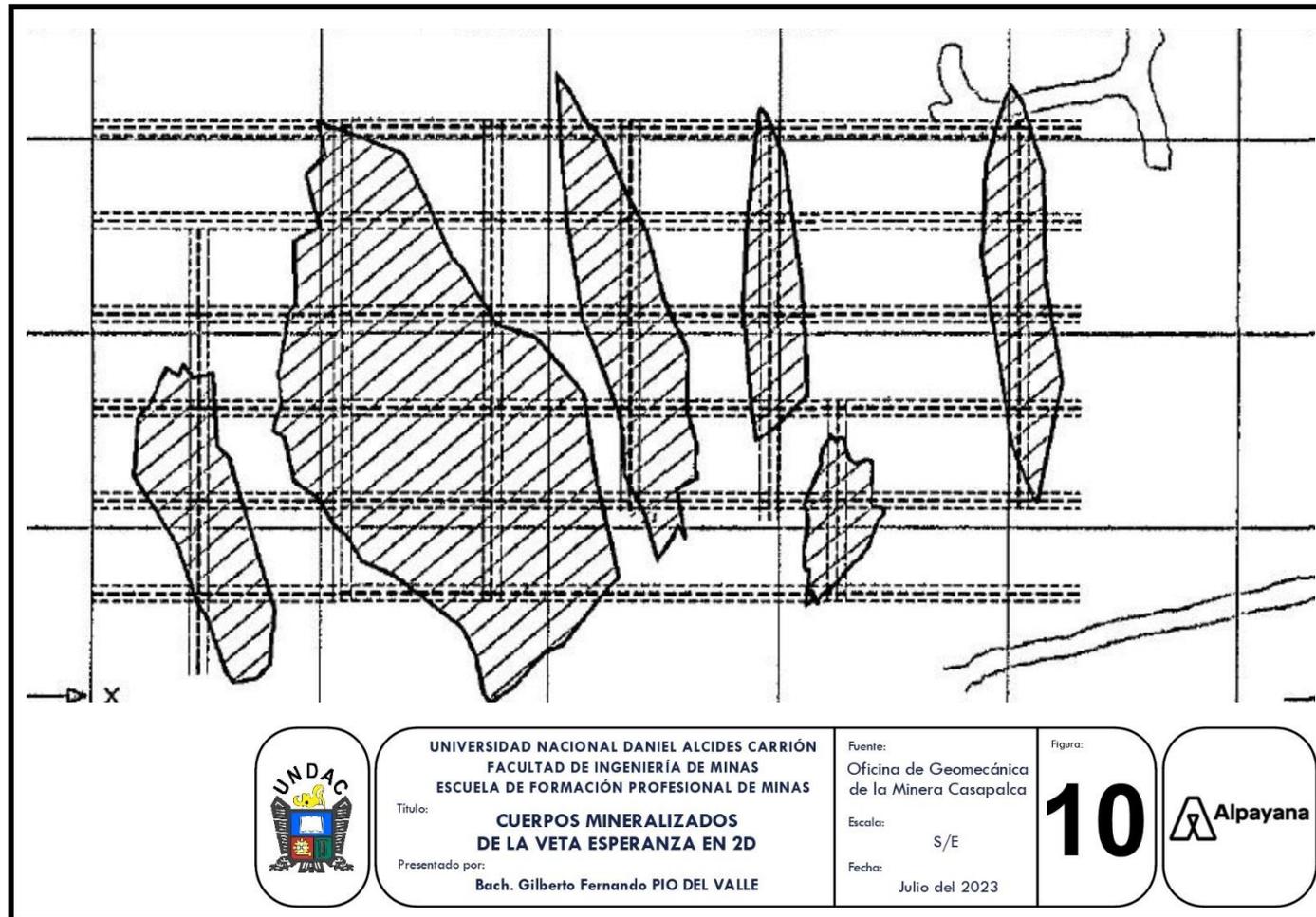
Sección transversal de la Veta Esperanza



Fuente: Departamento de Geología de la Minera Casapalca

Figura 10

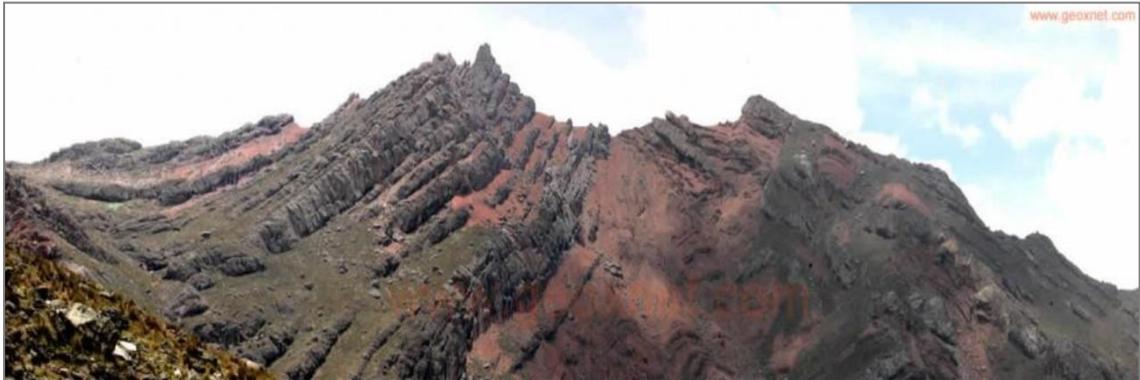
Cuerpos Mineralizados de la Veta Esperanza en 2D



Fuente: Oficina de Geomecánica de la Minera Casapalca

Figura 11

Formación Estructural Casapalca



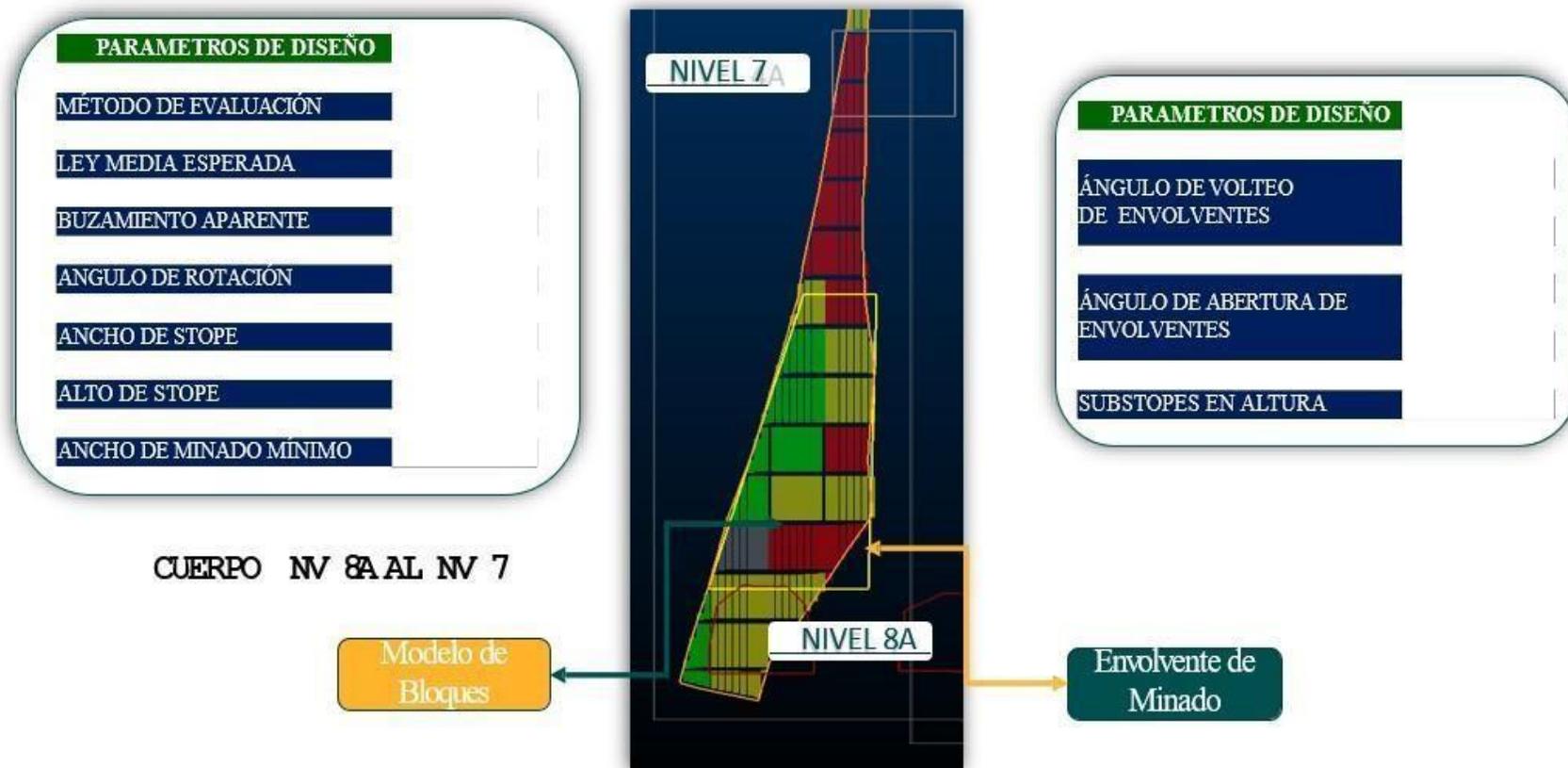
*Fuente:* Departamento de Geología de la Minera Casapalca

#### **1.2.4. Método de explotación**

Para la explotación en la Zona Vetas se utiliza el método de minado denominado como el corte y relleno ascendente, porque en la elección del método de explotación se acomoda a las características de yacimiento mineral de la mina Casapalca.

Figura 12

Parámetros de diseño de los tajeos



Nota: Representa el diseño de los tajeos de explotación. Se adjunta los parámetros de diseño de dichas labores.  
Fuente: Elaboración propia.

Para la explotación del mineral en la Zona Cuerpos el minado se realiza mediante el uso de la perforación de taladros largos que pueden perforación positiva y negativa, para los slots se usa la voladura del tipo VCR.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema General.**

¿De qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influyen en la mejora de la producción y fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.?

#### **1.3.2. Problemas Específicos.**

➤ **Primer Problema Específico.**

¿De qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.?

➤ **Segundo Problema Específico.**

¿De qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

**Determinar** de qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción y fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

➤ **Primer Objetivo Específico**

**Determinar** de qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.

➤ **Segundo Objetivo Específico**

**Determinar** de qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

La investigación presentada se justifica porque se realizará la revisión científica y la experiencia (Asencio Cabot & Ibarra López, 2018), obtenida a la fecha con relación a los diseños de mallas de perforación en taladros largos. Aplicado estos conocimientos se obtendrá indicadores para poder mejorar la fragmentación e incrementar la producción de mineral en los tajeros explotados con el uso de taladros.

La importancia radica en que los resultados podrán ser generalizados en aquellas zonas donde la explotación se realiza con perforación de taladros largos, beneficiándose los encargados de estas operaciones de explotación (Baldeon Lazaro, 2021), de modo que también la empresa se beneficiará económicamente porque se reducirá los costos de perforación y voladura secundaria, así como con el incremento de la producción con menor dilución.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

No existieron limitaciones cuando hubo necesidad de tener datos e información para el desarrollo de la investigación.

Tampoco se tuvo limitaciones para acceder a los tajos que se seleccionaron como muestras del trabajo de investigación por ser los lugares en el que se da la producción del mineral.

No hubo limitación económica para el informe final porque fue realizada con recursos propios del investigador.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

**Rojas Valenzuela (2021)** en la tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil de Minas “Estimación de la fragmentación producto de la tronadura de rocas en minería a cielo abierto utilizando modelos predictivos y algoritmos de regresión” tiene como conclusiones: La incorporación de herramientas con inteligencia artificial, como los algoritmos de Machine Learning, para mejorar la estimación de fragmentación generando modelos predictivos permiten obtener una estimación más cercana a la realidad que con modelos empíricos como Kuz-Ram y KCO (Rojas Valenzuela, 2021, p. 56-60).

**Pérez Vargas (2019)** en su tesis titulada “Diseño de un Modelo de Costos de producción para empresas mineras en Bolivia”, para obtener el grado académico de Magister en la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

En resumen, la tesis trata de, al haberse evaluado a Bolivia como un país minero, este no cuenta con una bibliografía especializada de una contabilidad minera. Es por ello que se propone una propuesta del sistema de Costos de Producción, que fue de gran utilidad para todas las Empresa Mineras de Bolivia,

el mismo proporcionará una información real, veraz, eficiente y confiable, así también controlar por Departamentos o Secciones que están en relación a los siguientes elementos: labor Directa e Indirecta, Materiales, Suministros y otros Gastos directos e indirectos, además del uso de materiales, repuestos, insumos y otros (Pérez Vargas, 2019). Elaborando informes y estadísticas que complementen a los Estados Financieros (Pérez Vargas, 2019).

El objetivo es de diseñar un modelo de costos de producción y/o explotación, real acumulativo e histórico, que sea verídico, y que brinde confianza para las Empresas Mineras, también que sea una herramienta indispensable para tener una correcta gestión y administración de los recursos y/o elementos que se integran a los costos, tener un control de estos, en todos los procesos de producción en base a las características de los yacimientos mineralógicos (Pérez Vargas, 2019).

Las conclusiones fueron:

- Las Empresas Mineras en Bolivia, tendrán un Modelo de Costos de Producción propuesto, herramienta que les permitirá hacer una correcta evaluación y clasificación de los costos, en base a los sistemas de explotación y la tecnología de producción que usen (Pérez Vargas, 2019).
- La investigación realizada no solo será un modelo de asignación de costos para proponer, sino será el cambio radical en la gestión de una empresa minera, al adicionar una visión de máximas utilidades, la minimización de costos y la mejora de su capacidad de producción, tener una información confiable sobre sus costos de producción (Pérez Vargas, 2019).

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

**Romero Gálvez (2020)** e en la tesis para título profesional “Diseño de la malla de perforación en dominios de sílice masiva y granular para reducirlos

costos de perforación y voladura en una mina a tajo abierto en Cajamarca”, tiene como conclusiones: “Una ampliación de malla ahorró del 4.76% en la sílice masiva y del 3.74% en la sílice granular; y se concluye que ampliando la malla de voladura con Burden y espaciamiento correcto en sílice masiva y granular existe ahorro”. (Romero Gálvez, 2020, p. 27-28)

**Romaní Carhuamaca (2019)** su tesis para título profesional “Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar avances y sobre rotura Nv. 1225 - Mina Andaychagua - VCM S.A.A.”, tiene como conclusiones: “El entorno de la veta Andaychagua, es de calidad Mala A. El avance fue 3,02 m/disparó 95% de la longitud del taladro. La sobre rotura fue 4.86%, siendo menor al 5% propuesto. El consumo de explosivo por metro lineal de avance fue de 31,3 Kilogramos” (Romaní Carhuamaca, 2019, p. 84)

**Huarachi Huaracallo (2021)** en la tesis para título profesional “Rediseño de malla de perforación para un slot negativo de taladros largos para reducir los costos de perforación de la Empresa Minera Cori Puno S.A.C.” concluye que: “El slot negativo tiene inicialmente 17 taladros, con carga 13 taladros y produce 97.2 TM, F.C. 0.25 Kg/m<sup>3</sup>, costo de perforación de US\$ 1152,86. Con modelo matemático se tuvo

5 taladros, 6 fueron de alivio y rimados 0.158 metros, el costo de perforación de la malla optimizada es US\$ 1135.17”. (Huarachi Huaracallo, 2021, p. 76)

**Celis Caballero (2016)** en la tesis para título profesional “Reducción de la desviación de taladros largos implementando menores longitudes de perforación de taladros para bancos de producción de 20 metros de altura en Sublevel Stopping con Simbas H1254, en el cuerpo Casapalca 4 en el nivel 11 - 11A, Mina Casapalca-Unidad Americana 2016” tiene como conclusiones: “Las longitudes que minimizan la desviación son taladros negativos de 8m negativos y positivos de 12m con desviaciones de 0,26 m y 0,45 m respectivamente. Con

mayor longitud de perforación aumenta la desviación. No es conveniente usar taladros de 20m” (Celis Caballero, 2016, p. 68).

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Perforación**

La perforación y voladura es una técnica que se puede aplicar para extraer roca en terrenos competentes donde los medios mecánicos no son rentables. Con base a esta definición, este método se puede aplicar a todos los métodos de aplicación, ya sea minería o movimiento de tierras, donde se requiera movimiento de tierras. La tecnología de perforación y voladura se basa en realizar perforaciones en la roca, donde luego se colocan explosivos, que a través de su detonación transmiten la energía necesaria para fragmentar el macizo rocoso en explosión (Bernaola Alonso et al., 2013).

Este se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el aislamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La eficiencia en perforación consiste en lograrla máxima penetración al menor costo (Bernaola Alonso et al., 2013).

La mayoría de las voladuras en las minas implican cargar explosivos en taladros perforados en la masa rocosa.

La mayor parte de la perforación se lleva a cabo mediante perforadoras mecánicas para rocas que son de percusión y rotación, imitando la perforación manual en la que el cincel se golpea con un martillo y se gira en el agujero.

Los martillos neumáticos son máquinas manuales accionadas por aire comprimido que normalmente son operadas por una tripulación de dos hombres. La máquina está comúnmente montada en una pata neumática que es una pata neumática para ayudar a sostener la máquina (Brady King, 2022).

El agua se alimenta a través de la máquina y baja a lo largo del acero de perforación, emergiendo en la broca, tanto para enfriar la broca como, lo que es

más importante, para eliminar el polvo. Los martillos neumáticos se utilizan normalmente para perforar orificios de hasta 3 m de longitud tanto en desarrollo como en rebaje.

Los jumbos son similares a los martillos neumáticos, pero están montados en barras y usan varillas de extensión de aproximadamente 1 m de longitud, que se enroscan juntas a medida que se perfora el agujero. Se instalan varios tipos de brocas en la parte delantera de la sarta de perforación. Estas máquinas permiten perforar un orificio de hasta 30 m de longitud y se utilizan para tapar o desarrollar grandes excavaciones. Sin embargo, los pozos a menudo se desvían bastante de la dirección de perforación inicial y en taladros de más de 20 m de largo, la precisión es dudosa. Los diámetros de los taladros para todo lo anterior varían de aproximadamente 20 mm a 42 mm.

Los equipos de perforación electro hidráulicos móviles se utilizan tanto en el desarrollo como en el encofrado. Las rondas de tunelización tienen típicamente de 4 a 6 m de largo, mientras que los orificios de cierre pueden perforarse hasta 40 m, con diámetros de orificios que varían hasta aproximadamente 80 mm.(Herrera Barrios, 2021).

Las máquinas pueden ser simples, gemelas o multibrazo, refiriéndose al número de perforadoras y son autopropulsadas por Diesel o electricidad. Estas máquinas son extremadamente eficientes, capaces de perforar muchos agujeros en un turno.

Para mayor eficacia y comprobada en la Compañía minera Sol por (Pomahuali Liñan, 2013) concluye en su tesis "Formulación de un Programa de Gestión de Mantenimiento para la Operación Óptima de Perforadoras de Jumbos Electrohidráulicos de Compañía Minera Sol S.A." que: Este proceso de registro detallado nos permite decidir con rapidez y eficacia la rotación de perforadoras en toda la flota de jumbos, así como también el cambio de martillos del perforador.

### **2.2.2. Mallas de perforación en minería subterránea**

La malla de perforación de los talados es la disposición de los mencionados taladros (tanto en planta como en sección). Las mallas básicas de los taladros en realidad son matrices de una sola fila. Las mallas de perforación pueden ser cuadradas o rectangulares y escalonadas. Las mallas irregulares también se utilizan para tomar áreas irregulares en el borde de una malla de perforación. El término espaciamiento denota la distancia lateral en los centros entre taladros de una fila. El Burden es la distancia desde una sola fila hasta la cara de la excavación, o entre filas en el caso habitual donde las filas se disparan en secuencia (Quito Matos & Babilonia Jaramillo, 2020).

Además de las mallas de perforación, también tenemos las mallas de retardo. Esta malla permite el uso eficiente de la energía explosiva en la voladura. Los retardos pueden permitir el diseño y uso de una o más caras libres para fragmentar la masa rocosa de manera más eficiente.

### **2.2.3. Factores que afectan la perforación y voladura**

Si bien la dureza relativa de la roca tiene un efecto tanto en el rendimiento de la perforación como en el de los explosivos, los factores ambientales también ejercen su influencia.

Entre los factores a considerar en el estudio de los costos de perforación se encuentran: costos de broca, mano de obra, consumo de combustible, tasas de penetración, mantenimiento, vida útil de la máquina y costo de la máquina (Quito Matos & Babilonia Jaramillo, 2020). Por ejemplo, las condiciones severas del agua en el taladro requerirán explosivos más caros, lo que resultará en un costo de energía más alto que el que se experimentaría con un uso máximo de ANFO. En las regiones semiáridas, los costos de perforación pueden representar hasta el 80 por ciento de los costos totales de perforación y voladura, principalmente debido a la utilización del explosivo de menor costo. Por el contrario, en las formaciones de roca dura existen en un ambiente relativamente

húmedo, donde los costos de los explosivos pueden ser de hasta el 70 por ciento del gasto total de perforación y voladura. Las vibraciones de voladura y los problemas de golpe de aire pueden tener una influencia directa en el programa de voladura que el operador puede seleccionar. Debido a tales limitaciones, el encargado de la voladura puede necesitar imponer límites a la cantidad de explosivos por retardo, lo que se relaciona directamente con los tamaños y profundidades de los agujeros.

Para el (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), 2018) “el techo y las costillas y técnicas de soporte en minas de carbón subterráneas” (p. 1). Otro factor que también afecta la perforación y voladura es que cientos de lesiones y por lo general una o dos muertes ocurren cada año debido a la caída de pequeñas rocas entre el techo permanente apoya.

Estas pequeñas caídas no están adecuadamente controladas por soportes de techo convencionales como pernos de techo, placas de techo grandes, acero, correas, moldes para pizza, placas de araña o tableros de cabecera.

#### **2.2.4. Evaluación de la perforación y voladura**

Con la finalidad de evaluar la perforación y la voladura generalmente se usa el factor de carga y el factor de energía.

##### **➤ Factor de carga**

Una manera de evaluar el trabajo de un explosivo es el factor de carga. El factor de carga es una relación entre la cantidad de roca que se rompe y la cantidad de explosivo que se utiliza para romperla. (Gobierno de España, 2020).

Puede servir para una variedad de propósitos, como un indicador de cuán dura es la roca, o el costo de los explosivos necesarios, o incluso como una guía para planificar un disparo. El factor de carga se puede expresar como una cantidad de roca rota por una unidad de peso de explosivos. O,

alternativamente, puede ser la cantidad de explosivos necesarios para romper una medida unitaria de roca. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$F.C. = \text{Kg/m}^3 \text{ o } \text{kg/TM} \quad (1)$$

➤ **Factor de energía**

El factor de energía describe la distribución de energía dentro de una unidad dada de roca. La distribución de energía dentro de un disparo se mide por el factor de energía, que compara la energía explosiva con una cantidad de roca fragmentada. La distribución de la energía explosiva dentro de toda la voladura se evalúa junto con su fragmentación resultante y su efecto en los costos operativos. (Jiménez Castro, 2021).

El análisis de voladuras se convierte a continuación en una función del factor de energía, el costo de los explosivos, los resultados de fragmentación y la producción posterior. La distribución adecuada de la energía es importante para obtener la fragmentación deseada y el movimiento de la parte inferior. La distribución de energía se convierte en un factor importante cuando se encuentran taladros húmedos, ya que las mezclas explosivas encartuchadas deben ser más pequeñas que el diámetro del taladro para permitir una carga más fácil. La disminución resultante en el diámetro de la columna de explosivos reduce la cantidad de energía explosiva dentro del taladro.

El encargado de la voladura debe utilizar explosivos de mayor energía para equilibrar la energía perdida. Se pueden hacer los ajustes de energía explosiva necesarios en el taladro para compensar el fondo duro. Además, los explosivos de mayor energía pueden ser sustituidos por explosivos de menor energía para aumentar la distribución de energía dentro de la roca, aumentando así la fragmentación. Sin embargo, si la fragmentación era

satisfactoria antes de la introducción de energía explosiva adicional, la distribución de energía mejorada dentro del disparo permitirá una expansión del patrón de perforación, con la consiguiente disminución de los costos generales de perforación. La mejora de las tasas de producción y la consiguiente reducción de costos en la excavación, el acarreo, la trituración o el movimiento de rocas son los principales beneficios obtenidos de la aplicación eficiente de energía explosiva. Hay otros beneficios de una mejor fragmentación, como la reducción de la voladura secundaria, la reducción del consumo de energía en la chancadora primaria y menos desgaste y mantenimiento en el equipo. La eficiencia explosiva es la relación entre la cantidad de energía liberada y la energía termoquímica calculada.

Las emulsiones son explosivos altamente eficientes, debido principalmente a su tamaño de partícula microscópica. En contraste, los explosivos con diferentes tamaños de partícula, como ANFO o geles de agua, no tendrán una velocidad de combustión uniforme y, por lo tanto, no serán tan eficientes (Chura, 2022). Los estudios que comparan la energía termoquímica calculada con la energía medida por la técnica de energía de burbujas submarinas han demostrado que las emulsiones liberaron el 93 por ciento de la energía termoquímica calculada. Los geles de agua con diferentes tamaños de partícula lograron solo del 55 al 70 por ciento de su energía termoquímica calculada. Las eficiencias explosivas de ANFO, y particularmente de ANFO de alta densidad, oscilan entre el 50 y el 80 por ciento de sus energías calculadas. Como resultado, los explosivos de emulsión no solo son termo químicamente eficiente, sino que también son rentables.

El factor de energía se puede determinar de la manera siguiente:

$$F.E. = \text{kcal/TM o Kcal/m}^3 \quad (2);$$

También como:

F.E. = MJ/TM o MJ/m<sup>3</sup>. (3)

### **2.2.5. Explotación con taladros largos**

“La explotación con taladros largos es un método de extracción de depósitos metalíferos subterráneos, porque abarca la perforación y voladura de gran diámetro de mayor longitud que conduce a la extracción completa de un nivel en una sola elevación” (Barral y Husillo, 2019)

La productividad y la seguridad de este método están interrelacionadas. La productividad esperada se puede lograr mediante la secuenciación adecuada de los tajeos y el relleno (Reymundo Soto, 2022). Sin embargo, “la voladura a gran escala es un desafío para los diseñadores de voladuras, ya que la operación de voladura puede provocar grietas sustanciales y daños en las estructuras debido a la vibración del terreno inducida por la explosión” (Bernaola Alonso et al., 2013).

Los daños son causados principalmente por tres factores como: la amplitud de la vibración del suelo (velocidad máxima de las partículas; PPV), su duración y su frecuencia. Además del PPV, el contenido de frecuencia y la amplitud relativa de los componentes horizontales y verticales también pueden desempeñar un papel importante con respecto a la respuesta de las estructuras en las áreas cercanas (Pinto Morales & Fuentes Fuentes, 2007).

Para (OSINERGMIN, 2020) en voladuras de tajeos con taladros largos y en macizos rocosos de baja calidad estructural, no es conveniente aumentar el Burden y/o el diámetro de los taladros, atendiendo solamente a consideraciones de mayor producción por disparo, debido a que el daño en el macizo remanente está en función directa a la carga lineal.

Las estructuras industriales incluyen muchas estructuras sensibles como depósitos de agua, estanques de relaves, oficinas, etc. La optimización de los parámetros de diseño de la voladura en la zona de estas estructuras de superficie

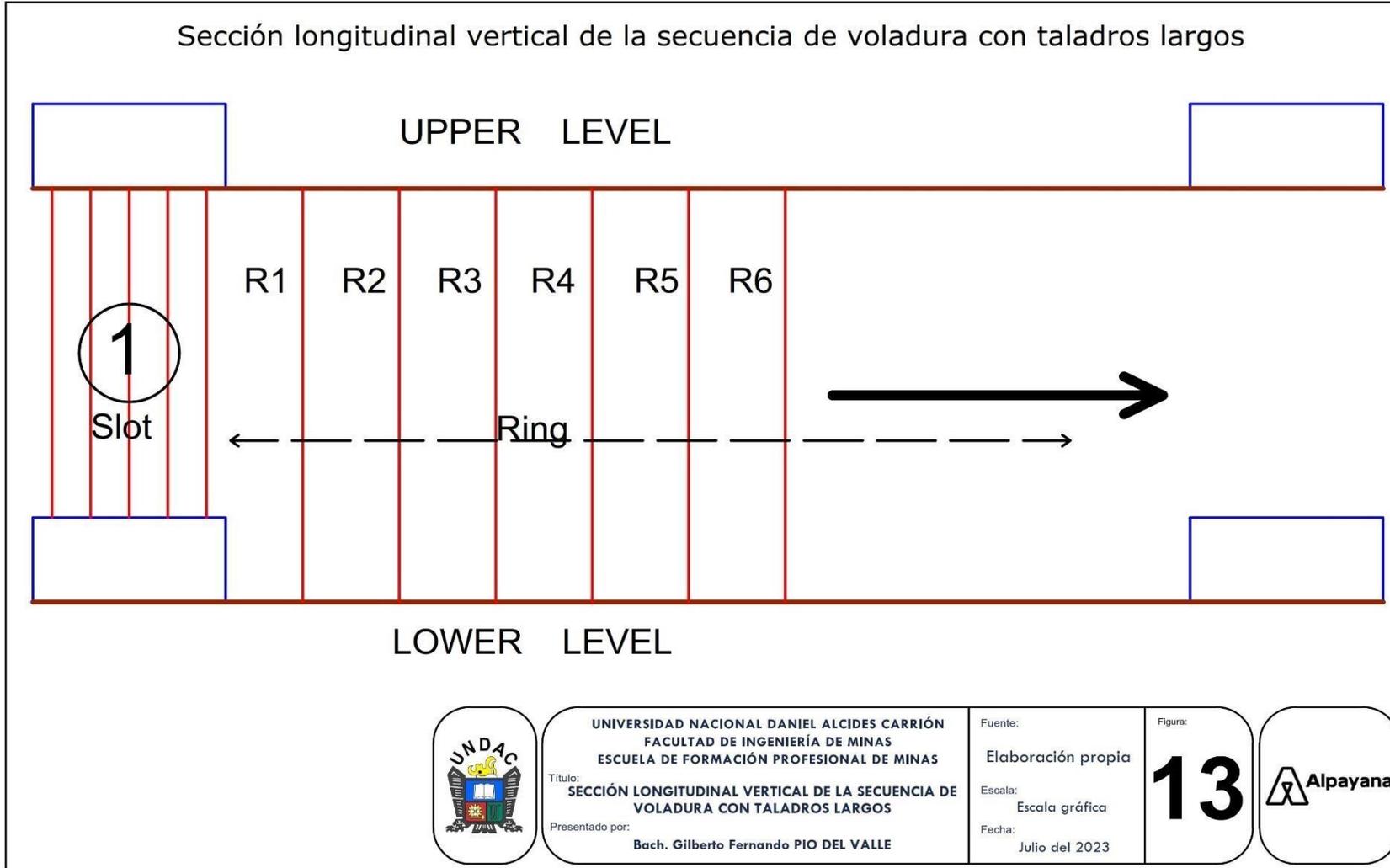
es importante para protegerla del daño inducido por la explosión. La vibración del suelo inducida por la explosión está controlada por varios parámetros controlables e incontrolables.

Los parámetros controlables incluyen parámetros de diseño de explosiones y propiedad explosiva, mientras que las características de la roca y las condiciones geológicas caen bajo parámetros incontrolables (Jemino et al. 1995). Los parámetros controlables se han optimizado en este documento y se han hecho recomendaciones para el diseño de parámetros de voladura en una mina subterránea de plomo y zinc para salvaguardar estructuras superficiales como depósito de agua, planta de proceso de molino, sala de control, etc.

Para (Gómez Canchihuamán, 2012) en su trabajo “Optimización de la perforación y voladura para la minimización de los costos operativos en la unidad El Porvenir de la Compañía Minera Milpo S.A.” describe que la aplicación del método de explotación de minado por taladros largos es óptima de acuerdo con el tipo de yacimiento y a la distribución de leyes. Cuya conclusión general es: Los principios de minado por taladros largos son adoptados por los yacimientos cuya geometría es el de mantos y/o estratos mineralizados potentes o muy potentes.

Figura 13

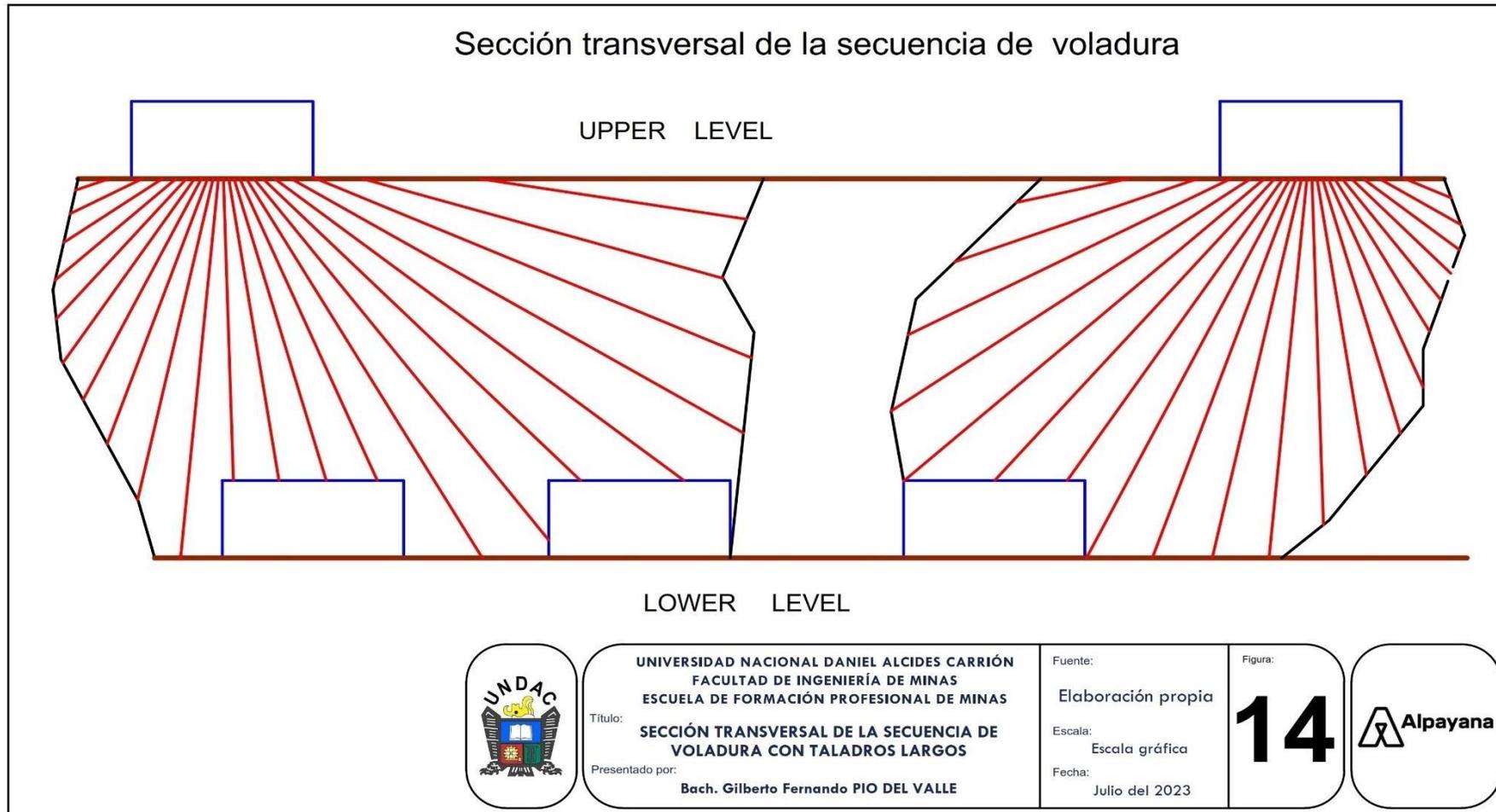
Sección longitudinal vertical de la secuencia de voladura con taladros largos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14

Sección transversal de la secuencia de voladura con taladros largos



Fuente: Elaboración propia.

### **2.2.6. Fragmentación de rocas con voladura**

El término "fragmentación de roca (o voladura)" es un índice que se utiliza para estimar el efecto de la voladura en la industria minera. El conocimiento de los mecanismos de fragmentación en la roca cargada con explosivos es fundamental para desarrollar métodos exitosos para excavar rocas rápidamente para una variedad de propósitos, y ha avanzado considerablemente en los últimos veinte años. En la voladura de rocas, generalmente se entiende que tanto la onda de tensión como la presurización del gas hacen contribuciones significativas a la fragmentación de la roca. La importancia del choque y el gas en la fragmentación se ha debatido durante los últimos 50 años.

Estudios recientes tienden a apoyar la opinión de que las ondas de tensión generadas por la detonación de una carga explosiva son responsables del desarrollo de una zona de daño en la masa rocosa y de la posterior distribución del tamaño del fragmento, mientras que los gases de explosión son importantes para separar el patrón de grieta que se forma después del paso de la onda de tensión, y al lanzar los fragmentos.

Para predecir la fragmentación de rocas en la industria minera, se han propuesto varios modelos. Las distribuciones de tamaño de fragmento se representan con mayor frecuencia utilizando las distribuciones de Gaudin Schumann o Rosin-Rammler. Estos modelos subestiman el material fino en la predicción de la fragmentación de la roca. Por esta razón, es concebible que los finos en la roca volada se generen por un mecanismo diferente al que conduce a fragmentos gruesos.

Liu y colaboradores informaron que el desmenuzamiento de la roca alrededor de los taladros causa la mayoría de los finos.

Un estudio reciente propuso el modelo de fragmentación de voladuras JKMRC para evaluar la fragmentación de voladuras, incluida la distribución del

material fino; sin embargo, se ha reportado que el modelo estima el tamaño del fragmento de manera inexacta. (Pérez García et al., 2009) revelaron que la distribución de Gaudin-Schumann se aproximaba a la fragmentación obtenida en el análisis de tamizado, en el rango de 74 mm a 1 m. También propusieron un enfoque numérico para predecir la fragmentación de rocas en la voladura de bancos.

Es bien sabido que la malla de voladura y el tiempo de retardo influyen en todos los aspectos de la voladura de rocas. Langefors y Kihilstrom estudiaron la influencia del patrón de explosión en la fragmentación de la roca a lo largo de experimentos de campo. Sobre la base de observaciones y mediciones, desarrollaron una relación entre el tamaño promedio de la roca, la carga, el tipo de roca y la carga específica. También estudiaron la influencia del tiempo de retardo del disparo en la fragmentación de la roca e informaron que la fragmentación se optimizó con tiempos de retardo de 35 ms/m. Gustafsson mostró que el mejor tiempo de retardo fue de 5 ms/m en una explosión a gran escala con una carga de 5 a 8 m de largo.

Según Winzer y Ritter, se obtuvo una reducción significativa en el tamaño del fragmento en bloques de granito con retrasos de hasta 1,5 ms, seguidos de pequeñas cargas. Bergman reportó un tiempo óptimo de retardo de 3:36:6 ms/m en bloques de granito con cargas pequeñas. Esto fue similar a los resultados de Langefors y Kihilstrom, Stagg y Rholl reportaron un rango de tiempo óptimo de 3:335 ms/m para pruebas de escala reducida y 3:3 26 ms/m para pruebas a escala completa.

Como muestra la revisión de la literatura, la fragmentación en la voladura se asocia con muchos problemas. La fragmentación de la roca no se entiende bien, y la investigación sobre la predicción y el control de la fragmentación está justificada. En este estudio, se examinan las fragmentaciones para cinco modelos, que consideran el efecto de la carga y la geometría específicas en la

voladura de banco. Las fragmentaciones se predicen utilizando un enfoque numérico, que se basa en el análisis dinámico del proceso de fractura y el análisis de imágenes, e investigando el mecanismo de fragmentación en la voladura de banco. Se considera que la fragmentación controlada tiene relación con la malla de voladura y el tiempo de retardo. Sobre la base del resultado numérico y la revisión de la literatura, se debe discutir la fragmentación óptima con respecto al tiempo de demora.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Burden.** - Para (Jacinto Veliz, 2013) para título profesional “Optimización de la Fragmentación del Macizo Rocosos Mediante el Diagrama De La Grange en la Compañía Minera Barrick Misquichilca S.A. Unidad Pierina” concluye que “El Burden de un pozo se refiere a la dimensión lineal entre el pozo y la cara libre y se mide perpendicular a la dirección de la línea de pozos que constituyen una fila”.

**Diseño.** - “Proceso de prefiguración mental, en el que se persigue la solución para algún problema concreto, especialmente en el contexto de la ingeniería, la industria, la arquitectura, la comunicación y otras disciplinas afines”.

**Espaciamiento.** “El espaciamiento entre taladros de una voladura se refiere a la dimensión lineal entre taladros adyacentes que forman una fila, y se mide usualmente paralelo a la cara libre” (López, 2003, p. 218).

**Fragmentación de roca.** Fundación (Fundación Maxam, 2019) en el artículo “Control de Fragmentación de Roca en Voladuras” concluye que: El término “fragmentación de roca (o voladura)” es un índice que se utiliza para estimar el efecto de las voladuras de banco en la minería industrial. El conocimiento de los mecanismos de fragmentación en roca cargada explosivamente es fundamental para el desarrollo exitoso de métodos para excavar rocas rápidamente para una variedad de propósitos, y ha avanzado

considerablemente en los últimos veinte años.

**Geomecánica.** “La geomecánica es el estudio de cómo se deforman los suelos y rocas, hasta terminar a veces en su falla, en respuesta a los cambios de esfuerzos, presión, temperatura y otros parámetros ambientales” (Cook, 2016).

**Labores subterráneas:** (MINSUR, 2021) en las normas alcanzadas a sus trabajadores “Estándar Operacional: Labores subterráneas” concluye que: Las labores subterráneas se denominan así a las galerías, cruceros, piques, chimeneas, estocadas, frentes de avance, etc., las cuales son desarrolladas bajo tierra o subterráneamente para explotar un yacimiento.

**Malla de perforación.** “Se dice de la distribución de los taladros perforados para la rotura de la masa rocosa por acción de los explosivos colocados en el interior decada taladro”. (Villagaray M., 2014).

**Masa rocosa.** “Conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo. Un carácter heterogéneo y uncomportamiento no continuo, condicionado por la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad y condiciona su comportamiento geomecánico.” (Maldonado, 2020).

**Perforación de taladros.** Es la acción de perforar taladros o agujeros para la actividad minera. El desarrollo de obras de minería para exploración o explotación, que tiene el objetivo de hacer taladros que posteriormente serán colmados con mezclas explosivas que al ser detonados causarán la rotura de la roca circundante (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

**Producción en minería.** La producción en la industria minera se refiere a la cantidad de la extracción del mineral económicamente rentable o que pague todo el proceso minero. Generalmente, se expresa en TM por día, TM por mes o TM anuales (Revista Seguridad Minera, 2017).

**Sobre excavación.** Se dice de la excavación más allá del perímetro diseñado de la labor minera. La excavación generalmente genera sobrecostos

por requerir mayor cantidad de sostenimiento y mayor cantidad de viajes para limpiar y transportar el material adicional.

**Taladros.** “Se dice de los agujeros realizados por el sistema de penetración mecánica, en estos taladros se ubicarán los accesorios y explosivos para poder romper la masa rocosa” (López, 2000).

**Taladros largos.** Se dice de aquellos taladros perforados con fines de voladuras de producción que tienen longitudes mayores que los convencionales porque son realizados con barras de 12 pies, 14 pies o más, con la finalidad de incrementar la producción de mineral.

**Costos de inversión.** - Estos costos corresponden a todos aquellos egresos o desembolsos monetarios en que debe incurrirse para la implementación o realización del proyecto.

**Costos de operación directa.** - Corresponde a los gastos que se efectivizan para los recursos utilizados en el procesamiento del mineral, hasta convertirlo en un producto de fácil acceso al mercado; es sinónimo de costos variables.

**Costos de producción o funcionamiento.** - Los costos de producción o funcionamiento son aquellos gastos en el cual deben incurrir periódicamente los proyectos para mantener su producción o prestación de servicios. Estos costos se formulan usualmente en periodos anuales, durante la vida útil esperada del proyecto.

**Costos en proyectos.**- En forma genérica los costos se pueden definir como los gastos realizados para la producción de bienes o servicios, generalmente establecidos en factores monetarios globales, o factores monetarios por unidades de producción. En este último caso y en forma específica de la minería, dependiendo del efecto operacional que se realiza puede identificarse en US \$/TM, US \$/tc, US \$/m.l., etc.

**Dilución.-** Se define como aquellos residuos de roca de bajo grado, que son inevitablemente extraídos con el material en el proceso de perforación y voladura, haciendo que disminuya el grado del mineral explotado.

**Depreciación.-** Hace referencia a la pérdida o disminución de valor que un bien experimenta a lo largo de su vida útil.

**Diversificación de costos.-** El establecimiento de los costos es un detalle complejo, que muchas veces está sujeta a las consideraciones del proyectista.

**Evaluación de un proyecto.-** Viene a ser un proceso para poder determinar los cambios obtenidos por un proyecto, esto a partir de la comparación entre el estado vigente y el estado planificado. De esta manera busca conocer que alcance tiene el cumplimiento de sus objetivos, los cambios dados en la planificación o la capacidad que se tiene para realizarlos.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

El diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción y fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas.**

➤ **Primera Hipótesis Específica.**

A. El diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.

➤ **Segunda Hipótesis Específica.**

B. B. El diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.

## **2.5. Identificación de variables**

Para el trabajo de investigación se consideran dos clases de variables,

una variable dependiente y dos variables independientes, con el objetivo de obtener las respuestas a los problemas planteados (Zenteno, 2019).

#### **2.5.1. Variables para la hipótesis general**

➤ **Variable Independiente.**

- *Diseño de mallas de perforación de taladros largos*

➤ **Variable Dependiente.**

- *Producción y fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.*

#### **2.5.2. Variables para las hipótesis específicas**

**Para la primera hipótesis específica**

➤ **Variable Independiente.**

- *Diseño de mallas de perforación de taladros largos.*

➤ **Variable Dependiente.**

- *Producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.*

#### **2.5.3. Para la segunda hipótesis específica**

➤ **Variable Independiente.**

- *Diseño de mallas de perforación de taladros largos.*

➤ **Variable Dependiente.**

- *Fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.*

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

La operacionalización de las variables se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Tipo de variable	Nombre de la variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	
	Diseño de malla de perforación de taladros largos.	Es el diseño del esquema de la distribución de los taladros largos que posteriormente serán perforados para contener la cantidad de carga explosiva requerida.	Perforación	- Número de taladros.	- N° tal
			Voladura	- Cantidad de explosivo.  - Factor de potencia.	- Kg  - Kg/TM.
	Producción y fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.	La producción en la industria minera es la cantidad de mineral extraído de un yacimiento que tenga leyes de mineral que lo hacen económicamente rentable y genera utilidades.	Producción	- Cantidad de mineral por escala de tiempo.	- TM/día - TM/mes. - TM/año.

		El término "fragmentación de roca" es un índice que se utiliza para estimar el efecto de voladura, después del paso de la onda de tensión, y lanzamiento de los fragmentos	Fragmentación de roca	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diámetro de esfera equivalente del 80% de material pasante (P80)</li> <li>- Porcentaje de gruesos.</li> <li>- Porcentaje de finos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in</li> <li>- %</li> <li>- %</li> </ul>
--	--	--	-----------------------	--	--

Nota: En esta tabla se operacionaliza las variables para plantear las hipótesis de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación fue ejecutada con el tipo de investigación aplicada. Esto porque se realizó, se hizo uso de los conocimientos teóricos del diseño de mallas con taladros largos. Ya que esta investigación emplea teoría aplicada y provechosa descrita por el autor.

“La investigación aplicada tiene como objetivo generar conocimiento de aplicación directa a los problemas de la sociedad o del sector productivo. Esto se basa principalmente en los logros tecnológicos de la investigación básica, que se refiere al proceso de vincular la teoría y el producto” (Lozada, 2014).

El nivel de investigación elegido fue el nivel explicativo. Permite la explicación de las causas que generan el problema o los orígenes para entender perfectamente el resultado de la acción (Tomala, 2021).

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación desarrollado es Descriptivo, porque describe el mejoramiento de la producción de las operaciones de perforación y voladura en taladros largos con la finalidad de optimizar los costos de voladura en la mina Casapalca de la Empresa Alpayana S.A. Su finalidad es describir y establecer

parámetros y uso de software. La cual nos establece una confianza en la producción de la mina.

### **3.3. Métodos de investigación**

El principal método utilizado fue el método científico, porque se hace el uso de conocimientos validados por la comunidad científica, además se tuvo en cuenta los pasos de la investigación científica de manera rigurosa, desde el planteamiento del problema hasta la obtención de los resultados (Menéndez, 2020).

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño que se utilizó en la investigación fue el diseño cuasi experimental (Bono Cabré, 2012), con grupos independientes y además porque se eligió la muestra de la investigación de manera no aleatoria de acuerdo con la disponibilidad de los trabajos en producción.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Por ser un trabajo de investigación en el que se analizó la producción, se consideró como población para la investigación a los diferentes tajeos de los Niveles: Nv.6, Nv. 8A, Nv. 13, Nv. 14 y Nv. 18 de la mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana.

#### **3.5.2. Muestra.**

Como no es posible realizar pruebas piloto en todos los tajeos se hará uso de una muestra. Esta muestra fue elegida de manera no probabilística, estos tajeos fueron las labores: Tj-330, Tj-454, Tj-698, Tj- 012 y el Tj-555.

### **3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas.**

Las principales técnicas que se utilizó en la investigación fueron:

- Análisis Documental
- Observación.

### **3.6.2. Instrumentos**

Los principales instrumentos que se utilizó en la investigación fueron:

- Guía de Análisis Documental.
- Guía de Observación.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

En la selección de los instrumentos de investigación, se eligió una guía de análisis documental para poder inferir de los resultados antes de la investigación, y respecto a la guía de observación se tomó en cuenta para realizar una observación estructurada.

Para la validación de los mismos instrumentos de investigación se recogió la opinión de personas vinculadas a las operaciones de perforación y voladura, quienes opinaron que eran los más adecuados para el trabajo de investigación a realizarse (Moreno, 2017).

Respecto a la confiabilidad de los instrumentos, se ha demostrado que son confiables porque tanto la guía de análisis documental y la guía de observación consideran los ítems a revisar y anotar con relación al diseño de las mallas de perforación y voladura, así como la toma de los resultados de manera estricta para tener datos muy confiables y que apoyen a la prueba de las hipótesis sin ningún error significativo por ser una investigación cuasi experimental (Cieza y Huancas, 2019).

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Las técnicas de procesamiento de los datos fueron aquellas que tienen como base la toma de datos como en la estadística descriptiva. Para ello se realizará la clasificación, registro, tabulación y codificación de los datos si es necesario.

Para el análisis de los datos se definirán las Técnicas Lógicas o Estadísticas, que se emplearán para descifrar lo que revelan los datos recolectados. Como dice Encinas (1993), los datos en sí mismos tienen limitada

importancia, es necesario

«hacerlos hablar», en ello consiste, en esencia, el análisis e interpretación de los datos. El proceso del análisis de los datos se esquematiza en:

1. Describir el tratamiento estadístico de los datos a través de gráficos, tablas, cuadros, dibujos, diagramas, generado por el análisis de los datos.
2. Describir datos, valores, puntuación y distribución de frecuencia para cada variable.
3. El diseño de investigación utilizado indica el tipo de análisis requerido para la comprobación de hipótesis.

### **3.9. Tratamiento estadístico**

1. Los datos se trataron con la estadística descriptiva y posteriormente la estadística inferencial. Los datos obtenidos fueron tabulados, para determinar las diferentes frecuencias absolutas y posteriormente se expresó en porcentajes a partir de la frecuencia relativa de las clases determinadas (Moscote Flores & Quintana Rincón, 2008).
2. Seguidamente, se calcularon las medidas de tendencia central, en particular la media aritmética.
3. Los valores estadísticos permitieron realizar la prueba de las hipótesis de la investigación para rechazarlos o aceptarlos teniendo en cuenta los objetivos del trabajo de investigación.

### **3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica**

Como manifiesta (Yurén, 2013) “La ética, como parte de la cultura profesional, incluye un conjunto de saberes, creencias, valores y esquemas de acción que orientan las prácticas en el campo profesional” , por lo que la investigación se realizó con el respeto a ser considerado de tales parámetros para poder tener como resultado una investigación que considere las normas

éticas, que manifieste y cite los conocimientos de los investigadores y científicos, así como demostrar que los datos y resultados obtenidos son reales.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Seguimiento de la voladura actual**

Para tomar las decisiones del caso respecto al diseño de las mallas de perforación, se realizó un seguimiento de las actividades de la perforación y poder observar las deficiencias en las que se incurren para poder mejorarlas en los nuevos diseños a ser realizados y con la finalidad de incrementar la producción en tales tajeos.

De acuerdo a las observaciones realizadas se pudo concluir que cuando se tiene taladros en forma de abanico, generalmente el carguío se debe realizar en forma alternada, con la finalidad de realizar una buena distribución de energía del explosivo, y no dañar a la siguiente sección para obtener una voladura adecuada.

Lo que se observó en los tajeos de taladros largos es que existen obstrucción de estos o la formación de bancos en la última sección hacia la cara libre, esto debe principalmente a la excesiva concentración de la energía del explosivo en la parte inferior, generando mayor vibración y obteniendo un elevado factor de potencia, como promedio se obtuvo 0,90 kg/Ton, y se ha comprobado que este problema es casi frecuentemente en los tajeos, como se

observa en la figura del ejemplo.

Figura 15

Excesiva concentración de energía.



Nota: La figura representa el análisis de la concentración de la energía del explosivo.

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.2. Diseño de mallas de carguío en taladros en abanico**

Con el seguimiento realizado en la perforación actual o anterior a la implementación del trabajo de investigación y con el objetivo de mejorar estos problemas de carguío y optimizar el factor de potencia en los tajeos para mejorar la producción, se propuso el diseño de malla de carguío en taladros en abanico con cargas en forma alternada mediante la simulación en Jk Simblast 2DRing, como se muestra líneas abajo los diseños de la malla de carguío.

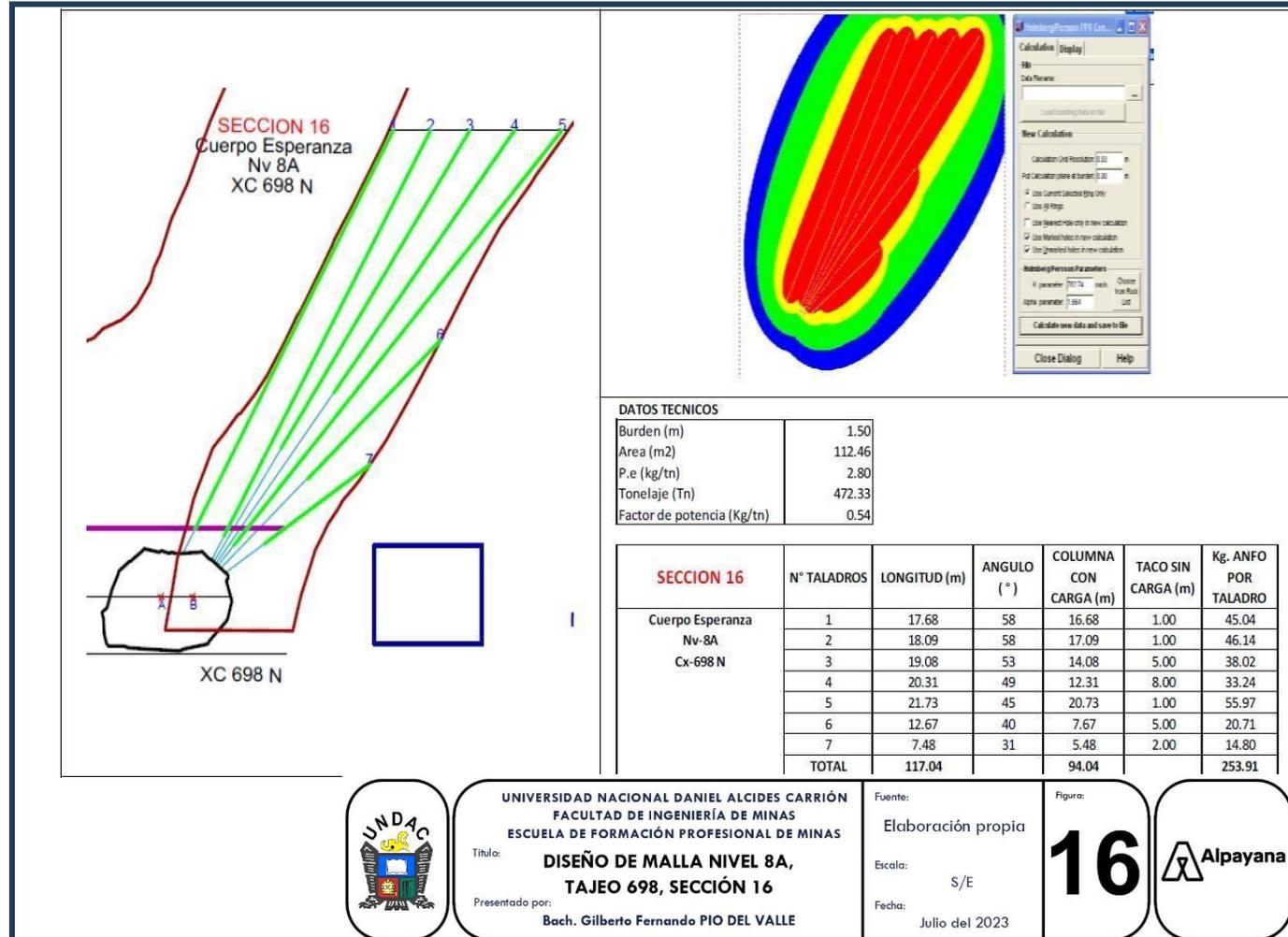
El carguío en forma alternada está basado en el criterio radio de influencia del taladro cargado con Anfo en un promedio de 0.75m de radio, de acuerdo a las simulaciones realizadas con el programa Jk Simblast 2DRing, quedando en la siguiente relación.

Taco corto: 95 % de la longitud de taladro

Taco intermedio: 70 a 75 % de la longitud de taladro  
Taco largo: 50 a 60 % de la longitud de taladro

Figura 16

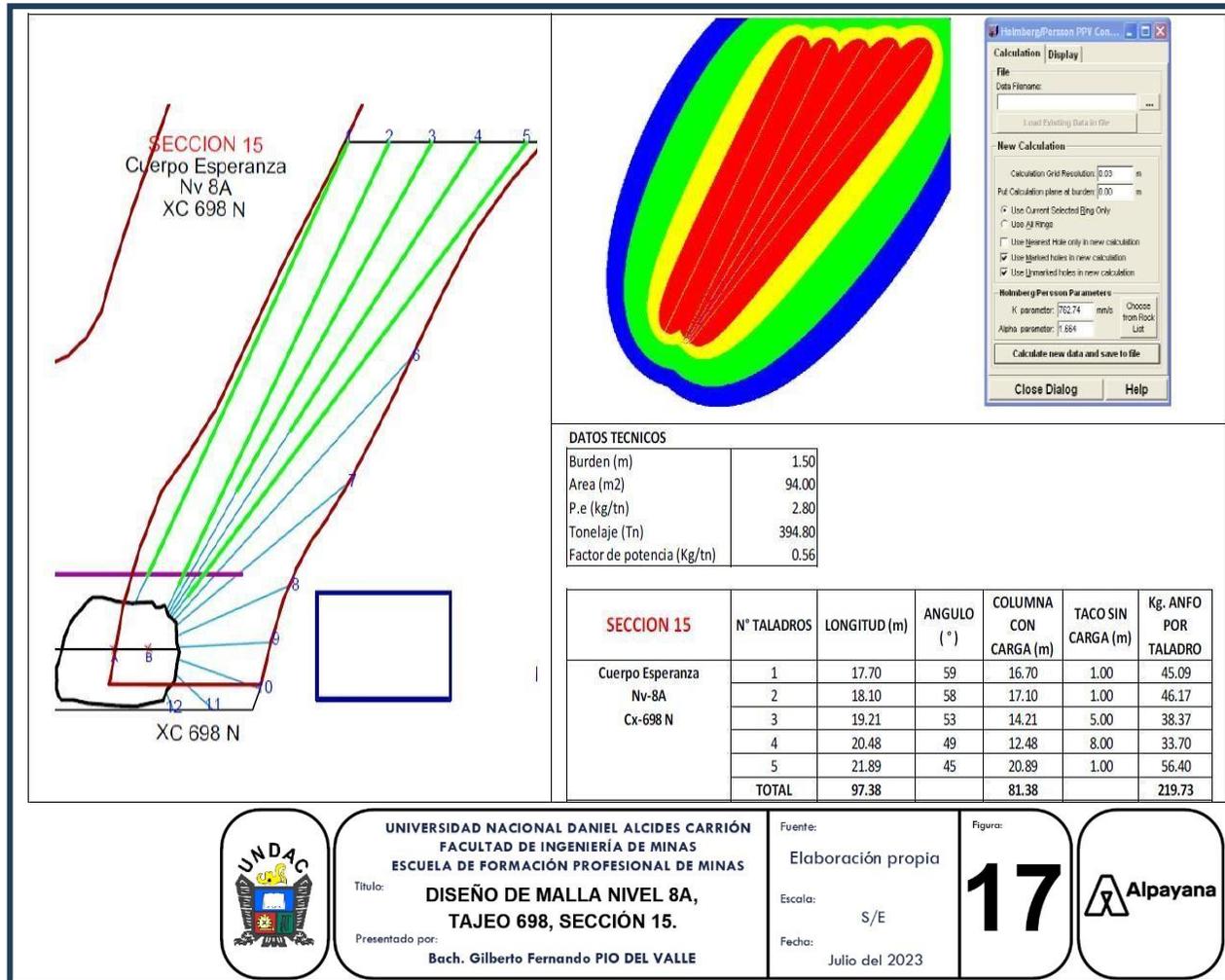
Diseño de malla Nivel 8A, Tajeo 698, sección 16.



Nota: Se observa el diseño de la malla de perforación y voladura, y la cantidad de taladros y el consumo de explosivo en el tajeo 698, sección 16.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17  
Diseño de malla Nivel 8A, Tajeo 698, sección 15.

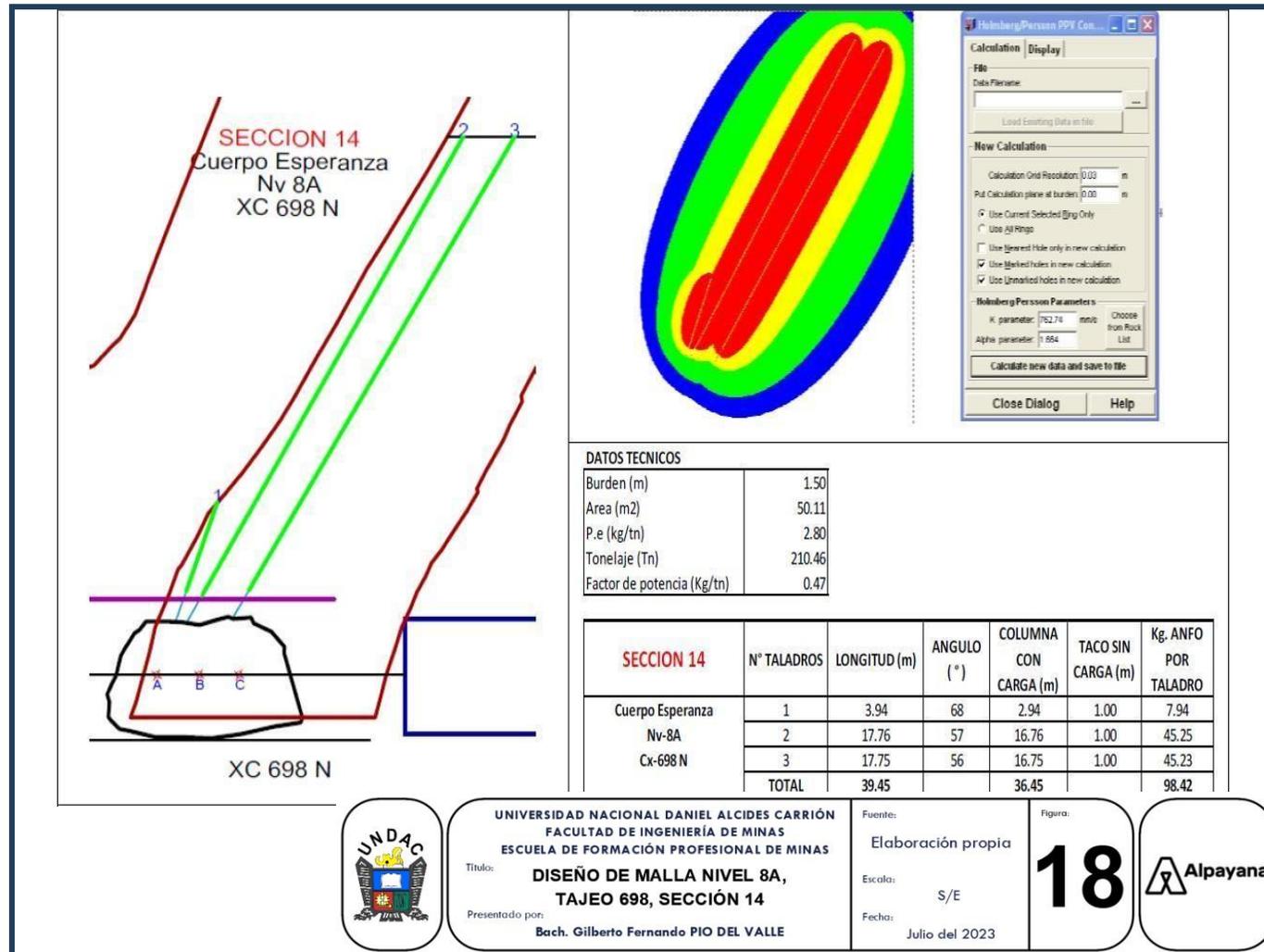


Nota: Se observa el diseño de la malla de perforación y voladura, y la cantidad de taladros y el consumo de explosivo en el tajeo 698, sección 16.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18

Diseño de malla Nivel 8A, Tajeo 698, sección 14.

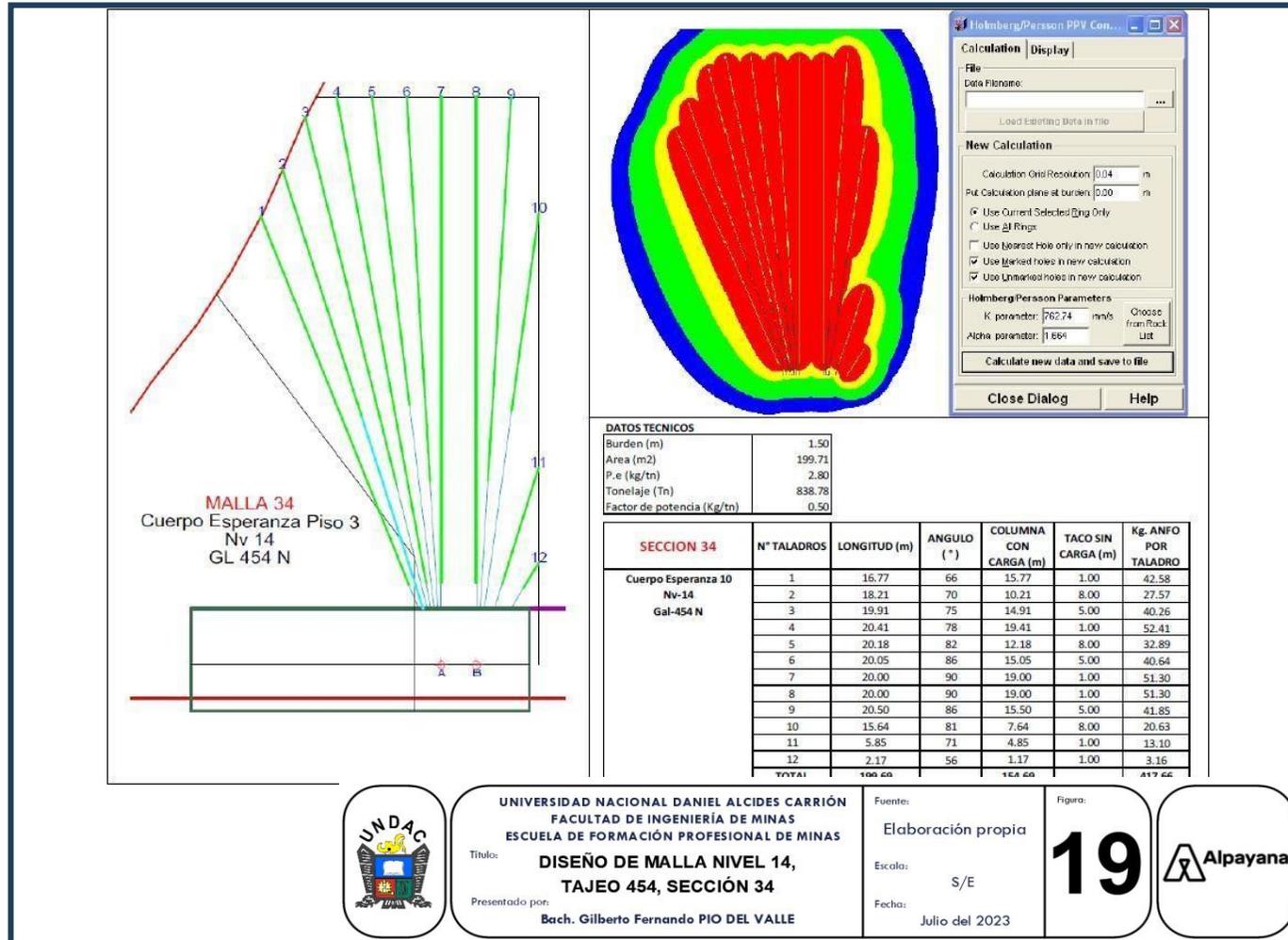


Nota: Se observa el diseño de la malla de perforación y voladura, y la cantidad de taladros y el consumo de explosivo en el tajeo 698, sección 14.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19

Diseño de malla Nivel 14, Tajeo 454, sección 34.

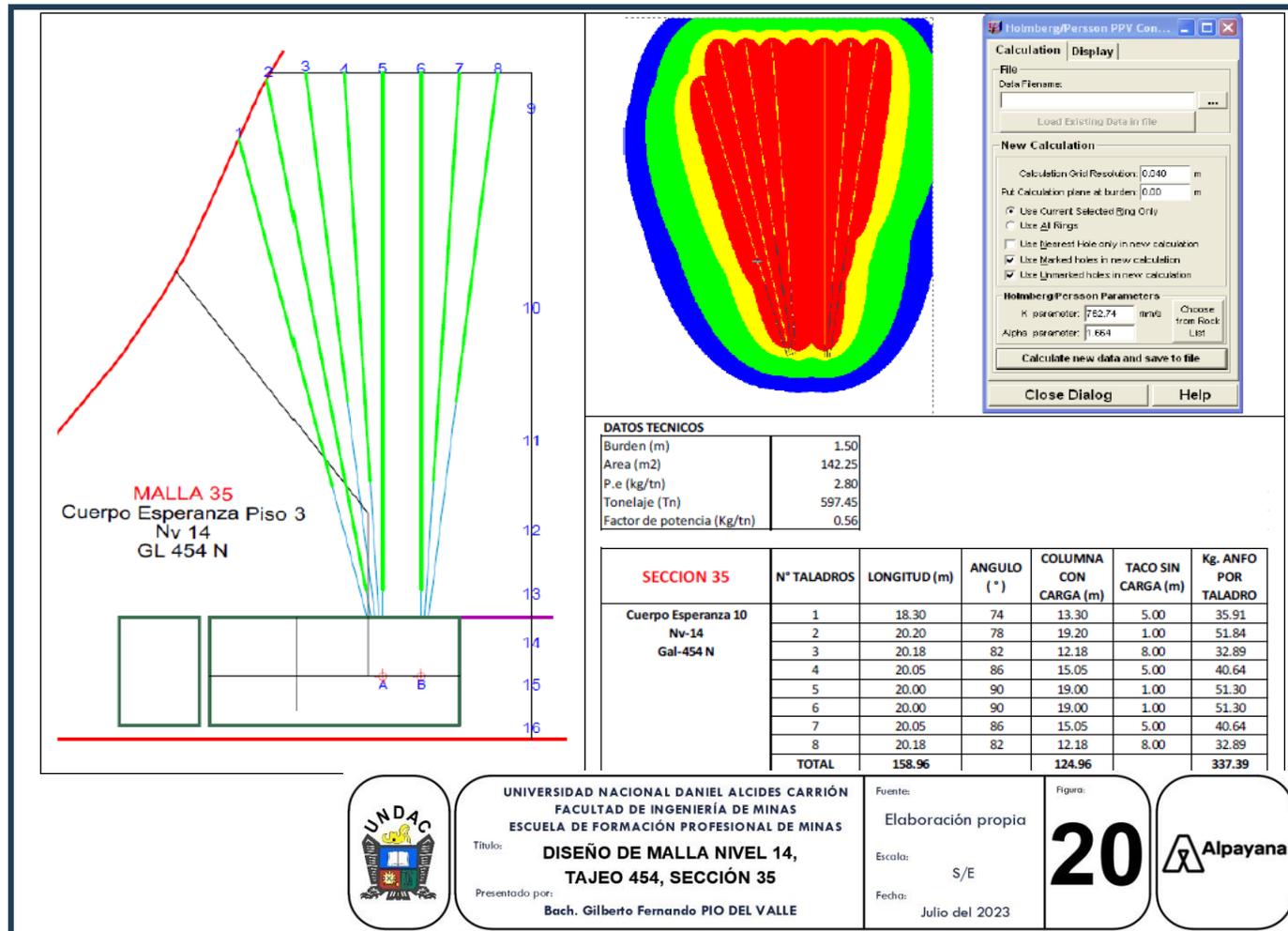


Nota: Se observa el diseño de la malla de perforación y voladura, y la cantidad de taladros y el consumo de explosivo en el tajeo 454, sección 34.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20

Diseño de malla Nivel 14, Tajeo 454, sección 35.



Nota: Se observa el diseño de la malla de perforación y voladura, y la cantidad de taladros y el consumo de explosivo en el tajeo 454, sección 35.

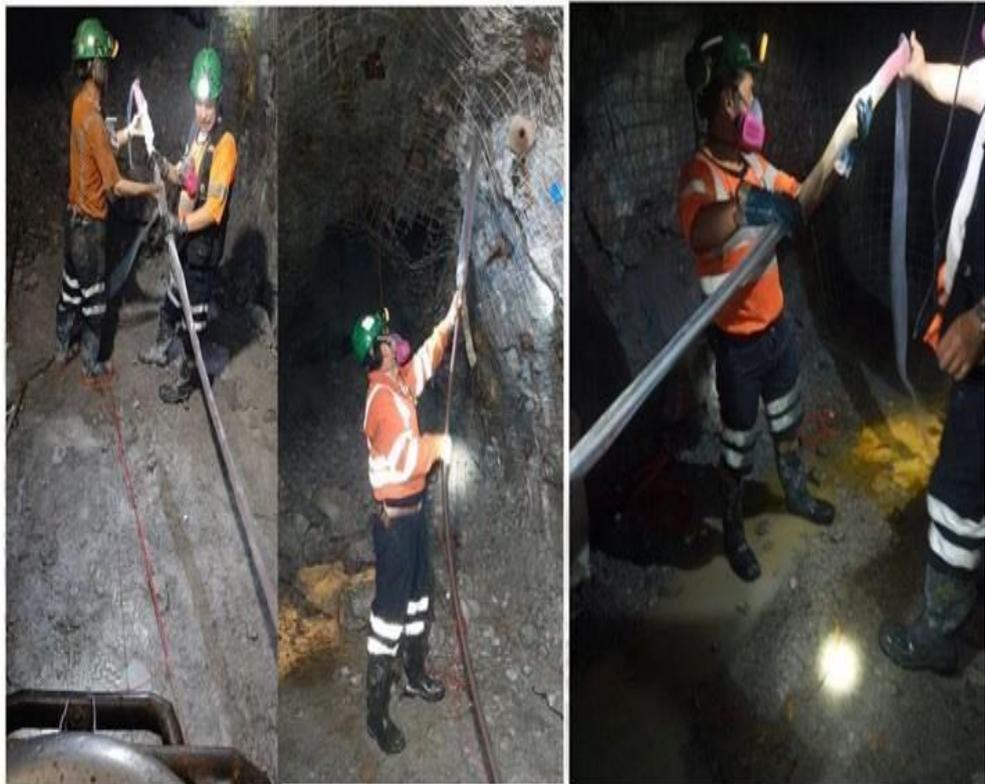
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Implementación de las mallas

Realizado los diseños de las mallas de perforación, se hizo la implementación de los mismos tal como se puede observar en las figuras siguientes:

*Figura 21*

*Colocado de doble manga de polietileno 5 u para anfo.*



*Nota: Es necesario la colocación de mangas de polietileno para evitar que el anfo se moje.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Figura 22

Cebos con cartuchos de emulsión.



*Nota: Para iniciar la columna explosiva se usa cartuchos cebo con emulsión explosiva*

*Fuente: Elaboración propia.*

Figura 23

Proceso de carguío con anfo



*Nota: El carguío del anfo se realiza con un cargador de anfo neumático. Fuente: Elaboración propia.*

Figura 24

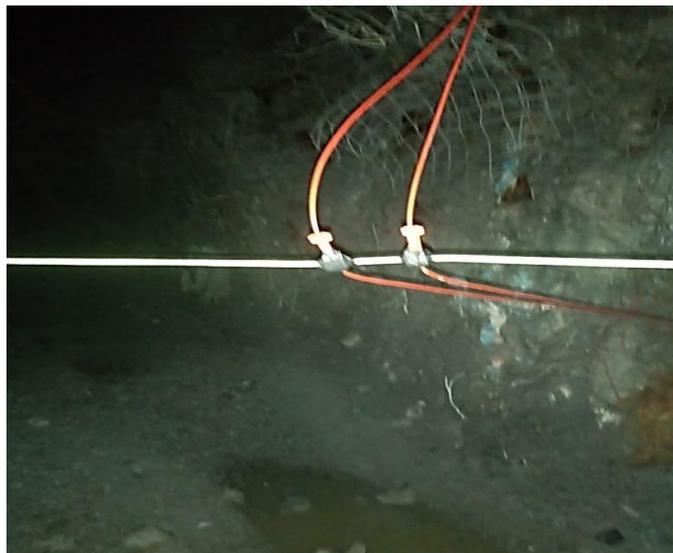
Amarres en tajeos.



*Nota: En la figura se observa la forma en que se realiza la unión de la línea troncal con las líneas descendentes para inicial los explosivos de cada taladro. Fuente: Elaboración propia.*

Figura 25

Colocación de cinta en ángulos cerrados para evitar cortes del cordón.



*Nota: Colocación de cintas, evitar cortes e impedir la iniciación de los explosivos Fuente: Elaboración propia.*

Figura 26

Instrumentos para medición de VOD y vibraciones.



*Nota: Se observa los equipos usados para la medición de la velocidad de detonación de los explosivos y el sismógrafo para caracterizar las vibraciones. Fuente: Elaboración propia.*

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Presentación de los resultados

#### ➤ Resultados de las voladuras

Una vez implementadas las mallas de perforación y la posterior voladura de los mismos se obtuvieron los resultados de las voladuras de taladros largos.

Para el estudio de investigación se realizaron nueve voladuras de taladros largos en abanico; para el cumplimiento correcto de los diseños se apoyó y se dio instrucciones de la forma de carguío al personal encargado de tal actividad, para poder incrementar la producción en cada disparo y a su vez esto resultaría en la disminución del factor de potencia porque se usará la misma cantidad de carga para un mayor tonelaje de mineral roto.

Tabla 2

Resultados de las pruebas de voladura.

ITEM	Nivel	Labor	Tipo de Voladura	N° de Malla	N° de Taladros/ disparados	Long. Taladro Diseño (m)	Long. Taladro Real (m)	Promedio		Long. de Taladro (m)	Peso específico (Tn/ m <sup>3</sup> )	Tonelaje de mineral roto
								B (m)	S (m)			
1	6	Tj-555	Malla(+)	2	7	95.52	94.50	0.6	0.8	13.50	2.8	246.96
2	13	Tj-330	Malla(+)	2	30	276.00	276.00	1.5	0.7	9.20	2.8	811.44
3	6	Tj-555	Malla(+)	2	10	136.41	135.00	0.6	0.8	13.50	2.8	381.02
4	13	Tj-330	Malla(+)	2	21	197.00	197.00	1.5	0.8	9.38	2.8	661.92
5	14	Tj-454	Malla(+)	2	18	271.00	271.00	1.5	0.9	15.06	2.8	1,024.38
6	6	Tj-555	Malla(+)	2	10	120.00	120.00	0.6	0.6	12.00	2.8	290.30
7	8A	Tj-698	Malla(+)	3	15	253.87	253.00	1.5	0.98	16.87	2.8	1,041.35
8	14	Tj-454	Malla(+)	2	23	358.65	358.65	1.5	0.8	15.59	2.8	1,436.23
9	18	Tj-012	Malla(+)	2	15	180.00	180.00	1.2	1.2	12.00	2.8	1,088.64

Nota: Se observa los resultados de las nueve pruebas en los diferentes tajeos pilotos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3

Consumo de explosivos y factor de potencia

ITEM	Labor		Tipo de Voladura	Kilos de Anfo	Emulsión 1 1/2"x 8"	Nro. de Fanel (Pzs)	Cordón Detonante (m)	Carmex (Pzs)	N° de Retardos	Emulsión (Kg)	Total Explosivos (Kg)	Longitud promedio del Taco	Factor de Potencia (Kg/Tn)
1	6	Tj-555	Malla(+)	250	14	14	20	2	3	5.65	255.65	0.80	1.04
2	13	Tj-330	Malla(+)	550	31	31	20	2	10	12.50	552.50	0.60	0.69
3	6	Tj-555	Malla(+)	350	16	16	20	2	6	6.45	356.45	0.80	0.94
4	13	Tj-330	Malla(+)	400	23	23	20	2	8	9.27	409.27	0.70	0.62
5	14	Tj-454	Malla(+)	675	60	40	20	2	17	24.19	699.19	0.80	0.68
6	6	Tj-555	Malla(+)	250	15	15	20	2	6	6.05	256.05	0.80	0.88
7	8A	Tj-698	Malla(+)	550	25	25	20	2	10	10.08	560.08	0.90	0.54
8	14	Tj-454	Malla(+)	725	23	23	20	2	12	9.27	734.27	0.80	0.51
9	18	Tj-012	Malla(+)	550	28	28	20	2	8	11.29	561.29	0.80	0.52

Nota: Se tiene el resultado del consumo de los explosivos y el cálculo del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Granulometría**

También se realizó la evaluación de la fragmentación del mineral después de haber realizado la voladura para determinar la distribución granulométrica en los tajeos.

*Figura 27*

*Fragmentación después de la voladura*



*Nota: Después de la voladura se realiza la evaluación del tamaño de los fragmentos en base a fotografías.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **4.2.2. Análisis e interpretación de los resultados**

➤ **Resultados de las voladuras**

De los resultados obtenidos se puede determinar algunas conclusiones después del análisis correspondiente.

Considerando las Tablas 2 y 3 en los que se consigna los resultados de las pruebas de voladura, se observa que el tonelaje de mineral fragmentado, así como los factores de potencia obtenidos en cada uno de las pruebas de disparos realizados, se puede observar que la

producción, es mayor cuando el factor de potencia es menor. Esta aseveración se puede observar en la tabla siguiente:

Tabla 4

Factor de potencia y tonelaje roto.

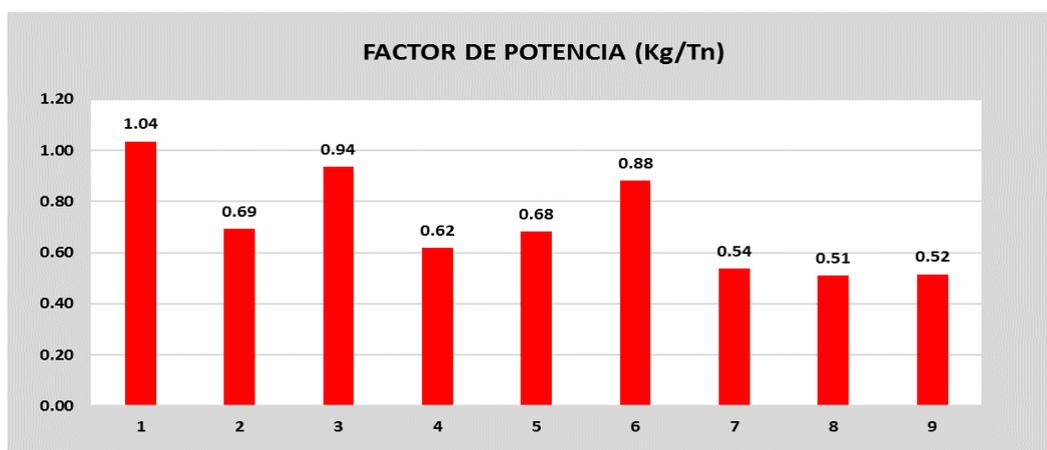
Nivel	Labor	Total Explosivos (Kg)	Tonelaje de mineral roto	Factor de potencia kg/Tn
6	Tj-555	255.65	246.96	1.04
13	Tj-330	552.50	811.44	0.69
6	Tj-555	356.45	381.02	0.94
13	Tj-330	409.27	661.92	0.62
14	Tj-454	699.19	1,024.38	0.68
6	Tj-555	256.05	290.30	0.88
8A	Tj-698	560.08	1,041.35	0.54
14	Tj-454	734.27	1,436.23	0.51
18	Tj-012	561.29	1,088.64	0.52

Nota: Relación entre el factor de potencia y el tonelaje roto en cada prueba realizada.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28

Factor de potencia de los disparos en los tajeos.



Nota: Se presenta gráficamente el factor de potencia obtenido en cada uno de las labores de la investigación.

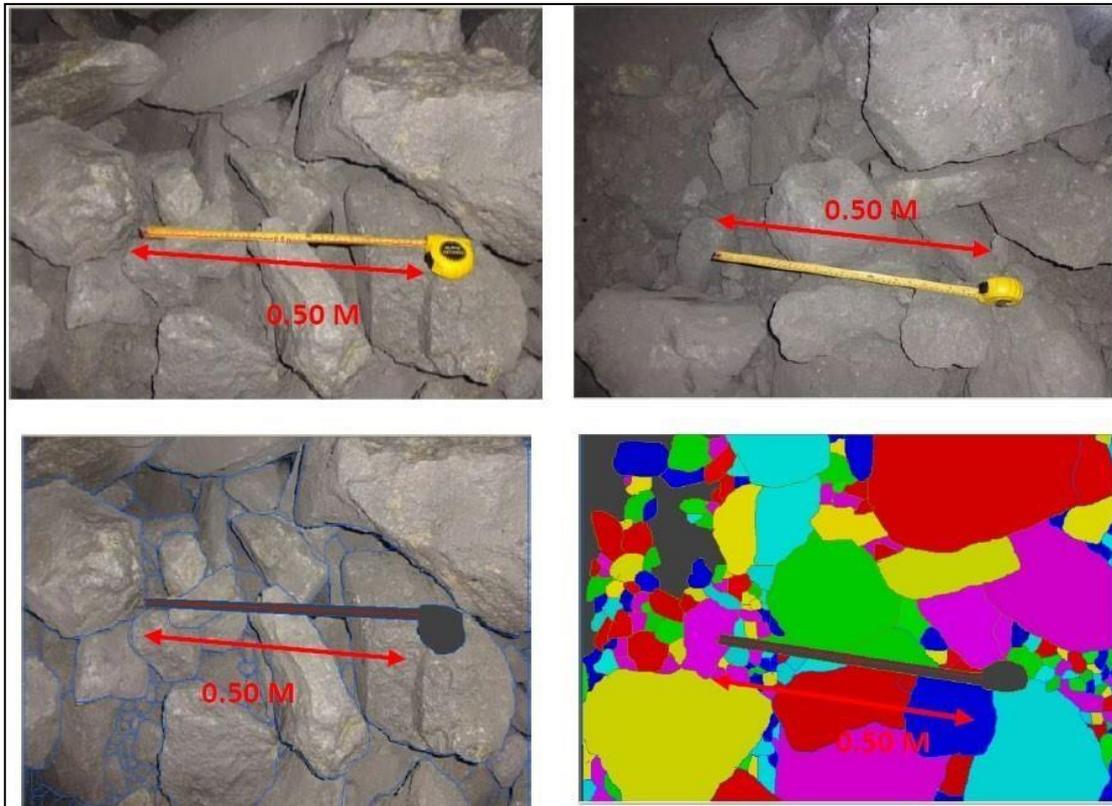
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 y la Figura 16, se puede observar que a menor factor de potencia se tiene una mayor producción, tal como sucede en el Tj-330, Tj-454, Tj-698 y Tj-012. Solamente en el Tj-555 se tiene un factor de potencia alto y una baja producción. Tal análisis permite reiterar que si se realiza un buen diseño de malla de perforación y voladura en los tajeos se puede obtener una mejor producción y con un bajo factor de potencia.

➤ **Granulometría**

El grado de granulometría de la masa rocosa fragmentada es una preocupación importante cuando se realizan las operaciones de perforación y voladura. Depende del grado de fragmentación, el carguío y transporte del material, así como también el tratamiento metalúrgico. Por eso se realizó el análisis de dos tajes.

Figura 29  
Tj-330, Nv. 13

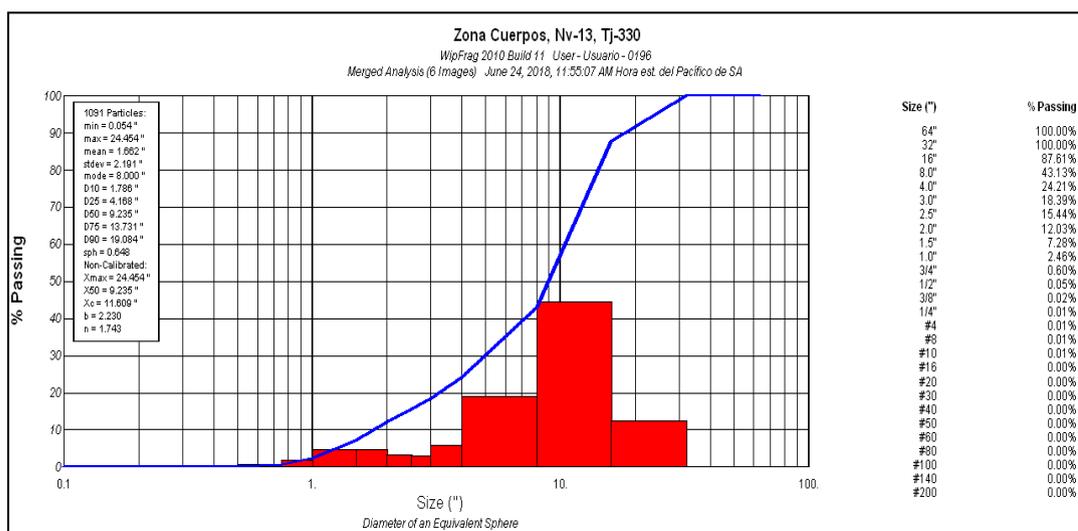


Nota: Diferentes fotografías para la evaluación de la fragmentación después de lavoladura en el tajeo 330.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30

Distribución granulométrica Tj-330, Nv. 13.



Nota: Se muestra la distribución granulométrica del tamaño de los fragmentos del tajeo 330 obtenido con el WipFrag.

Fuente: Elaboración propia.

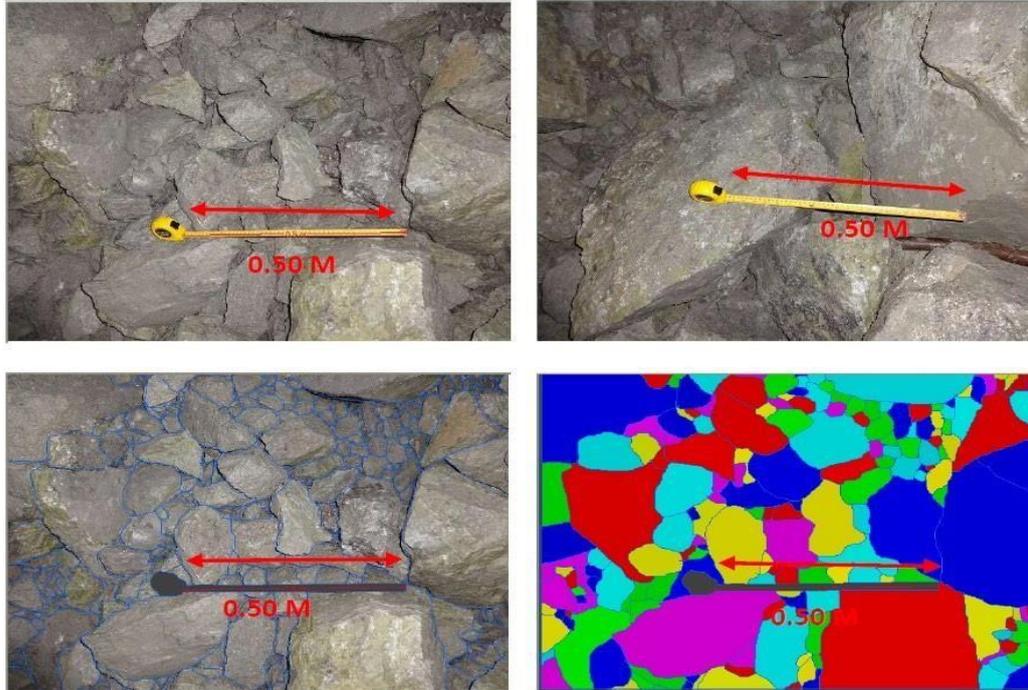
➤ **Análisis de la fragmentación del Tj-330, Nv. 13.**

De acuerdo a las figuras 17 y 18 se puede tener como conclusiones del análisis los siguientes:

El comportamiento de la curva acumulativa indica el 90% del material analizado pasa por un "tamiz" de 19.084 pulgadas, de igual manera el valor "n" de Cunningham es de 1.743

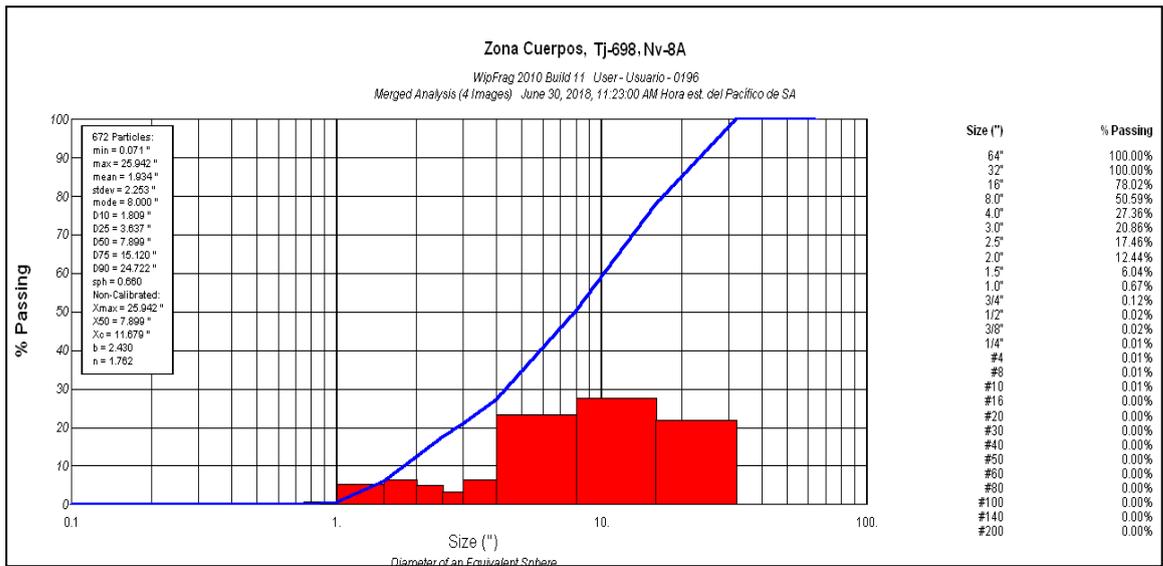
- a)** P80: 15.52pulg.
- b)** Tamaño máximo de fragmentos 24.454pulg. y mínimo 0.054pulg.
- c)** Porcentaje de gruesos: el 87.61% de la carga corresponden a tamaños mayores a 16pulg. de diámetro.
- d)** Porcentaje de finos: el 0.01% corresponden a tamaños menores a 1/4pulg.
- e)** Explosivo: ANFO

Figura 31  
Tj-698, Nv. 8A.



Nota: Diferentes fotografías para la evaluación de la fragmentación después de lavadura en el tajeo 698.  
Fuente: Elaboración propia.

Figura 32  
Distribución granulométrica Tj-698, Nv. 8A.



Nota: Se muestra la distribución granulométrica del tamaño de los fragmentos del tajeo 698 obtenido con el WipFrag.  
Fuente: Elaboración propia.

**f) Análisis de la fragmentación del Tj-698, Nv. 8A.**

De acuerdo a las figuras 19 y 20 se puede tener como conclusiones del análisis los siguientes:

El comportamiento de la curva acumulativa indica el 90% del material analizado pasa por un "tamiz" de 25.942 pulgadas, de igual manera el valor "n" de Cunningham es de 1.762

- a) P80: 18.32pulg.
- b) Tamaño máximo de fragmentos 25.942pulg. y mínimo 0.071pulg.
- c) Porcentaje de gruesos: el 78.02% de la carga corresponden a tamaños mayores a 16pulg. de diámetro.
- d) Porcentaje de finos: el 0.01% corresponden a tamaños menores a 1/4pulg.
- e) Explosivo: ANFO.

#### **4.3. Prueba de hipótesis**

Se aplica la prueba de hipótesis estadística que permite representar o caracterizar la información contenida en los datos, para decidir la validez de la hipótesis general. Se opta por aplicar la prueba de hipótesis estadística a las hipótesis específicas, debido a que su validez representaría la validez de la hipótesis general. Para ello se sigue la metodología de análisis estadístico expuesta a continuación (Ver Tabla 5) con soporte del programa SPSS Statistics

Tabla 5

Metodología utilizada para la prueba de hipótesis estadística

Etapa	Planteamiento de hipótesis	Nivel de significancia	Criterio	Estadístico de Prueba	Objetivo
Prueba de normalidad	H0: Los datos siguen una distribución normal H1: Los datos no siguen una distribución normal	NC = 0.95 Alfa = 0.05	Si $n > 50$ se aplica Kolmogorov – Smirnov Si $n \leq 50$ se aplica Shapiro – Wilk	Si p-valor < 0.05 se rechaza la H0 y se acepta la H1 Si p-valor $\geq 0.05$ se acepta la H0 y se rechaza la H1	Demostrar si las variables siguen o no una distribución normal.
Correlación de variables	H0: No existe correlación entre las variables “x” e “y” H1: Existe correlación entre las variables “x” e “y”	NC = 0.95 Alfa = 0.05	Paramétrica -> Coeficiente de Pearson No paramétrica -> Spearman	Si p-valor < 0.05 se rechaza la H0 y se acepta la H1 Si p-valor $\geq 0.05$ se acepta la H0 y se rechaza la H1	Demostrar si existe o no correlación entre las variables, así como la intensidad de correlación.
Prueba de hipótesis	H0: $\mu_1 = \mu_2$ (las medias)	NC = 0.95 Alfa = 0.05	Prueba T para	Si p-valor < 0.05 se	Demostrar si existe o no

Fuente:

Elaboración

propia. Donde:

- H0 = Hipótesis nula
- H1 = Hipótesis alterna o hipótesis del investigador
- NC = Nivel de confianza (usualmente se trabaja con 95%)

- Alfa = margen de error o error (usualmente se trabaja con 5%)
- n = tamaño de muestra
- p-valor = significancia
- u1 = media de la muestra antes del diseño de mallas
- u2 = media de la muestra después del diseño de mallas
- gl = grado de libertad (tamaño de nuestra "n")
- sig = significancia (p-valor)

#### 4.3.1. Primera Hipótesis Específica

##### a. Descripción de variables e indicadores

Se describen en la siguiente tabla (Ver tabla 6).

*Tabla 6*

*Variables e indicadores de hipótesis general.*

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
- Variable independiente (X) = Diseño de malla de perforación taladros largos.	- Consumo de explosivos por tonelada (Kg/Ton)
- Variable dependiente (Y) = Producción de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.	- Producción por tajeo con diseño de mallas anterior. (Ton/día) - Producción por tajeo con diseño de mallas actual. (Ton/día)

Fuente: Elaboración propia.

**b. Base de Datos utilizada**

*Tabla 7*

*Base de datos utilizada*

Muestra	Nivel	Labor	FP Actual	FP Anterior	Tonelaje de mineral roto Actual	Tonelaje de mineral roto Anterior
			kg/Tn	kg/Tn	ton/día	ton/día
1	6	Tj-555	1.04	1.18	246.96	216.65
2	13	Tj-330	0.69	0.88	811.44	627.84
3	6	Tj-555	0.94	1.15	381.02	309.96
4	13	Tj-330	0.62	0.95	661.92	430.81
5	14	Tj-454	0.68	0.83	1,024.38	842.40
6	6	Tj-555	0.88	0.91	290.3	281.37
7	8A	Tj-698	0.54	0.9	1,041.35	622.31
8	14	Tj-454	0.51	0.86	1,436.23	853.80
9	18	Tj-012	0.52	0.84	1,088.64	668.20
<b>TOTAL</b>			0.63	0.90	6982.24	4853.35

*Nota:* El cálculo de “Tonelaje de mineral roto Anterior” se calculó en base a la cantidad(kg) de explosivos utilizado en el modelo actual y el factor de potencia referencial de anteriores voladuras en la misma labor. No se cuenta con datos específicos de voladuras anteriores por ser desarrolladas de forma empírica.

Fuente: Elaboración propia. Prueba de normalidad

Se obtuvo la Tabla 8 del software SPSS 25, en ella se presenta la prueba de normalidad de las variables predefinidas para la hipótesis general.

Debido a que el tamaño de nuestro introducido es nueve (09) se toma en cuenta el análisis por Shapiro-Wilk.

Tabla 8

Tabla de prueba de normalidad de las variables

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
KG/TON	,214	9	,200 <sup>*</sup>	,894	9	,220
TON/TJ	,172	9	,200 <sup>*</sup>	,935	9	,531

Nota: Debido a que la significancia (sig.) de las variables es mayor a 0.05, se aceptala hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alterna (H1).

Fuente: Elaboración propia.

**Donde:**

gl = grado de libertad (tamaño de nuestra)

sig = significancia (p-valor)

Entonces los datos de ambas variables siguen una distribución normal.

**c. Correlación de Variables**

Se aplicó el método de correlación de variables de Pearson, debido

a que ambas variables siguen una distribución normal.

Tabla 9

Correlación de variables

		KG/TON	TON/TJ
<b>KG/TON</b>	Correlación de Pearson	1	-,907**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	9	9
<b>TON/TJ</b>	Correlación de Pearson	-,907**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	9	9

Nota: De acuerdo a la tabla 9; la significancia es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, existe correlación entre las variables “x” e “y”.

Además, se obtiene el factor de correlación de Pearson igual a -

0.907 para ambas variables, ello representa un nivel de correlación

negativa muy fuerte entre las variables.

**d. Prueba de hipótesis de muestras correlacionadas**

En la hipótesis específica A se intenta demostrar que “El diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.”

Es por ello que se analizará el nivel de relación de las medias de los **indicadores** de la variable “Producción de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.” mediante la prueba paramétrica “T-Student” para los indicadores:

- Producción por tajeo con diseño de mallas anterior. (Ton/día)
- Producción por tajeo con diseño de mallas actual. (Ton/día)

El objetivo es demostrar la optimización de la producción (Ton/día) tras el diseño de la malla de perforación actual.

Se realizó la correlación de las muestras emparejadas, obteniendo la siguiente tabla (Tabla 10) que muestra la prueba de muestras emparejadas.

*Tabla 10*  
*Correlación de muestras*

Tabla 10. *Correlación de muestras*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig.
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% de intervalo de confianza de la diferencia				(bilateral)
		n		promedio	Inferior	Superior			
					or				
Par	Ton/día_	236.5022	198.22230	66.07410	84.135	388.86	3.5	8	0.007
1	Actual - Ton/día_ Antes	2			08	937	79		

*Nota:* Describe las diferencias emparejadas.  
*Fuente:* Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 10; la significancia es menor a 0.05, por lo

tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Entonces, las medias no son iguales y sí hay diferencia significativa entre los indicadores. Por lo tanto, se concluye que el “El diseño de mallas de perforación de taladros largos” mejora significativamente la “producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.”.

#### 4.3.2. Segunda Hipótesis Específica

##### Descripción de variables e indicadores

Se describen en la siguiente tabla (Ver tabla 11)

Tabla 11

Variables e indicadores de hipótesis específica A.

Variables	Indicadores
- Variable independiente (X) = Diseño de mallas de perforación de taladros largos.	- Consumo de explosivos por tonelada (Kg/Ton)
- Variable dependiente (Y) = Fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.	- Diámetro de esfera equivalente del 80% de material pasante (P80) anterior. - Diámetro de esfera equivalente del 80% de material pasante (P80) actual

*Nota:* Describe las variables e indicadores del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

## Base de Datos utilizada

Tabla 12

Bases utilizadas en el proyecto.

ITEM	Nivel	Labor	FP	FP	P80	P80	P80
			Actual	Anterior	promedio	promedio	promedio
			kg/Tn	kg/Tn	in	in	in
1	13	Tj-330	0.69	0.88	15.52	40	8
2	13	Tj-330	0.62	0.95	15.52	39	8
3	8A	Tj-698	0.54	0.9	18.32	37	8

Nota: Descripción según los índices el FP y P80. Fuente: Elaboración propia.

### Prueba de normalidad

Se obtuvo la Tabla 13 del software SPSS 25, en ella se presenta la prueba de normalidad de las variables predefinidas para la hipótesis general.

Debido a que el tamaño de nuestro introducido es tres (03) se toma en cuenta el análisis por Shapiro-Wilk.

Tabla 13

Tabla de prueba de normalidad de las variables

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Kg/Ton	,184	3	.	,999	3	,927
in	,385	3	.	,750	3	,000

Nota: Corrección de significación de Lilliefors. Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la significancia (sig.) de al menos una de las variables es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

### Correlación de Variables

Se aplicó el método de correlación de variables de Spearman, debido a que al menos una de las variables no sigue una distribución normal.

Tabla 14

Correlación de variables

			Kg/Ton	in
Rho de Spearman	Kg/Ton	Coeficiente de correlación	1,000	-,866
		Sig. (bilateral)	.	,333
		N	3	3
	in	Coeficiente de correlación	-,866	1,000
		Sig. (bilateral)	,333	.
		N	3	3

*Nota:* De acuerdo a la tabla 01; la significancia es mayor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alterna (H1). No existe correlación entre las variables “x” e “y”.

Fuente: Elaboración propia.

### Prueba de hipótesis de muestras correlacionadas

En la hipótesis general se intenta demostrar que “El diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.”

Es por ello que se analizará el nivel de relación de las medias de los indicadores de la variable “Fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.” mediante la prueba paramétrica “T-Student” para los indicadores:

- Diámetro de esfera equivalente del 80% de material pasante(P80) anterior.
- Diámetro de esfera equivalente del 80% de material pasante(P80)

actual

- El objetivo es demostrar la optimización del P80 obtenido en la fragmentación de roca (in) tras el diseño de la malla de perforación actual.

Se realizó la correlación de las muestras emparejadas, obteniendo la siguiente tabla (Tabla 15) que muestra la prueba de muestras emparejadas.

*Tabla 15*

*Prueba de muestras emparejadas*

		Diferencias emparejadas				t	g	Sig.
		Media	Desv.	Desv.	95% de intervalo			
			Desvia	Error	de confianza de la			(bila
			ción	prom	diferencia			teral
		dio	Inferior	Superior				)
Par1	P80_Actual	-22,21333	3,1005	1,7901	- 29,91550 - 14,51117	-12,409	2	,006
	P80_Anterior		4	0				

*Nota:* De acuerdo a la tabla 03; la significancia es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, las medias no son iguales y sí hay diferencia significativa entre los indicadores. Por lo tanto, se concluye que el “El diseño de mallas de perforación de taladros largos” mejora significativamente la “fragmentación de roca en la Compañía MineraAlpayana S.A.”.

#### 4.4. **Discusión de resultados**

Los resultados positivos obtenidos en las nueve voladuras de taladros largos como parte de la investigación desarrollada se alcanzó realizando capacitación y emitiendo instrucciones de carguío de la carga explosiva a los encargados de las operaciones unitarias de perforación y voladura, el principal factor fue mejorar el factor de potencia, en tal sentido se obtuvo una mayor cantidad de roca fragmentada con menor carga explosiva, porque se realizó diseños de mallas de perforación y voladura para cada nivel y labor involucrado en la investigación. Se logró el cometido de disminuir los 0,90 kg/Tn a 0,63 Kg/Tn y se ha determinado que si usamos la cantidad de explosivo con el factor de potencia anterior se puede producir 42,86% más de mineral. Con respecto a la producción de 4000 TM/día si es posible incluso sobrepasando un 9% con los datos reales logrados en la perforación y voladura de los tajeos pilotos, es decir se puede incrementar la producción de mineral en la mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana S.A.

Para el cumplimiento de los programas es importante tener estrategias para mejorar el porcentaje de cumplimiento de perforación y voladura de taladros largos, para lo cual se debe tener en cuenta:

- ✓ Mejorar en el mantenimiento mecánico eléctrico de las simbas.
  - Gerencia general debe apoyar en la compra de repuestos
  - El mantenimiento debe ser en horas muertas
  - Designar mecánicos por equipos específicos
- ✓ Apoyo por parte operaciones mina en acondicionar labores.
  - Apoyo inmediato en limpieza; sostenimiento; ventilación e instalaciones de energía, agua y aire.
  - Coordinar sobre trabajos simultáneos para así no parar las simbas por pase a frontoneros, empernadores, scooptram y/u otros equipos.

- ✓ Mejorar en la entrega de aceros por parte del proveedor Atlas copco.
  - Atlas copco debe proporcionar aceros de manera inmediata y de la mejor calidad.
  - No hay aceros suficientes en stock por lo cual se mezclan barras nuevas con usadas
  - Desgaste prematuro de barras y shank generando problemas en la perforadora de las simbas.
  - Atlas no entrega aceros sin firma de remanente generando malestar
- ✓ Mejorar en el plan de perforación y rotura.
  - **Falta de planeamiento adecuado y real mensual:** generando demasiado traslado de equipo
  - **Altura de bancos de perforación inadecuados:** causando demora en la perforación y desvió de taladros y deterioro prematuro de equipos
  - **Diseño de mallas de perforación inadecuados e inoportunos:** slot diseñadas en fallas y/o zona de mucha presencia de agua; pivots de perforación muy pegados al hastial y en alturas
  - inadecuadas; diseño de mallas a destiempo; entrega de mallas a destiempo, falta de área para las simbas.

Figura 33

Perforación de taladros largos



*Nota: Es una fotografía de la perforación en un tajeo usando una perforadora parataladros largos.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Como parte de la preocupación de los equipos de perforación se ha realizado el seguimiento correspondiente como parte de la investigación, y se determinó los siguientes:

- El abastecimiento de aceros de perforación para los equipos simba, jumbo, empernadores se dio en un 100%.
- Existen aún falencias mecánicas y/o operacionales que reducen el rendimiento óptimo de los aceros de perforación.
- J-13, J-19 con mejor performance en lo que respecta la actividad de taladros largos
- J-17, J-6 con mejor performance en lo que respecta a la actividad de frontoneros.
- J-20, con mejor performance en lo que respecta a la actividad de sostenimiento.

Como recomendaciones específicas podemos señalar los siguientes:

- En taladros largos se recomienda perforar con equipos que usan barras de 5 pies para los banqueos de mayor longitud de taladro.
- El uso obligatorio de grasa grafitada negra para el acople de barras
- Se recomienda trabajar con los equipos en óptimas condiciones para un buen uso y cuidado de los aceros de perforación , de esta manera evitar las roturas prematuras, pérdidas de tiempo operacionales y por ende el incremento de la productividad en las operaciones.

## CONCLUSIONES

- El incremento de producción de 3390 TM/día a 4000 TM/día, con los resultados producto de los disparos de prueba con los taladros largos realizados en los tajeos pilotos, si se puede alcanzar dicha meta con 377 TM/día adicional que es un margen seguridad del cumplimiento equivalente al 9%.
- Para el incremento de la producción se considera a los tajeos Tj-330, T- 698, Tj-454 y Tj-012 lográndo una producción de 4377,66 TM/día y con esto se cumple los 4000 TM/día proyectadas.
- El factor de potencia de los resultados de los nueve disparos alcanza el promedio de 0,63 kg/Tn, de modo que, si el factor de potencia promedio anterior era de 0,90 kg/Tn, el factor de potencia en un 30% resultando un beneficio económico en el consumo del ANFO.
- La relación entre la longitud de taladro diseñado y la longitud del taladro perforado es cercana al 100% con una supervisión adecuada en el momento de la perforación de los taladros porque incluso eran mallas en forma de abanico.
- El diseño de la malla de carguío en taladros en abanico con cargas en forma alternada mediante la simulación definir el carguío en forma alternada basada en el criterio del radio de influencia del taladro cargado con ANFO, con un promedio de 0,75m de radio.
- Con las simulaciones realizadas con el programa especializado respecto a los tacos se determinó Taco corto: 95 % de la longitud de taladro, Taco intermedio: 70 a 75% de la longitud de taladro y Taco largo: 50 a 60 % de la longitud de taladro.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que cuando se tiene taladros en forma de abanico el carguío se debe realizar en forma alternada, con la finalidad de realizar una buena distribución de energía del explosivo, y no dañar a la siguiente sección.
- Se recomienda evitar una concentración de la energía del explosivo en la parte inferior de los taladros para reducir la vibración para obtener una voladura adecuada.
- Se recomienda realizar un seguimiento permanente a la perforación para que los taladros sean perforados en las coordenadas UTM diseñadas y sean cumplidos estrictamente

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asencio Cabot, E., & Ibarra López, N. (2018). Experiencia en la preparación de investigadores como autores y revisores de artículos científicos. *Biblios*, 70, 44–59.
- Baldeon Lazaro, M. A. (2021). *Aplicación del método de explotación taladros largos en vetas angostas sin By Pass-Veta Ramal Alianza de Minera Argentum*.
- Barrientos Llacua, R., & Durand Lanazca Gabriel, A. (2020). *Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Liliaen la Mina Socorro - Unidad Minera Uchucchacua - Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.*
- Bernaola Alonso, J., Castilla Gómez, J., & Herrera Herbert, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*.
- Bono Cabré, R. (2012). *Diseños cuasi-experimentales y longitudinales*. Brady King, C. (2022). *Martillo neumático*. <https://hmn.wiki/es/Jackhammer>
- Caballero, H. L. (2016). *reducción de la desviación de taladros largos implementando menores longitudes de perforación de taladros para bancos de producción de 20 metros de altura en sublevel stoping con simbas h1254, en el cuerpo casapalca 4 en el nivel 11-11a, mina casapalca-un*.
- Cervantes Mancha, A. (2018). *Influencia de pérdidas en perforación y voladura en el nivel 16 de la veta esperanza de Compañía Minera Casapalca SA*.
- Cook, J. (2016). La geomecánica. *Oilfield Rev [Internet]*, 28(1), 51–53.
- Cruz Alvarez, A. Y. (2020). *Reducción de voladura secundaria mediante la optimización de estándares de perforación y voladura en taladros largos en Alpayana S.A.-2020*.
- Fundación Maxam. (2019). *Soluciones de Voladura: Fragmentación de Roca - Maxam*. <https://www.concretonline.com/canteras-graveras/soluciones-de->

*voladura-fragmentacion-de-roca-maxam*

Gobierno de España. (2020). *Guía de buenas prácticas en el diseño y ejecución de voladuras en banco*. [www.miteco.gob.es](http://www.miteco.gob.es)

Gómez Canchihuamán, R. J. (2012). *Optimización de la perforación y voladura para la minimización de los costos operativos en la unidad El Porvenir de la Compañía Minera Milpo SA*. Obtenido de [Http://Repositorio. Uncp. Edu](http://Repositorio.Uncp.Edu).

[Pe/Bitstream/Handle/UNCP/3170/Gomez% 20Canchihuaman](http://Repositorio.Uncp.Edu/Bitstream/Handle/UNCP/3170/Gomez%20Canchihuaman). Pdf.

Herrera Barrios, A. F. (2021). *Influencia de la carga operante en taladros largos en la reducción de vibraciones en la Compañía Minera Alpayana S.A.*

Huarachi Huaracallo, R. (2021). *Rediseño de malla de perforación para un slot negativo de taladros largos para reducir los costos de perforación de la empresa minera Cori Puno SAC*.

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). (2018).

*Sostenimiento de techos y control de roca*.  
<https://www.cdc.gov/spanish/niosh/mining/topics/sostenimiento.html>

Jacinto Veliz, P. P. (2013). *Optimización de la fragmentación del macizo rocoso mediante el diagrama de Lagrange en la Compañía Minera Barrick Misquichilca SA unidad Pierina*.

Jiménez Castro, M. A. (2021). *Fragmentación de roca estéril implementando el diseño de malla de perforación y voladura para el uso como relleno detrítico del TJ 750 NV 1680 OB6, Compañía minera Nexa Resources - Cerro Lindo 2020*.

Lozada, J. (2014). *Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria*. *CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de La Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47–50.

Maldonado, Y. (2020). *Macizo rocoso, matriz rocosa y discontinuidades. Descripción y caracterización de macizos rocosos*.  
<https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/macizo-rocoso/>

Menéndez, R. (2020). *Ciencia y método científico*. Profesor Rafael Barzanallana. Universidad de Murcia.

<https://www.um.es/docencia/barzana/DIVULGACION/CIENCIA/Ciencia-y-metodo-cientifico.html>

Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería D.S. N° 024-2016. Reglamento, 345.*  
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/LIBROS/RSSO/RSSO2020.pdf>

MINSUR. (2021). *Estándar Operacional: Labores Subterráneas. 1–26.* Moscote Flores, O., & Quintana Rincón, L. E. (2008). *Programa Administración Pública Territorial.*

OSINERGMIN. (2020). *Efectos de la voladura en el macizo rocoso.*  
<https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/efectos-de-la-voladura-en-el-macizo-rocoso/>

Pérez García, L., Cardero Llopiz, Y., & Puyáns, L. R. G. (2009). *Modelo matemático para describir la distribución granulométrica de la fase dispersa de las suspensiones de laterita. Chemical Technology, 83–91.*

Pérez Vargas, J. (2019). *Diseño de un modelo de costos de producción para empresas mineras en Bolivia.*

Pinto Morales, L. H., & Fuentes Fuentes, M. del C. (2007). *Determinación de los modelos de velocidad de partículas en voladuras. Ingeniería Investigación y Desarrollo, 4(1), 13–18.*

Pomahuali Liñan, M. E. (2013). *Formulación de un programa de gestión de mantenimiento para la operación óptima de perforadoras de jumbos electrohidráulicos de Compañía Minera Sol S.A.*

Quito Matos, J. C., & Babilonia Jaramillo, R. (2020). *Análisis de la vida útil de aceros de perforación para evaluar costos operativos en galerías Compañía*

*Minera San Cristobal SAA.*

*Revista Seguridad Minera. (2017). Perforación minera: tipos, clases de maquinaria y ubicación de taladros. 126.*

*<https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/perforacion-minera-tipos-clases-de-maquinaria-y-ubicacion-de-taladros/>*

*Reymundo Soto, R. R. (2022). Mejoramiento de perforación y voladura para reducir sobrerotura con taladros largos en vetas angostas en unidad minera Yauliyacu- 2022.*

*Rojas Valenzuela, F. J. (2021). Estimación de la fragmentación producto de la tronadura de rocas en minería a cielo abierto utilizando modelos predictivos y algoritmos de regresión.*

*Romaní Carhuamaca, R. (2019). Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar avances y sobre rotura Nv. 1225-Mina Andaychagua-VCM SAA.*

*Romero Gálvez, G. M. (2020). Diseño de la malla de perforación en dominios de sílice masiva y granular para reducir los costos de perforación y voladura en una mina a tajo abierto en Cajamarca.*

*Tomala, O. (2021). Tipos de investigación. <https://sites.google.com/site/misitioweboswaldotomala2016/tipos-de-investigacion>*

*Villagaray M., A. (2014). Operación de voladura subterránea. [https://es.slideshare.net/roque\\_21/operacion-de-voladura-subterranea-36205018](https://es.slideshare.net/roque_21/operacion-de-voladura-subterranea-36205018)*

*Yurén, T. (2013). Ética profesional y praxis: Una revisión desde el concepto de "agencia". *Perfiles Educativos*, 35(142), 6–14.*

*Zenteno, F. (2019). La inversión pública y el crecimiento económico en la Región Pasco, 2008-2018. *Universidad Nacional de Ingeniería*, 505.*

## **ANEXOS**

Programa de Producción Zona Cuerpos.

**INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

PROGRAMA DE PRODUCCIÓN ZONA CUERPOS - ABRIL 2022									
	ALP - PI- EST 01 - FOR 01								
NIVEL	CUERPO	LABOR	ROTURA	PRODUCCIÓN	Ag Oz/TC	Pb %	Cu %	Zn %	Secciones a disparar
4A	Micaela	TJ 729	3,000	3,000	0.59	0.12	0.05	1.85	Cuerpo modelado(Puente de 8 m al NV 4A)
6	Esperanza Techo 3	TJ 609	2,000	2,000	0.59	0.12	0.05	1.89	Secc 02 al 20 (+)
7B	Esperanza Techo	TJ 665	1,000	1,000	0.68	0.17	0.09	2.01	Secc 10 al 18 (+)
8A	Esperanza Techo 3	TJ 602	1,500	1,500	1.18	0.12	0.10	1.91	Cuerpo modelado
9B	Esperanza Piso diseminado	TJ 698	2,500	2,500	0.56	0.11	0.24	1.82	Cuerpo modelado
9B	Esperanza techo 4	TJ 570	5,500	5,500	0.56	0.08	0.09	1.80	Secc 18 al 35 (+)
11	Casapalca 0	TJ 381	2,500	2,500	0.75	0.15	0.25	1.92	Secc 101 al 111 (+)NV 11
TOTAL ZONA INTERMEDIA			18,000	18,000	0.65	0.11	0.12	1.86	
12B	Chiara diseminado	TJ 400	3,500	3,500	1.18	0.48	0.17	2.23	Cuerpo modelado al Sur
12A	Casapalca 0	TJ 381		2,000	0.60	0.46	0.24	1.89	Secc 104 al 111 (-)NV 11
12A	Casapalca 3	TJ 385	8,500	8,500	0.41	0.30	0.14	2.18	Secc 01 al 22(-) NV 11
12A	Casapalca 1	TJ 340	4,500	4,500	0.43	0.23	0.12	1.73	Secc 15 al 44(+)NV12A
12A	M3	TJ370	1,500	1,500	1.27	1.83	0.30	2.20	Secc 62 AL 68 (+)NV12A

14	Esperanza piso	TJ 454	3,500	3,500	0.59	0.19	0.10	2.06	Secc 01 al 13(+NV14)
14	Chiara Diseminado	TJ 400	4,500	4,500	0.88	0.30	0.09	1.83	Secc 21 al 37 (-NV13)
15A	Chiara Diseminado	TJ400	5,000	5,000	0.67	0.34	0.09	1.90	Secc 04 al 30 (+)
16A	M3	TJ 370	2,500	2,500	1.24	1.08	0.11	2.86	Secc 83 al 97 (- NV16A)
16A	Casapalca 2	TJ 265(N)	7,000	7,000	0.58	0.18	0.11	1.42	Norte:Secc 1 al 7 (+NV16A)
16B	M3	TJ 370	2,500	2,000	1.11	0.87	0.09	2.66	Secc 61 al 75 (- NV16B)
16	M4	TJ 375	2,500	2,500	0.99	0.67	0.10	2.53	Secc 101 al 115
16	M3	TJ370	1,000	1,000	0.96	0.79	0.06	1.96	Secc 100 al 103(+ NV16)
16	Esperanza Piso	TJ 454 (E)	4,000	4,000	0.55	0.10	0.29	1.95	Secc A22 al A14 ; Secc 30 al 40 (-NV 16A)
16	Esperanza Piso	TJ 454 (w)	6,000	6,000	0.62	0.16	0.15	2.01	Cuerpo modelado
18A	M4	TJ 375	2,500	2,500	1.15	0.76	0.16	2.41	Secc 80 al 120(-NV 18aA)
18	Casapalca 2	TJ 265(N)	8,000	8,000	0.50	0.11	0.26	2.10	Norte:Secc 46 al 62(+NV18)
18	Esperanza Piso	TJ 454	4,500	4,500	0.53	0.34	0.16	1.79	Secc 08S al 17S,Secc 27 al 30 (+ NV18)
TOTAL ZONA BAJA			71,500	73,000	0.69	0.36	0.15	2.02	
TOTAL GENERAL			89,500	91,000	0.68	0.31	0.15	1.99	



---

Responsable del Área Proyectos

---

Superintendente Planeamiento y

*Fuente:* Elaboración propia.

Matriz de consistencia.

Título: “Diseño de Mallas de Perforación de Taladros Largos para Mejorar Producción y Fragmentación en Compañía Minera Alpayana S.A.”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿De qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción y fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p><b>Determinar</b> de qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción y fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>El diseño de mallas de perforación de taladros largos <b>influye</b> en la mejora de la producción y fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>X= Diseño de mallas de perforación de taladros largos.</p> <p><b>Variable Dependiente (Y):</b></p> <p>Y= Producción y fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.</p>		<p><b>Tipo y nivel de investigación:</b></p> <p><b>Tipo:</b> Aplicada, porque se aplican los conocimientos teóricos del diseño de mallas con taladros largos.</p> <p><b>Nivel:</b> Descriptivo, porque describe el mejoramiento de la producción con la finalidad de optimizar costos.</p>
<p><b>Primer problema específico</b></p> <p>¿De qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.?</p>	<p><b>Primer objetivo específico</b></p> <p><b>Determinar</b> de qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.</p>	<p><b>Primera hipótesis específica</b></p> <p>El diseño de mallas de perforación de taladros largos <b>influye</b> en la mejora de la producción en la Compañía Minera Alpayana S.A.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>X= Diseño de mallas de perforación de taladros largos.</p> <p><b>Variable Dependiente (Y):</b></p>	<p><b>Indicadores:</b></p> <p>Consumo de explosivos por tonelada (Kg/Ton)</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>Producción por tajeo con diseño de</p>	<p><b>Método:</b></p> <p>Científico</p>

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
	la Compañía Minera Alpayana S.A.		Y= Producción de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.	<p>mallas anterior. (Ton/día)</p> <p>Producción por tajeo con diseño de mallas actual. (Ton/día)</p>	<p><b>Diseño:</b> Cuasi experimental.</p> <p><b>Población y muestra</b></p>
<p><b>Segundo problema específico</b></p> <p>¿De qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.?</p>	<p><b>Segundo objetivo específico</b></p> <p><b>Determinar</b> de qué manera el diseño de mallas de perforación de taladros largos influye en la mejora de la fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.</p>	<p><b>Segunda hipótesis específica</b></p> <p>El diseño de mallas de perforación de taladros largos <b>influye</b> en la mejora de la fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>X= Diseño de mallas de perforación de taladros largos.</p> <p><b>Variable Dependiente (Y):</b></p> <p>Y= Fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A.</p>	<p><b>Indicadores:</b></p> <p>Consumo de explosivos por tonelada (Kg/Ton)</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>Diámetro de esfera equivalente del 80% de material pasante (P80) anterior.</p> <p>Diámetro de esfera equivalente del 80% de material pasante (P80) actual.</p>	<p><b>Población</b></p> <p>Los diferentes tajeos de los Niveles: Nv.6, Nv. 8A, Nv. 13, Nv. 14 y Nv. 18 de la mina Casapalca de la Compañía Minera Alpayana.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>Labores: Tj-330, Tj-454, Tj-698, Tj-012 y el Tj-555.</p>

*Fuente:* Elaboración propia.

Anexo Programa de Avances Zona Cuerpos.

ZONA	NIVEL	LABOR	FASE	EJECUTOR	OBJETIVO	SECCION (m)	EQUIPO	Suma de LONGITUD (m)
ALTA	435	CAM 160 S	DESQUINCHE	LOS ANDES	(Desquinche) Camara para winche principal.	5.0X 5.0	JACK LEG	0
		CH 170	PREPARACION	LOS ANDES	Chimenea para winche de servicios	1.2X 2.4	JACK LEG	15
	600	XC 875 NE	PREPARACION	GMIS AC	Polvorin de accesorios	3.5X 3.5	JUMBO CUERPOS	15
		XC 913 NW	PREPARACION	GMIS AC	Polvorin de explosivos	3.5X 3.5	JUMBO CUERPOS	37
		XC 913 SE	PREPARACION	GMIS AC	Polvorin de accesorios	3.5X 3.5	JUMBO CUERPOS	15
		XC 935 NW	PREPARACION	GMIS AC	Polvorin de accesorios	3.5X 3.5	JUMBO CUERPOS	10
Total ALTA								92
INTERMEDIA	4A	VCR 729	EXPLOTACION	GMIS AC	VCR para cara libre TJ 729 Nv 4A (L=8)	2.0X 2.0	SIMBA	0
	9B	GL 682 NE	DESQUINCHE	GMIS AC	(Desquinche) Para perforación de taladros largos	4.0X 4.0	JUMBO CUERPOS	0
		REF 534	PREPARACION	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X 2.0	JACK LEG	1
		REF 558	PREPARACION	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X 2.0	JACK LEG	1
		REF 572	PREPARACION	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X 2.0	JACK LEG	1
		REF 682	PREPARACION	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X 2.0	JACK LEG	1
		SLOT 682	EXPLOTACION	GMIS AC	cara libre TJ 682 Nv 4A (L=8)	2.0X 2.0	SIMBA	0

11	CAM 385	PREPARACIÓN	GMIS AC	Camara para descarga de demonte para relleno de tajos.	4.0X 4.0	JUMBO CUERPOS	10
		DESQUINCHE	GMIS AC	Desquinche Camara para descarga de demonte para relleno de tajos.	4.0X 4.0	JUMBO CUERPOS	0
	GL 200 NE	EXPLORACIÓN	GMIS AC	Exploracion de la veta esperanza piso 2	4.0X 3.5	JUMBO CUERPOS	60
	REF 545	PREPARACIÓN	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X 2.0	JACK LEG	1
	XC 352 NW	PREPARACIÓN	GMIS AC	Labor de acceso para continuar minado Tj 381	4.0X 4.0	JUMBO CUERPOS	27
12 A	REF 500	PREPARACIÓN	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X 2.0	JACK LEG	1
	REF 535	PREPARACIÓN	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X 2.0	JACK LEG	1

		REF 540	PREPARACIÓN	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		REF 560	PREPARACIÓN	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		REF 570	PREPARACIÓN	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		REF 580	PREPARACIÓN	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	8A 1	SLOT 600	EXPLOTACIÓN	GMIS AC	cara libre TJ 600 Nv 4A (L=4)	2.0X2.0	SIMBA	0
Total INTERMEDIA								108
BAJA	12 B	REF 448	PREPARACIÓN	GMIS AC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		SLOT 390	PREPARACIÓN	GMIS AC	Cara libre (L=11m)	2.0X2.0	SIMBA	0
		XC 390S W	DESQUINCHE	GMIS AC	(Desquinche) Para perforación de taladros largos	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	0

12	A	REF 338	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		REF 390	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		REF 425	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	12	REF 464	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	2
		REF 501	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		REF 548	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1

	REF 555	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 580	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
13	REF 510	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 530	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 570	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 600	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
14	REF 329	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 402	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 405	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 406	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1

	REF 425	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 470	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 475	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 504	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 510	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1

	REF 522	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 550	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 555	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 585	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	RP (+13%) 582	PREPARACIÓN	GMISAC	Rampa auxiliar de acceso	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	50

15 A	CAM 398 NW	PREPARACIÓN	GMISAC	Camara de tolveo para relleno de tajos	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	15
	REF 374	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 387	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 388	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 390	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1

	REF 526	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 558	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	RP (+15%) 358 NW	PREPARACIÓN	GMISAC	Acceso para rellenar TJ 285, 300 y 320	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	60
	SLOT 374	PREPARACIÓN	GMISAC	Cara libre (L=20m)	2.0X2.0	SIMBA	0

	XC 397 SW	DESQUINCH E	GMISAC	Desquinche para acceso de volquete, relleno de tajo.	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	0
15	REF 505	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
16 A	BP 440	PREPARACIÓN	GMISAC	Acceso para limpieza de mineral y relleno de esperanza piso tj 454	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	30
	CAM 433	PREPARACIÓN	GMISAC	Acceso para rellenar TJ370	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	15
	REF 290	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 486	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	SLOT 290	EXPLOTACIÓN	GMISAC	Cara libre para minado de las vetas casapalcas (L=20)	2.0X2.0	SIMBA	0
	SLOT 454	EXPLOTACIÓN	GMISAC	Cara libre para minado del cuerpos esperanza piso (L=20)	2.0X2.0	SIMBA	0

	XC 399	PREPARACIÓN	GMISAC	Acceso para limpieza de mineral y relleno de esperanza piso tj 454	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	5
	XC 429 SE	PREPARACIÓN	GMISAC	Acceso para rellenar TJ370	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	15
16	REF 326	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 345	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1

	REF 365	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 371	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 388	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 405	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 406	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 458	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 482	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 490	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	RP (- 13%) 565	DESQUINCH E	GMISAC	(Desquinche) para Way Pass	3.5X4.0	JUMBO CUERPOS	0
	XC 294	PREPARACIÓN	GMISAC	Labor para ejecución de RB 290	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	10
16 B	XC 375 SW	PREPARACIÓN	GMISAC	Labor para acceso de explotación TJ 370.	3.5X3.5	JUMBO CUERPOS	20

17 A	GL 335 NE	DESQUINCH E	GMISA C	(Desquinche ) Para perforación de taladros largos	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	0
	GL 343 NE	DESQUINCH E	GMISA C	(Desquinche ) Para perforación de taladros largos	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	0

	SLOT 343	PREPARACI ÓN	GMISA C	Salida de aire viciado (L=10m)	2.0X2. 0	SIMBA	0
17	GL 270	DESQUINCH E	GMISA C	(Desquinche ) Para perforación de taladros largos	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	0
	REF 375	PREPARACI ÓN	GMISA C	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2. 0	JACK LEG	1
	REF 444	PREPARACI ÓN	GMISA C	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2. 0	JACK LEG	1
	REF 546	PREPARACI ÓN	GMISA C	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2. 0	JACK LEG	1
	SLOT 256	PREPARACI ÓN	GMISA C	Cara libre para Tj 265 (L=20m)	2.0X2. 0	SIMBA	0
	VCR 545	PREPARACI ÓN	GMISA C	Ore pass	2.0X2. 0	SIMBA	0
	XC 545 NE	PREPARACI ÓN	GMISA C	Acceso para Ore Pass	4.5X4. 0	JUMBO CUERP OS	5
18 A	GL 340 NE	DESQUINCH E	GMISA C	(Desquinche ) Preparación de labor para perforacion de taladros largos.	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	0
	SLOT 340	PREPARACI ÓN	GMISA C	Cara libre Tj 370 (L=10m)	2.0X2. 0	SIMBA	0
	VCR 340	PREPARACI ÓN	GMISA C	Cara libre Tj 370 (L=10m)	2.0X2. 0	SIMBA	0

	VEN 430 NE	PREPARACI ÓN	GMISA C	Ventana para Releno de Tj 370 M3	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	15
	XC 338 NE	PREPARACI ÓN	GMISA C	Preparar veta M3 al lado sur	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	25

18	BP 273 N	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para minado de cuerpo Casapalca 2	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	10
	BP 273 S	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para minado de cuerpo Casapalca 2	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
	BP 387 SW	PREPARACI ÓN	GMISA C	By pass para acceso a Tajeo 454	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
	CA 0424 SE	PREPARACI ÓN	GMISA C	Preparacion de camara cabeza de RB	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	3
	CAM 100 NW	DESQUINCH E	GMISA C	(Desquinche ) Para RB 100	6.0X6. 0	JUMBO CUERP OS	0
	CAM 120 W	DESQUINCH E	GMISA C	(Desquinche ) Para RB 150	5.0X5. 0	JUMBO CUERP OS	0
	CAM 600 N	PREPARACI ÓN	GMISA C	Cámara para Ore Pass	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	10
	REF 235	PREPARACI ÓN	GMISA C	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2. 0	JACK LEG	1
	REF 240	PREPARACI ÓN	GMISA C	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2. 0	JACK LEG	1
	REF 251	PREPARACI ÓN	GMISA C	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2. 0	JACK LEG	1
	REF 271	PREPARACI ÓN	GMISA C	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2. 0	JACK LEG	1
	REF 322	PREPARACI ÓN	GMISA C	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2. 0	JACK LEG	1
REF 336	PREPARACI ÓN	GMISA C	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2. 0	JACK LEG	1	

REF 337	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 338	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 426	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 427	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 481	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 482	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 483	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 484	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 485	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 508	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 536	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 584	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
SLOT 374	EXPLOTACIÓN	GMISAC	Cara libre (L=10m)	2.0X2.0	SIMBA	0
VENT 362	PREPARACIÓN	GMISAC	By pass para acceso a Tajeo 454	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	11
VENT 413 NW	PREPARACIÓN	GMISAC	Acceso a Veta M4	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	5
VENT 446 NW	PREPARACIÓN	GMISAC	Acceso a Veta M4	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	5



		XC (+1%) 450 SE	DESQUINCH E	GMISA C	Ampliacion (desquinche) ) Camara de secado de lodos	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	0
		XC 240 E	PREPARACI ÓN	GMISA C	Ventana de extraccion Casapalca 2	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	3
		XC 271 W	PREPARACI ÓN	GMISA C	Ventana de extraccion Casapalca 2 lado norte	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
		XC 349 NE	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para minado de cuerpo Esperanza Piso	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	10
		XC 410 SW	PREPARACI ÓN	GMISA C	Labor de Limpieza para Veta Casapalca 2	4.5X4. 0	JUMBO CUERP OS	5
		XC 450 SE	DESQUINCH E	GMISA C	(Desquinche ) radio de curvatura	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	0
19 A		EST 435	EXPLORACI ÓN	GMISA C	Desarrollar la Veta M3, block 43; 2,300 TN, Leyes 1.02 Oz Ag/Tn, 1.12 %Pb, 0.11 %Cu, 2.03% Zn	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	15
		GL 417 NE	DESARROLL O	GMISA C	Desarrollar la Veta M3, block 43; 2,300 TN, Leyes 1.02 Oz Ag/Tn, 1.12 %Pb, 0.11 %Cu, 2.03% Zn	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
		VCR 394	PREPARACI ÓN	GMISA C	Chimenea de ventiacion (L= -20)	2.0X2. 0	SIMBA	0
		XC 320 S	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para preparar cuerpo Esperanza	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	5
					Piso al lado sur.			

	XC 338 NE	PREPARACION	GMISAC	(Ventilación) Circuito de ventilación	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	5
	XC 345 SE	PREPARACION	GMISAC	Proyecto de optimizacion de pique 650	4.5X4. 0	JUMBO CUERPO S	5
	XC 352 N	PREPARACION	GMISAC	Para preparar cuerpo Esperanza Piso al lado norte.	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	10
	XC 352 S	PREPARACION	GMISAC	Para preparar cuerpo Esperanza Piso al lado sur.	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	10
19	BP 248 N	PREPARACION	GMISAC	Bypass para la lñimpieza de Mineral Tj 265 Nv 19	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	5
	BP 248 S	PREPARACION	GMISAC	Bypass para la lñimpieza de Mineral Tj 265 Nv 19	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	20
	CA 480 E	PREPARACION	GMISAC	Campara para pie de ventilacion.	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	8
	CAM 386	PREPARACION	GMISAC	Labor para pie de VCR de ventilacion Nv 19 al Nv19A	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	12
	CAM 420 SE	PREPARACION	GMISAC	Labor para pie de Chimenea Rb de ventilacion Nv 18 al Nv 19	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	15
	EST 350 NW	PREPARACION	GMISAC	Para definir potencia de M3	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	10
	XC (+1%) 450 SE	DESQUINCH E	GMISAC	Ampliacion (desquinche ) Camara de secado de lodos	4.0X4. 0	JUMBO CUERPO S	0

	XC 240 E	PREPARACI ÓN	GMISA C	Ventana de extraccion Casapalca 2	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	3
	XC 271 W	PREPARACI ÓN	GMISA C	Ventana de extraccion Casapalca 2 lado norte	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
	XC 349 NE	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para minado de cuerpo Esperanza Piso	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	10
	XC 410 SW	PREPARACI ÓN	GMISA C	Labor de Limpieza para Veta Casapalca 2	4.5X4. 0	JUMBO CUERP OS	5
	XC 450 SE	DESQUINCH E	GMISA C	(Desquinche ) radio de curvatura	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	0
19 A	EST 435	EXPLORACI ÓN	GMISA C	Desarrollar la Veta M3, block 43; 2,300 TN, Leyes 1.02 Oz Ag/Tn, 1.12 %Pb, 0.11 %Cu, 2.03% Zn	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	15
	GL 417 NE	DESARROLL O	GMISA C	Desarrollar la Veta M3, block 43; 2,300 TN, Leyes 1.02 Oz Ag/Tn, 1.12 %Pb, 0.11 %Cu, 2.03% Zn	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
	VCR 394	PREPARACI ÓN	GMISA C	Chimenea de ventiacion (L= -20)	2.0X2. 0	SIMBA	0
	XC 320 S	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para preparar cuerpo Esperanza	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	5
				Piso al lado sur.			
	XC 338 NE	PREPARACI ÓN	GMISA C	(Ventilación) Circuito de ventilación	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	5
	XC 345 SE	PREPARACI ÓN	GMISA C	Proyecto de optimizacion de pique 650	4.5X4. 0	JUMBO CUERP OS	5

	XC 352 N	PREPARACIÓN	GMISAC	Para preparar cuerpo Esperanza Piso al lado norte.	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	10
	XC 352 S	PREPARACIÓN	GMISAC	Para preparar cuerpo Esperanza Piso al lado sur.	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	10
19	BP 248 N	PREPARACIÓN	GMISAC	Bypass para la lñimpieza de Mineral Tj 265 Nv 19	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	5
	BP 248 S	PREPARACIÓN	GMISAC	Bypass para la lñimpieza de Mineral Tj 265 Nv 19	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	20
	CA 480 E	PREPARACIÓN	GMISAC	Campara para pie de ventilacion.	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	8
	CAM 386	PREPARACIÓN	GMISAC	Labor para pie de VCR de ventilacion Nv 19 al Nv19A	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	12
	CAM 420 SE	PREPARACIÓN	GMISAC	Labor para pie de Chimenea Rb de ventilacion Nv 18 al Nv 19	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	15
	EST 350 NW	PREPARACIÓN	GMISAC	Para definir potencia de M3	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	10
	EST 370 NE	EXPLORACIÓN	GMISAC	Preparar cámara de DDH para exploración de cuerpo Casapalcas al Nv 21	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	20
	EST 370 NW	PREPARACIÓN	GMISAC	Para definir potencia de M3	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	20

EST 430	EXPLORACIÓN	GMISAC	Explorar la veta M3 interceptada en la RP (-) 410 Nv 18	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	15
GL 200 N	EXPLORACIÓN	GMISAC	Desarrollar cuerpo Casapalca 2 al lado norte	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	60
GL 200 S	EXPLORACIÓN	GMISAC	Desarrollar cuerpo Casapalca 2 al lado sur	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	50
GL 290 NE	EXPLORACIÓN	GMISAC	Explorar veta M3 al lado NE	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	60
REF 300	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
REF 390	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
RP (13%) 565 NW	DESQUINCH E	GMISAC	(Desquinche) Para Waypass	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	0
XC 215 NE	EXPLORACIÓN	GMISAC	Desarrollar sobre el cuerpo Casapalca 3	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	20
XC 215 SW	EXPLORACIÓN	GMISAC	Desarrollar sobre el cuerpo Casapalca 3	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	15
XC 272 N	PREPARACIÓN	GMISAC	Camara de acumulación	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	3
XC 300 W	PREPARACIÓN	GMISAC	Para cortar los cuerpos Casapalcas	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	12
XC 315 NE	PREPARACIÓN	GMISAC	Para preparar cuerpo Esperanza Piso	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	24
XC 315 S	PREPARACIÓN	GMISAC	Para preparar cuerpo Esperanza Piso	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	25

	XC 320 SE	PREPARACI ÓN	GMISA C	(Ventilación) Para circuito de ventilación	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	10
	XC 333 N	PREPARACI ÓN	GMISA C	Acceso a lado norte de cuerpo Esperanza Piso	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
	XC 338 SE	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para preparar cuerpo Esperanza Piso	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
	XC 350 S	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para preparar cuerpo Esperanza Piso	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	10
	XC 360 S	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para preparar cuerpo Esperanza Piso	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	30
	XC 370 S	PREPARACI ÓN	GMISA C	Para preparar cuerpo Esperanza Piso	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
20 A	GL 300 SW	PREPARACI ÓN	GMISA C	Preparar cuerpo Esperanza Piso para perforacion de Taladros Largos	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	20
	GL 342 SW	DESQUINCH E	GMISA C	(Desquinche ) Preparar cuerpo Esperanza Piso para perforacion de Taladros Largos	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	0
	XC 207 N	PREPARACI ÓN	GMISA C	Acceso a cuerpos Casapalcas	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	30
	XC 279 NE	PREPARACI ÓN	GMISA C	Preparar cuerpo Esperanza Piso para perforacion de Taladros Largos	4.0X4. 0	JUMBO CUERP OS	10

	XC 279 SW	PREPARACIÓN	GMISAC	Preparar cuerpo Esperanza Piso para perforacion de Taladros Largos	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	5
	XC 290 NE	PREPARACIÓN	GMISAC	Preparar cuerpo Esperanza Piso para perforacion de Taladros Largos	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	10
	XC 290 SW	PREPARACIÓN	GMISAC	Preparar cuerpo Esperanza Piso para perforacion de Taladros Largos	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	5
	XC 316 SW	PREPARACIÓN	GMISAC	Preparar cuerpo Esperanza Piso para perforacion de Taladros Largos	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	15
	XC 320 SW	PREPARACIÓN	GMISAC	Preparar cuerpo Esperanza Piso para perforacion	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	10
				de Taladros Largos			
	XC 330 W	PREPARACIÓN	GMISAC	Preparar cuerpo Esperanza Piso para perforacion de Taladros Largos	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	20
20	REF 360	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 409	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	RP (+13 %) 480 NW	PREPARACIÓN	GMISAC	Acceso a vetas Ms	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	20

21	CAM 395 NE	PREPARACIÓN	GMISAC	(Ventilación) camara para salida de aire viciado	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	9
	CAM 405 NE	PREPARACIÓN	GMISAC	Cámara de acumulación y carguío	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	12
	CAM 405 SW	PREPARACIÓN	GMISAC	Cámara de acumulación y carguío	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	12
	CH 524	PREPARACIÓN	GMISAC	(Ventilación) Para salida de aire viciado de tolvas	2.0X2.0	JACK LEG	0
	REF 385	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 390	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	REF 395	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructu ra-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
	SLOT 395	PREPARACIÓN	GMISAC	(Ventilacion) L=20m - Salida de	2.0X2.0	SIMBA	0
				aire viciado del nivel 21			
	XC 400 NE	PREPARACIÓN	GMISAC	Accesos a cuerpo esperanza piso	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	50

Total BAJA							1263
------------	--	--	--	--	--	--	------

PROFUNDIZACION	23 A	CAM 513	PREPARACIÓN	GMISAC	Refugio Minero Profundizaci on de la RP 565.	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	30
		CAM 520 SE	PREPARACIÓN	GMISAC	Cámara de acumulación y carguío	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	12
		CAM 547 NE	PREPARACIÓN	GMISAC	Camara de carguio de volquetes RP 565.	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	12
		CAM 547 SW	PREPARACIÓN	GMISAC	Camara de carguio de volquetes RP 565.	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	10

		REF 48	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		REF 49	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		REF 50	PREPARACIÓN	GMISAC	Infraestructura-Refugio peatonal	1.5X2.0	JACK LEG	1
		RP (-13%) 565 SW	PREPARACIÓN	GMISAC	Profundización de zona cuerpos.	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	80
			DESQUINCHE	GMISAC	(Desquinche) para Way Pass	3.5X4.0	JUMBO CUERPOS	0
		RP (-15%) 520 SW	PREPARACIÓN	GMISAC	Poza de sedimentación	4.0X4.0	JUMBO CUERPOS	15
		SLOT 520	PREPARACIÓN	GMISAC	(Ventilacion) L=15m - Salida de	2.0X2.0	SIMBA	0
					aire viciado del nivel 23A			
		XC 520 NW	PREPARACIÓN	GMISAC	(Ventilacion) Acceso a RB 600	4.5X4.0	JUMBO CUERPOS	15
Total PROFUNDIZACIÓN								177
Total general								1640

Fuente: Elaboración propia.





Anexo E. Descriptivo estadístico de prueba de la Hipótesis Específica A.

Descripción estadística de hipótesis A.

		<b>Estadístico</b>	<b>Desv. Error</b>	
<b>KG/TON</b>	Media	,7133	,06509	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,5632	-
		Límite superior	,8634	-
	Media recortada al 5%	,7065	-	
	Mediana	,6800	-	
	Varianza	,038	-	
	Desv. Desviación	,19526	-	
	Mínimo	,51	-	
	Máximo	1,04	-	
	Rango	,53	-	
	Rango intercuartil	,38	-	
	Asimetría	,635	,717	
	Curtosis	-1,091	1,400	
<b>TON/TJ</b>	Media	775,8044	137,02279	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	459,8293	-
		Límite superior	1091,7796	-
	Media recortada al 5%	768,4944	-	
	Mediana	811,4400	-	
	Varianza	168977,197	-	
	Desv. Desviación	411,06836	-	
	Mínimo	246,96	-	
	Máximo	1436,23	-	
	Rango	1189,27	-	
	Rango intercuartil	729,33	-	
	Asimetría	,064	,717	
	Curtosis	-1,130	1,400	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo F. *Descriptivo estadístico de prueba de la Hipótesis Específica B.*

		<b>Estadístico Desv. Error</b>		
<b>Kg/Ton</b>	<b>Media</b>	,6167	,04333	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4302	-
		Límite superior	,8031	-
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	,6200	-	
	Varianza	,006	-	
	Desv. Desviación	,07506	-	
	Mínimo	,54	-	
	Máximo	,69	-	
	Rango	,15	-	
	Rango intercuartil	-.	-	
	Asimetría	-,199	1,225	
	Curtosis	-.	.-	
<b>in</b>	<b>Media</b>	16,4533	,93333	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	12,4375	
		Límite superior	20,4691	
	Media recortada al 5%	.	-	
	Mediana	15,5200	-	
	Varianza	2,613	-	
	Desv. Desviación	1,61658	-	
	Mínimo	15,52	-	
	Máximo	18,32	-	
	Rango	2,80	-	
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	1,732	1,225	
	Curtosis	-.	.	

*Fuente:* Elaboración propia.

Descripción estadística de hipótesis B.

Anexo G. *Panel Fotográfico*



*Figura 34. Vista aérea de la Mina Casapalca*

*Fuente: Planeamiento de Minas de la Minera Casapalca*



*Figura 35. Malla de perforación y posicionamiento de perforadora*

*Fuente: Planeamiento de Minas de la Minera Casapalca*



*Figura 36. Pintado y señalización de vetas angostas*  
*Fuente: Departamento de Geología de la Mina Casapalca*